

THIAGO RAMOS ITABORAHY

***OPEN BUILDING*, CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA E DISCRETISMO:
UM OLHAR CONTEMPORÂNEO SOBRE A VARIABILIDADE EM ARQUITETURA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientadora: Denise Mônico dos Santos

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

I88o
2023
Itaborahy, Thiago Ramos, 1995-
Open building, customização em massa e discretismo: um
olhar contemporâneo sobre a variabilidade em arquitetura /
Thiago Ramos Itaborahy. – Viçosa, MG, 2023.
1 dissertação eletrônica (141 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Denise Mônaco dos Santos.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Arquitetura e Urbanismo, 2023.

Referências bibliográficas: f. 134-141.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2023.205>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Planta aberta (Edifícios). 2. Customização em massa.
3. Discretização (Matemática). 4. Arquitetura de habitação.
I. Santos, Denise Mônaco dos, 1967-. II. Universidade Federal
de Viçosa. Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Programa
de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

CDD 22. ed. 728.31


THIAGO RAMOS ITABORAHY

**OPEN BUILDING, CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA E DISCRETISMO:
UM OLHAR CONTEMPORÂNEO SOBRE A VARIABILIDADE EM ARQUITETURA**


Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 10 de fevereiro de 2023

Assentimento:

Documento assinado digitalmente
 THIAGO RAMOS ITABORAHY
Data: 20/04/2023 21:06:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Thiago Ramos Itaborahy
Autor

Documento assinado digitalmente
 DENISE MONACO DOS SANTOS
Data: 27/04/2023 18:14:29-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Denise Mônico dos Santos
Orientadora

Ao meu pai, Sandro. Espero que esteja orgulhoso de mim!

AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Eliana, e à minha irmã, Maria Eduarda, pelo suporte incondicional no decorrer dessa e de outras tantas caminhadas. Espero que se sintam orgulhosas de mim!

À Denise, minha orientadora, por acompanhar a mim e a este trabalho desde o começo. Pelas ricas trocas de conhecimentos, pelos incentivos e pela construção de uma amizade que perpassa a relação aluno/orientadora. Espero que possamos construir ainda mais coisas juntos e obrigado, também, pela paciência.

Aos meus amigos do mestrado, que fizeram essa caminhada menos árdua, com os quais pude compartilhar alegrias e lamúrias: Valasy, Carol e Túlio, principalmente, obrigado pelo apoio!

Aos meus amigos da vida, que sempre me incentivaram e acreditaram nessa conquista e que agora, tenho certeza, estão tão felizes quanto eu com a finalização desse ciclo: Ademir, André, Albert, Débora, Lívia, Monique, Tainara, Renata, Yan e tantos outros. Obrigado demais!

Finalmente, à Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar a pós-graduação; à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pela concessão da bolsa de estudos e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, que viabilizou esta pesquisa.

RESUMO

ITABORAHY, Thiago Ramos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2023. ***Open Building, Customização em Massa e Discretismo: Um olhar contemporâneo sobre a variabilidade em Arquitetura.*** Orientadora: Denise Mônico dos Santos.

Atualmente, graças à ascensão das discussões acerca dos processos computacionais de projeto, abre-se um amplo espaço para o debate da variabilidade em arquitetura. Entende-se que, a partir dos processos computacionais de projeto, a possibilidade de oferecimento de soluções variadas às distintas demandas dos usuários é ampliada exponencialmente. Esta pesquisa pretende estudar três práticas projetuais contemporâneas – Open Building, Customização em Massa e Discretismo – e averiguar como a variabilidade é explorada em cada um desses processos. Pretende-se contrapor teoria e prática e verificar até que ponto a segunda corresponde à primeira e se existe essa correspondência, de fato. Busca-se, também, explorar ineditismos, possibilidades, limitações, concordâncias e discordâncias entre as práticas projetuais estudadas, tendo foco no processo de projeto propriamente dito e na fabricação dos componentes construtivos vinculados a cada uma das práticas projetuais exploradas. Assim, a partir de análises teórico-práticas, essa pesquisa apresenta como resultado a discussão e sistematização desses processos de projeto e, ao final do trabalho, intenciona-se sobrepor as temáticas estudadas e verificar se existe um limite rígido entre esses processos ou se é possível uma ocorrência, de maneira sobreposta, do Open Building, da Customização em Massa e/ou do Discretismo. Finalmente, busca-se justapor temáticas que, via de regra, são estudadas de maneira separada e vislumbrar um horizonte no qual processos de projeto se apropriem e sobreponham estratégias projetuais de distintas práticas projetuais. É esperado que o trabalho colabore com um melhor delineamento dessas discussões e que trabalhos futuros possam experimentar a ocorrência simultânea desses processos de projeto, na prática.

Palavras-chave: Variabilidade. *Open Building*. Customização em Massa. Discretismo.

ABSTRACT

ITABORAHY, Thiago Ramos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2023. **Open Building, Mass Customization and Discretism: A contemporary view at variability in architecture.** Adviser: Denise Mônaco dos Santos.

Currently, thanks to the rise of discussions about computational design processes, a wide space is opened for the debate of variability in architecture. It is understood that, from the computational design processes, the possibility of offering distributed solutions to different user demands is expanded exponentially. This research aims to study three contemporary design practices – Open Building, Mass Customization and Discretism – and find out how variability is explored in each of these processes. It is intended to oppose theory and practice and verify to what extent the second corresponds to the first and if there is such correspondence, in fact. It also seeks to explore novelties, possibilities, limitations, agreements and disagreements between the design practices studied, focusing on the design process itself and the manufacture of constructive components referring to each of the design practices explored. Thus, based on theoretical and practical analyses, this research presents as a result the discussion and systematization of these design processes and, at the end of the work, it is intended to overlap the themes thought and verify if there is such a rigid limit between these processes or if an overlapping occurrence of Open Building, Mass Customization and Discretism is possible. Finally, we seek to juxtapose themes that, as a rule, are studied separately and to glimpse a horizon in which the design process appropriates and overlaps design strategies of different design practices. It is expected that the work will collaborate with a better delineation of these thoughts and that future works can experience the simultaneous occurrence of these design processes, in practice.

Keywords: Variability. Open Building. Mass Customization. Discretism.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	8
1.1. Objetivos.....	12
1.2. Metodologia.....	12
1.3. Estrutura da Dissertação.....	17
2. OPEN BUILDING.....	19
2.1. Contexto Geral Open Building.....	19
2.2. Caracterização do Open Building.....	22
2.2.1. Conceitos-Chave do Open Building.....	26
2.3. Projetos baseados na lógica do Open Building.....	32
2.3.1. Next 21.....	32
2.3.2. The Pelgromhof.....	41
2.4. A efetivação da teoria na prática e a variabilidade.....	47
3.1. Contexto Geral da Customização em Massa.....	51
3.2. A Customização em Massa enquanto estratégia de mercado e produção... 54	
3.2.1. Estratégias de Implementação e Classificações.....	62
3.3. Customização em Massa em Arquitetura: a necessidade de variabilidade...67	
3.4. Tecnologias Associadas à customização em Massa em Arquitetura.....72	
3.5. Projetos baseados na lógica da Customização em Massa..... 78	
3.5.1. Resolution: 4 Architecture's (RES4) - The Modern Modular.....78	
3.5.1.1. House on Sunset Ridge.....	83
3.5.1.2. Connecticut Pool House.....	85
3.6. A lacuna teórico-prática e a variabilidade ilimitada.....	89
4. DISCRETISMO.....	93
4.1. O Discreto e as críticas a outros processos computacionais de projeto.....94	
4.2. Caracterização do Discretismo.....	98
4.2.1. A desfuncionalização e o Digital Material.....	98
4.2.2. A automação na fabricação e na montagem.....	101
4.2.3. A participação do usuário e a democratização do design.....	104
4.2.4. Outras considerações.....	106
4.3. Projetos baseados na lógica do Discreto.....	107
4.3.1. Tallinn Architecture Biennale.....	108
4.3.2. Block West Pavilion.....	113
4.4. O elemento único e as possibilidades de variabilidade.....	118
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	123
Referências.....	134

1. INTRODUÇÃO

A variabilidade é um tema de considerável relevância dentro da Arquitetura e do Urbanismo e que, agora, graças à ascensão dos processos computacionais de projeto - os quais permitem uma maior facilidade na geração de soluções variadas - são potencializadas as discussões em torno do tema. A *variabilidade*, de maneira geral, pode ser entendida como a capacidade de submeter-se a variações ou mudanças. Na arquitetura, especificamente, a variabilidade pode ser entendida como a possibilidade de adaptação ou alteração de instâncias arquitetônicas com o objetivo principal de atender às distintas necessidades e expectativas dos usuários e de todos os atores envolvidos no processo de projeto - incluindo, até mesmo, a indústria.

A variabilidade tratada neste trabalho refere-se a um amplo escopo de variações às quais uma edificação pode ser submetida, que incluem a composição do layout, a organização espacial, o programa de necessidades, a geometria - que abarca a questão formal - a variação na fabricação dos componentes construtivos que compõem a edificação - característica que merece destaque no contexto da Customização em Massa, principalmente - além da variação dos processos de projeto propriamente ditos. Estes são alguns dos exemplos de instâncias passíveis de variação dentro do contexto da arquitetura e observados neste trabalho. Tais variações pressupõem uma aplicação numa etapa de projeto, na qual são antecipadas soluções variadas que atendam a uma demanda específica de diversos habitantes distintos, e/ou a possibilidade de serem aplicadas variações no edifício já construído ao longo da vida útil do mesmo, pós-projeto concluído.

O termo “variabilidade” apresenta-se como uma expressão bastante ampla no contexto da arquitetura, prova disso são os vários outros termos que sugerem, cada um com uma especificidade, a possibilidade de variação de instâncias arquitetônicas, como flexibilidade, adaptabilidade, personalização, customização e outros. Nesta pesquisa, apesar do caráter generalista da palavra, optou-se pela utilização do termo “variabilidade” por entender que as temáticas estudadas possuem particularidades significativas que as distinguem uma das outras e a “variabilidade” é a característica comum entre todas essas temáticas.

No contexto deste trabalho, a Customização em Massa foi o assunto âncora de discussões desde o princípio do desenvolvimento do mesmo, justificado pela relevância desta temática no contexto contemporâneo, por ser tema de interesse do

grupo de pesquisa ao qual este trabalho se vincula, além de tratar da variabilidade na contemporaneidade, temática principal desta pesquisa. Percebeu-se, ao longo da evolução da pesquisa, relações indissociáveis entre a Customização em Massa e outro processo de projeto cronologicamente anterior, o Open Building, o qual pode ser considerado um dos primeiros processos de projeto a tratar e sistematizar a variabilidade como parte fundamental do processo de projeto. Finalmente, ao aprofundar os estudos relacionados aos processos computacionais de projeto, o Discretismo apresentou-se como uma prática projetual que incorpora tanto características do Open Building - tais como a utilização de componentes estandardizados, principalmente - quanto da customização em massa - principalmente a fabricação digital. Como consequência destes estudos, vislumbrou-se a possibilidade de sobreposição destas temáticas que possuem atributos inegavelmente compatíveis - como a variabilidade, especialmente - ao mesmo tempo que possuem aspectos bem distintos e, inicialmente, contrastantes, como a ideia de componentes construtivos estandardizados em um caso e altamente individualizados em outro.

Com base nisto, nesta pesquisa serão estudados e justapostos três processos de projeto que se fundamentam a partir de uma discussão de variabilidade: o Open Building (OB), a Customização em Massa (CM) e o Discretismo (DI). A discussão busca analisar a manifestação da variabilidade em práticas projetuais bastante distintas, com marcos temporais específicos e intenciona observar como, ao longo da historiografia e da prática arquitetônica, a variabilidade é afetada, principalmente, pelas recentes tecnologias de projeto e fabricação. No contexto deste trabalho, determina-se que a variabilidade será analisada a partir da perspectiva de Projetos de Habitação, principalmente. Quando isto não for possível, sobretudo pela ausência de exemplos práticos que ilustrem a ocorrência da variabilidade na habitação, pretende-se vislumbrar a aplicação da variabilidade em contextos habitacionais.

Faz-se necessário, de antemão, trazer uma definição mais geral de cada prática projetual aqui estudada, as quais serão aprofundadas, posteriormente, em cada capítulo:

A) Open Building: Com discussões iniciadas na década de 1960, é caracterizado pela existência de um núcleo rígido inalterável de caráter coletivo - *suporte* - que serve de base para os *preenchimentos*, que se

referem às unidades individuais da edificação que são totalmente mutáveis, adaptadas e adaptáveis de acordo com a necessidade de cada morador. No OB são exploradas as potencialidades da fabricação em massa em seu contexto e busca discutir, sobretudo, a produção de habitação em massa que, já naquela época, apresentava fragilidades substanciais.

- B) Customização em Massa:** Processo de projeto fundamentado na possibilidade de entregar soluções altamente variadas aos usuários, baseado em três pilares principais: **projeto paramétrico** com a **participação do usuário** em diferentes etapas do processo de projeto através de interfaces digitais e com as residências **fabricadas digitalmente** (KOLAREVIC; DUARTE, 2019). As discussões em torno da CM tiveram início na década de 1980 e ganharam um espaço relevante na arquitetura por apresentar soluções com potencial de sanar questões relacionadas, principalmente, à habitação coletiva em massa.
- C) Discretismo:** Processo de projeto mais recente, com estudos iniciados na década de 2010, que se caracteriza a partir da existência de um elemento único capaz de exercer diferentes funções em um todo arquitetônico. Nesse sentido, tal elemento passa por uma “desfuncionalização” e pode ser utilizado como elemento estrutural, de fechamento ou até mesmo para a fabricação de mobiliários. Comparado aos processos contemporâneos como a customização em massa, que oferece a possibilidade de elementos fabricados altamente diferenciados, o Discretismo oferece um elemento padrão, porém que pode ser combinado e re combinado de infinitas maneiras. Por isso, a possibilidade de variabilidade do discretismo encontra-se, principalmente, no arranjo dos elementos, e não na fabricação do elemento em si.

De maneira sintética, a pesquisa busca tecer uma discussão em torno de “ineditismos” encontrados em processos contemporâneos de projeto, traçando um paralelo com processos tidos como mais “obsoletos”. Nesse sentido, a Weissenhofsiedlung de Stuttgart, exposição de arquitetura ocorrida em 1927 na

Alemanha, pode ser considerada como o símbolo do começo do pensamento de variabilidade em arquitetura, por vezes tratada como uma problemática “nova” e com soluções igualmente “novas” no contexto contemporâneo. A exposição, ao mesmo tempo em que estabelecia os cânones da arquitetura modernista tida, frequentemente, como uma arquitetura altamente *standard*, já sugeria a variabilidade das unidades habitacionais, principalmente através dos projetos de Mies Van der Rohe e Walter Gropius, a partir de pontos de partida diferentes: o primeiro sugeria um layout flexível das unidades habitacionais e o segundo apropriou-se da variabilidade oferecida pelo componente construtivo, que incluía os sistemas de pilares, vigas e vedações verticais e horizontais.

Tendo isto posto, as discussões em torno das tecnologias, tanto de fabricação quanto de projeto, são fundamentais para se entender os desdobramentos e avanços das práticas da variabilidade na arquitetura. Ao passo que a problemática da produção de habitações em massa ainda é imperativa no contexto contemporâneo e que a previsão de soluções variadas foi iniciada há cerca de 100 anos atrás, como a teoria e a prática da arquitetura têm avançado diante dessas questões? A principal pergunta de pesquisa que se coloca é: como a *variabilidade* em arquitetura é afetada pelas principais tecnologias de projeto e fabricação vigentes no contexto de cada uma das práticas projetuais estudadas neste trabalho? Em torno desta questão principal, orbitam outras como: O que é inédito e o que é mera reprodução em termos de discussões teóricas e práticas acerca das questões? Existe um avanço na solução desses problemas? O raciocínio arquitetônico avança? Ou “somente” as tecnologias avançam, como se é esperado? As tecnologias contemporâneas agregam, de fato, nas soluções oferecidas ou “apenas” operacionalizam os procedimentos do processo de projeto e, posteriormente, da fabricação?

Destaca-se que, no contexto deste trabalho, é considerada arquitetura contemporânea toda a produção pós crítica do movimento moderno que considerada, inclusive, o pós-modernismo como uma corrente contemporânea. Isso se dá pelo fato de que, durante a historiografia da arquitetura, o modernismo foi o último movimento arquitetônico a ser delimitado a partir de um consenso teórico. Assim, sugere-se que todas as correntes arquitetônicas pós-modernismo podem ser consideradas contemporâneas.

1.1. Objetivos

A) Objetivo Geral

Investigar, analisar, sistematizar e comparar a ocorrência da variabilidade em Arquitetura a partir de um ponto de vista contemporâneo em três processos de projeto distintos que têm a variabilidade como cerne: Open Building, Customização em Massa e Discretismo.

B) Objetivos Específicos:

- i)* Observar a ocorrência da variabilidade no Open Building a partir das teorias e observando a sua ocorrência na prática ao longo do tempo;
- ii)* Analisar a Customização em Massa se atentando, principalmente, à ocorrência da variabilidade nesse processo de projeto e verificando como a teoria reverbera na prática;
- iii)* Compreender o processo de projeto Discreto, a partir da ótica principal da variabilidade, e entender suas repercussões na arquitetura contemporânea e a relação teórico-prática existente;
- iv)* Sobrepor as três temáticas estudadas em uma síntese final tendo a variabilidade em primeiro plano, estabelecendo paralelos entre os três processos de projeto.

1.2. Metodologia

A presente pesquisa apresenta, como método de abordagem, o método dedutivo que, segundo Gil (2008) e Prodanov e Freitas (2013), é caracterizado por partir de uma ideia geral e, depois, tratar de questões mais específicas. Parte de princípios reconhecidos como verdadeiros e possibilita chegar a conclusões puramente formais, ou seja, em virtude unicamente da utilização da lógica.

Associado ao método dedutivo, a pesquisa apoia-se no método comparativo, que fornece os meios técnicos para garantir a objetividade e a precisão nos estudos dos fatos. O método comparativo, segundo Lakatos e Marconi (2007), Gil (2008) e Prodanov e Freitas (2013) se estabelece a partir da investigação de indivíduos, classes, fenômenos ou fatos com o intuito de ressaltar diferenças e similaridades

entre eles. Sob o ponto de vista da sua natureza, segundo Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa caracteriza-se como uma pesquisa básica, que objetiva gerar novos conhecimentos úteis para o avanço da ciência sem uma aplicação prática prevista e envolve verdades e interesses universais.

Sob o ponto de vista de seus objetivos, a presente pesquisa pode ser classificada como uma pesquisa exploratória que tem como finalidade proporcionar mais informações sobre determinado assunto, possibilitando sua definição e delineamento, além de possibilitar a formulação de hipóteses ou descobrir um novo tipo de enfoque para o assunto (PRODANOV; FREITAS, 2013). A pesquisa exploratória envolve, geralmente, levantamento bibliográfico e análise de exemplos que estimulem a compreensão da temática abordada. Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, a pesquisa se classifica como qualitativa, pois não se utiliza de dados estatísticos como o centro do processo de análise de um problema, não tendo a prioridade de numerar ou medir unidades. Os dados coletados nesta pesquisa são descritivos, retratando o maior número possível de elementos existentes na realidade estudada (PRODANOV; FREITAS, 2013).

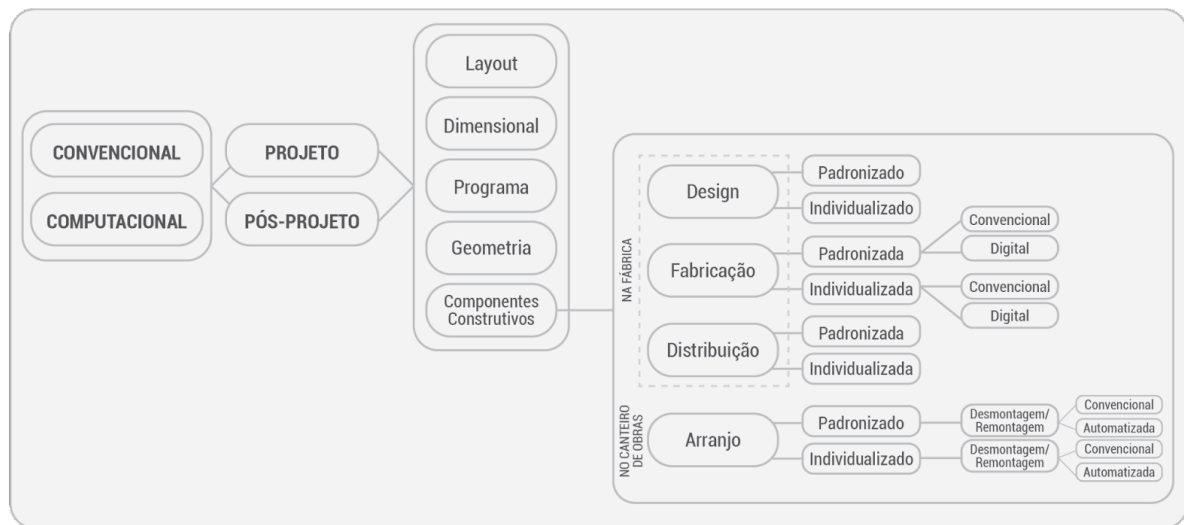
Do ponto de vista dos procedimentos técnicos utilizados na pesquisa, ou seja, os meios pelos quais obtêm-se os dados necessários para a elaboração do trabalho, a pesquisa apoia-se em dois procedimentos técnicos principais, segundo Gil (2008) e Prodanov e Freitas (2013): a pesquisa bibliográfica, que parte de material já publicado sobre o assunto, incluindo livros, revistas, publicações em periódicos, artigo científico e a internet, e a análise de exemplos práticos, que tem por objetivo verificar a ocorrência da teoria, na realidade. Ambos os procedimentos metodológicos atendem aos objetivos *i*, *ii* e *iii*, que servem de subsídio para as discussões estabelecidas no objetivo *iv*. Faz-se o uso, também, de diagramas, definidos por Montaner (2017) como um conjunto de ícones que tornam inteligíveis as relações entre as partes que constituem determinado objeto, no decorrer dos capítulos, para a sistematização de discussões desenvolvidas ao longo de cada tópico das temáticas abordadas.

Os exemplos práticos selecionados para a exemplificação de cada uma das práticas projetuais aqui tratadas respeitam critérios de seleção específicos para cada uma dessas práticas, porém a necessidade de ser um projeto executado é critério comum a todos eles, justamente para uma averiguação que se refere ao reatamento da teoria na prática. No caso do *Open Building* foram selecionados o *NEXT21* por

ser um projeto amplamente estudado e ter conteúdos substanciais acerca do mesmo, além de estar em um país onde o Open Building foi amplamente difundido - o Japão - e o *The Pelgromhof* que, comparado ao *NEXT21*, apresenta uma escala de projeto distinta, com uma quantidade de unidades bem superior ao primeiro, traz questões específicas de projeto impostas pelas necessidades do público alvo do empreendimento, além de estar localizado em um país diferente do primeiro projeto - Países Baixos. No caso da *Customização em Massa*, são praticamente inexistentes os projetos executados a partir dessa lógica, por isso foi selecionado um único projeto que se aproxima de uma lógica de Customização em Massa, o *Resolution: 4 Architecture's (RES4) - The Modern Modular*, trazido no livro de Kolarevic e Duarte (2019). Para o *discretismo*, foram selecionados dois projetos: o pavilhão da *Tallinn Architecture Biennale*, considerado a primeira experiência executada em escala real da lógica discreta, e o *Block West Pavilion*, entendido como o exemplo de componente construtivo discreto que mais se aproxima de uma aplicação em um contexto habitacional.

Com relação ao diagrama-síntese encontrado no final dos capítulos 2, 3 e 4, o seu intuito é verificar, de maneira gráfica, como se dá a ocorrência da variabilidade em diferentes itens relacionados ao processo de projeto. Salienta-se que tais *variáveis* - ou *categorias* - *de análise* foram elencadas a partir da ocorrência dessas *categorias* nos diferentes processos de projeto aqui analisados. Observou-se, finalmente, que apesar da ocorrência dessas *variáveis* de maneira simultânea nos três processos de projeto aqui tratados, a sua ocorrência se dá de maneira distinta em cada um deles. Nesse sentido, o diagrama pretende verificar, portanto, o que diferencia um processo de projeto do outro a partir de tais *categorias de análise*. Abaixo, apresenta-se o diagrama-síntese base e, posteriormente, uma breve descrição de cada uma das categorias de análise:

Figura 1: Diagrama-síntese base



Fonte: Autor (2023)

As categorias **convencional** ou **computacional** pretendem averiguar se determinado processo de projeto pode ser considerado **convencional** - que diz respeito àquele processo de projeto sem a utilização de computadores ou que apenas se utilizam do computador como uma plataforma digital, transpondo o processo analógico para o digital, tornando o computador uma “prancheta digital” - ou **computacional** - processo que se apropria de algumas benefícios e capacidades oferecidas pelos computadores, que incluem automatização de processos, sobreposição de tarefas e gerenciamento de grandes quantidades de informação, além da incorporação e propagação de alterações de maneira instantânea e flexível no projeto (CAETANO; SANTOS; LEITÃO, 2020). A partir da utilização de algoritmos, simulações e parametrizações, os processos computacionais de projeto se apropriam dos computadores para encontrar possibilidades e soluções que seriam quase impraticáveis de uma maneira distinta (MENGES, 2010). **Projeto** e **Pós-Projeto** buscam verificar se a variabilidade é prevista somente em uma etapa de **projeto**, ou seja, se existe o oferecimento de soluções personalizadas ao usuário, ou se a variabilidade se estende para o **pós-projeto**, isto é, se são oferecidas soluções projetuais que garantem e facilitem uma variabilidade ao longo da vida útil do edifício, após a finalização da sua construção.

O **layout** pretende verificar se existe a possibilidade e facilidade de variabilidade na organização interna das unidades habitacionais, incluindo posicionamento de mobiliários, fixos ou não, e a distribuição de elementos divisórios

que fazem a compartimentação dos ambientes dentro da residência - assim, o layout está diretamente relacionado às plantas baixas das unidades habitacionais. A categoria **dimensional** pretende observar se existe a possibilidade de aumento - expansão - ou diminuição - contração - da unidade habitacional, o que significa que o usuário pode, no decorrer do tempo, expandir ou contrair as dimensões da sua unidade habitacional sem que isso prejudique a dinâmica do conjunto habitacional como um todo. Na categoria **programa** vislumbra-se averiguar se é prevista uma possibilidade de variabilidade, alteração ou sobreposição de programas em uma unidade habitacional. Isso significa a possibilidade de ocorrência de forma simultânea, por exemplo, de atividades de moradia e trabalho em uma única unidade habitacional. Em **geometria**, pretende-se aferir se as alterações de layout e programa, principalmente, reverberam para uma escala de volumetria da unidade, alterando a geometria da edificação como um todo. Finalmente, em **componentes construtivos**, busca-se analisar se, em um contexto de produção industrial, o componente - que pode ser pilar, viga, fechamentos ou quaisquer outros elementos que compõem a edificação - pode ser variável ou se em seu contexto de produção, ele é padrão.

Especificamente nos **componentes construtivos**, analisa-se, ainda, outras quatro categorias: design, fabricação e distribuição - que ocorrem na indústria - e o arranjo - que acontece já no canteiro de obras. O **design** diz respeito ao desenho do componente construtivo propriamente dito, podendo ser padronizado - todos os componentes iguais - ou individualizado - que indica que a individualização no design dos componentes construtivos não afetam o andamento da cadeia produtiva. A **fabricação** diz respeito ao processo de fabricação do componente construtivo, dividida em padronizada ou individualizada e subdividido, ainda, em fabricação convencional ou fabricação digital. A **fabricação digital** apresenta-se a partir de um contexto de alteração da fabricação convencional, entendida como aquela destinada a produzir cópias padronizadas e iguais de determinado produto, para sistemas que são adaptáveis o suficiente para produzir soluções altamente distintas. Esse método de produção é controlado por computador, pressupondo que determinada informação pode ser transferida direto do computador para a produção. As cortadoras a laser, máquinas CNCs (*Computer Numeric Control*) e impressoras 3D são alguns dos equipamentos associados à fabricação digital no contexto contemporâneo. A **distribuição** elucida sobre o processo de entrega dos produtos

ao usuário ou destino final e o **arranjo** se refere à organização/montagem dos componentes fabricados já na obra, que ainda pretende verificar se esse arranjo possibilita a desmontagem e a remontagem e se ela acontece de maneira convencional ou automatizada - com o auxílio de braços robóticos, principalmente. A divisão dos tópicos dos componentes construtivos se baseia na organização estabelecida por Lampel e Mintzberg (1996) sobre a cadeia de produção de um determinado produto.

É importante ressaltar, de antemão, que desde a lógica estabelecida no modernismo da separação entre estrutura e vedação propiciada, principalmente, pelos avanços tecnológicos que permitiram uma vasta exploração do concreto armado, em especial, a possibilidade de experimentação da variabilidade na arquitetura foi exponencialmente elevada. Apesar de parecer óbvia a utilização da variabilidade a partir deste contexto, o trabalho pretende verificar se os processos de projeto aqui estudados possuem ferramentas e estratégias mais sistematizadas que otimizam e potencializam a exploração da variabilidade. Nesse sentido, as categorias elencadas nos diagramas pretendem evidenciar as variáveis que antecipam a ocorrência da variabilidade tanto no Open Building, quanto na Customização em Massa e no Discretismo a partir da análise dos produtos da pesquisa bibliográfica e dos exemplos práticos.

1.3. Estrutura da Dissertação

Para cumprir os objetivos estabelecidos através da metodologia apresentada, a dissertação foi estruturada da seguinte maneira:

- Capítulo 1: Introdução geral que inclui objetivos, metodologia da pesquisa e estrutura da dissertação;
- Capítulo 2: Revisão de literatura apoiando-se em obras e autores clássicos do Open Building, exemplos práticos que pretendem averiguar os desdobramentos da teoria na prática e os diagramas-síntese que sistematizam as discussões estabelecidas no decorrer do capítulo;
- Capítulo 3: Revisão de literatura apoiando-se em obras e autores clássicos da Customização em Massa, exemplos práticos que pretendem averiguar se há, de fato, uma reverberação plena da teoria

na prática e os diagramas-síntese que sistematizam as discussões estabelecidas no decorrer do capítulo;

- Capítulo 4: Revisão de literatura apoiando-se em obras e autores clássicos do Discretismo, exemplos práticos que pretendem averiguar se há uma reverberação plena da teoria na prática e os diagramas-síntese que sistematizam as discussões estabelecidas no decorrer do capítulo;
- Capítulo 5: Capítulo de considerações finais, que pretende colocar em paralelo as temáticas estudadas, averiguando a ocorrência da variabilidade nessas práticas projetuais de maneira sobreposta.

2. OPEN BUILDING

2.1. Contexto Geral Open Building

O Open Building (OB) é uma prática projetual difundida internacionalmente que consiste no oferecimento de soluções residenciais adaptadas e adaptáveis aos usuários, sendo que tais soluções podem alterar-se de acordo com as demandas dos usuários ao longo do tempo e de possíveis mudanças tecnológicas sobre as quais a edificação está sujeita, sem que o edifício como um todo precise ser alterado. Tendo o Japão e os Países Baixos como as maiores incubadoras do Open Building residencial (KENDALL, 1999), essa metodologia repensa, além de tudo, o papel do arquiteto dentro do processo de projeto, a participação do usuário dentro de todo o processo e é fundamentado a partir de níveis, que definem como, onde e quando a participação de cada ator envolvido nessa prática projetual - projetistas, moradores, empreiteiros e industriais - será dada. Para Carbone e Eid Mohamed (2017), essa abordagem favorece a extensão da vida útil de edifícios, distinguindo as partes que são mais suscetíveis às ações dos moradores das que devem possuir um caráter mais durável.

É importante destacar, aqui, que a pesquisa bibliográfica pretende observar o Open Building a partir de uma ótica *pré-digital*, justamente para entender se outros processos de projeto mais recentes podem ser entendidos como desdobramentos do Open Building. Dessa forma, é relevante deixar claro a possibilidade de ocorrência do Open Building o auxílio de ferramentas computacionais, mas aqui, especificamente, a análise foca em um contexto *pré-digital*.

Segundo Kendall e Teicher (2000), o Open Building - também chamado de sistema *Skeleton-Infill* no Japão, China e Taiwan, *Long-Life Housing* na Coreia, *Raw Space Housing* na Finlândia e *Free Plan Apartments*, na Rússia (KENDALL, 2015) - aparece como alternativa para um contexto no qual a produção de habitação coletiva padrão do começo do séc. XX, sobretudo a pós-segunda Guerra Mundial - defendida pelos governos e caracterizada pelo oferecimento de tipologias excessivamente padronizadas e conjuntos de apartamentos altamente densificados - ainda era dominante. A produção em massa de habitações era, ainda, marcada por uma intervenção profissional “de cima pra baixo”, - com as tomadas de decisões centradas no profissional projetista - não abria espaço para a participação do usuário e se associava a uma lógica de produção industrial que se apropriou das dinâmicas

das linhas de montagem e da produção em larga escala, lógica difundida pelo fordismo.

Neste contexto, ainda na década de 1950, algumas habitações em massa começaram a dar sinais de ineficiência, provando ser inflexíveis e incapazes de se ajustar às demandas habitacionais e às mudanças técnicas e sociais pelas quais a sociedade vinha passando, o que permitia considerá-las, já naquele contexto, soluções habitacionais obsoletas e inabitáveis. Um exemplo icônico e simbólico do insucesso da habitação em massa é o Conjunto Habitacional Pruitt-Igoe, localizado na cidade de St. Louis, Missouri, nos Estados Unidos, demolido através de uma implosão de todo o conjunto em 1973, 19 anos depois do projeto concluído.

Figura 2: Implosão do Conjunto Habitacional Pruitt-Igoe, nos Estados Unidos, no ano de 1973



Fonte: Wikimedia (Domínio Público)

Tendo este cenário como pano de fundo, as discussões do OB tiveram início no ano de 1961, segundo Kendall e Teicher (2000), com uma publicação do arquiteto holandês N.J. Habraken, na qual o autor refletia sobre a habitação em massa que,

segundo ele, dava sinais de ineficiência enquanto estratégia para resolução da problemática da habitação, sobretudo a coletiva. A discussão iniciada por Habraken ficou mundialmente conhecida como a Teoria dos Suportes. Somado a uma obsolescência rápida das unidades habitacionais em massa, ao avanço da industrialização e ao surgimento de novos métodos e materiais construtivos, o Open Building ganhou significativa relevância naquele cenário. Ao longo de cerca de 30 anos, foram mais de 130 iniciativas para habitação coletiva que se apropriaram de princípios de *support* e *infill* e que, ainda hoje, abrem margem para diversas discussões no campo da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC).

Ao longo dos anos, as teorias e propostas de Habraken começaram a se espalhar pelo mundo através de artigos e traduções não autorizadas de seu livro, principalmente. Devido à potencialidade e influência das suas ideias, no ano de 1965 foi fundado, na Holanda, a SAR (*Stichting Architecten Research*) ou, em tradução livre do holandês, Fundação de Pesquisa Arquitetônica, que reunia escritórios de arquitetura, empreiteiros, industriais e outros atores envolvidos na indústria da AEC com o intuito de disseminar ainda mais os pensamentos de Habraken e estimular a industrialização da habitação.

A SAR é definida como uma incubadora que realizava pesquisas aplicadas referentes ao Open Building para a sua aplicação na prática da construção civil, e a teoria desenvolvida dentro da fundação passou a fazer parte, naquele contexto, do discurso dominante da arquitetura, tendo os projetos centrados na lógica do OB, celebrados. Como produto das pesquisas aplicadas, é possível citar o SAR 65, que apresentava métodos para se projetar unidades habitacionais sem preestabelecer a dimensão ou o layout das habitações, e o SAR 73, que apresentava uma metodologia para o desenho de tecidos urbanos. Salienta-se que, durante os primeiros anos de existência da SAR, o foco da fundação era voltado para as discussões teóricas acerca dos projetos e, conforme os anos foram se passando e as teorias foram sendo colocadas em prática, novas questões voltadas para prática se tornaram proeminentes (KENDALL; TEICHER, 2000).

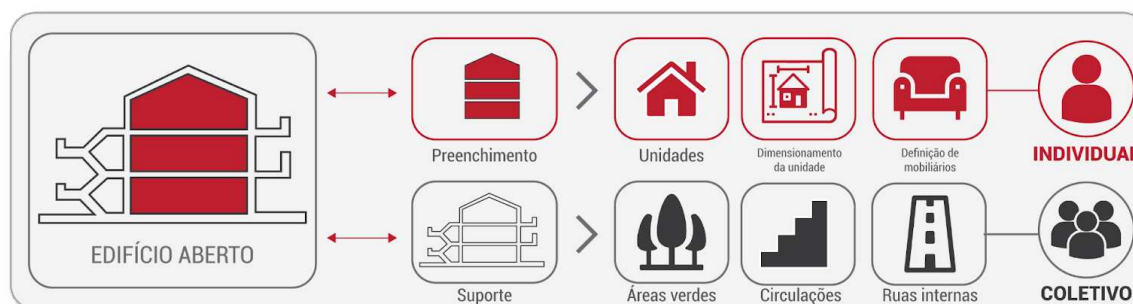
Nas quase três décadas de existência da SAR, foram construídos 50 projetos baseados na lógica do Open Building, distribuídos por países como Holanda, Alemanha, Áustria, Japão, Suíça e Suécia. Durante as experiências práticas, foi possível constatar uma disponibilidade dos agentes envolvidos na indústria da construção - arquitetos, empreiteiros e clientes - em migrar para um novo modelo de

construção de habitação, como o sugerido pelo OB, porém encontrava-se dificuldades na produção e fabricação de elementos de preenchimento para aplicação em escala residencial. Somado às tentativas de internacionalizar os métodos do Open Building e às dificuldades encontradas para uma implementação efetiva do mesmo em vários países, inclusive na Holanda, a SAR encerrou as suas atividades no ano de 1987.

2.2. Caracterização do Open Building

Segundo Kendall e Teicher (2000), Habraken propõe uma nova prática projetual que se baseia em exercícios de pesquisa teórica e o desenvolvimento e implementação de projetos práticos a longo prazo, descrita por dois sistemas arquitetônicos principais: o suporte (*support*) e o recheio/preenchimento (*infill*). O suporte é a estrutura portante, a parte do edifício que é comum a todos os ocupantes, que é feito para durar por um século ou mais, composto por estrutura, sistemas mecânicos, circulações, áreas comuns e que pressupõe que qualquer alteração individual feita pelo morador no preenchimento, mantenha o suporte inalterado (HABRAKEN, 2011). Já o preenchimento é a parte mutável e variável do edifício, que pode ser definido ou alterado para cada domicílio individualmente, sem afetar o suporte. Os componentes do recheio tendem a ser alterados em ciclos entre dez e vinte anos, ocasionados por mudanças nas necessidades ou desejos dos ocupantes, pela exigência de atualizações técnicas e tecnológicas ou por alterações no próprio suporte. Tais alterações são realizadas independentemente para cada ocupante, sem que essas mudanças afetem outras unidades (KENDALL, 2010).

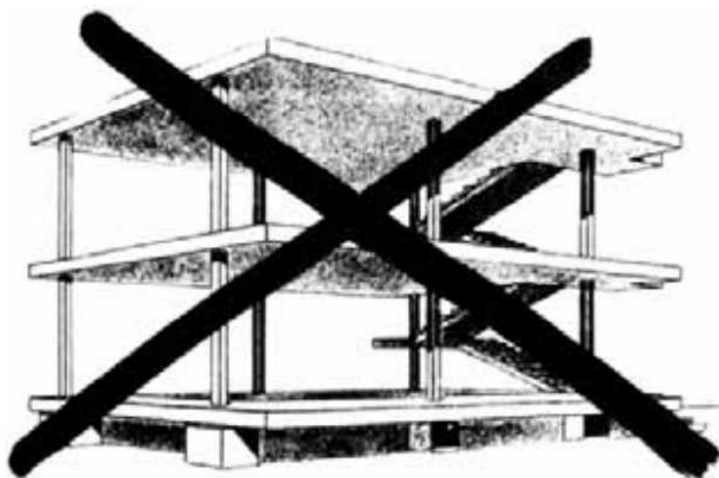
Figura 3: Diagrama esquemático de um edifício “aberto”



Fonte: Autor (2022)

Kendall (1999, 2003) faz uso de outros termos para definir o *support* e *infill*, porém com sentidos equivalentes àqueles comumente encontrados nas discussões do OB: *Base-Building* ou *Shell* equivalem ao *support* e *fit-out* se refere ao *infill*. Normalmente, encontra-se, também, o termo *Skeleton* como um correspondente ao *support*, porém autores como Kendall e Teicher (2000, p.33, tradução nossa¹) encontram neste termo um certo caráter de “neutralidade” que não existe na estrutura do suporte: “Um suporte não é um mero esqueleto. Ele não é neutro, mas sim estimula a arquitetura.” A ideia de negação do termo *skeleton* vai de encontro a uma rejeição ao raciocínio de suposta neutralidade experimentada até então através de estruturas arquitetônicas desenvolvidas, em outro momento, dentro do movimento moderno. Nesse sentido, Kendall e Teicher (2000) trazem em seu livro uma imagem cedida por Habraken que ilustra bem esse posicionamento:

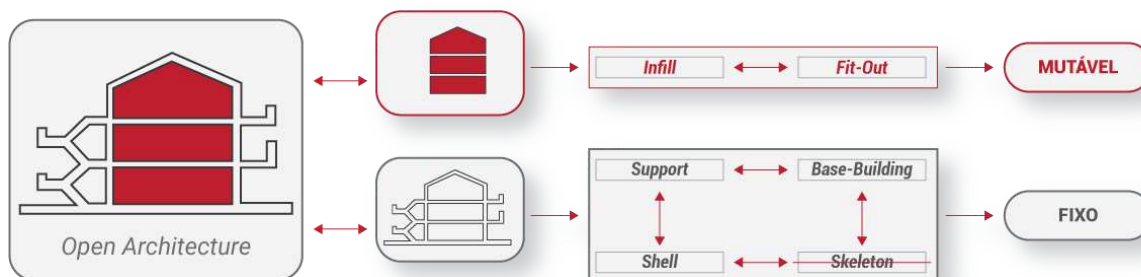
Figura 4: Um suporte não é um esqueleto



Fonte: KENDALL, S.; TEICHER, J. (2000, p.34).

Abaixo, apresenta-se um diagrama-síntese dos termos utilizados para denominar o *support* e o *infill*:

¹ A Support is not a mere skeleton. It is not neutral, but is rather enabling architecture.

Figura 5: Termos equivalentes para *support* e *infill*

Fonte: Autor (2022)

Sobre o nível de mutabilidade esperado no preenchimento, considera-se que ele só é atingido quando o suporte cria capacidade para essas alterações, principalmente através de estratégias que deixem evidentes a independência entre suporte e recheio. O preenchimento compreende a compartimentação, definição e posicionamentos dos elementos do layout, aberturas, equipamentos e mobiliários, sistemas de ventilação, tomadas de energia, comunicação e segurança, dutos, tubulações e cabos que atendem individualmente cada unidade. Tais componentes são instalados e projetados de maneira a permitir uma considerável liberdade de layout, construção, transformação e substituição quando necessário.

É possível afirmar, ainda, que o pensamento de Habraken partia do entendimento da habitação em massa como um espaço idealmente coletivo, similar à lógica de um bairro. Para o autor, com o crescimento do número de habitações em massa produzidas da maneira que eram produzidas até aquele momento, rompeu-se com uma relação natural antiga que existia entre os seres humanos e o ambiente construído. Essa afirmação de um entendimento da habitação coletiva enquanto bairro é reforçada, posteriormente, nos exemplares de edificações do Open Building que se apropriaram de elementos da rua como espaços coletivos, espaços verdes, vias e calçadas, que eram levados para dentro da edificação, porém em escala reduzida e de certa forma “compactados” em uma única edificação. Para Habraken, existia uma certa “organicidade” nas relações estimuladas pelo convívio coletivo nos bairros e que se perdeu com o advento da habitação em massa. O Open Building, de certa forma, pretendia recuperar essa organicidade (KENDALL; TEICHER, 2000).

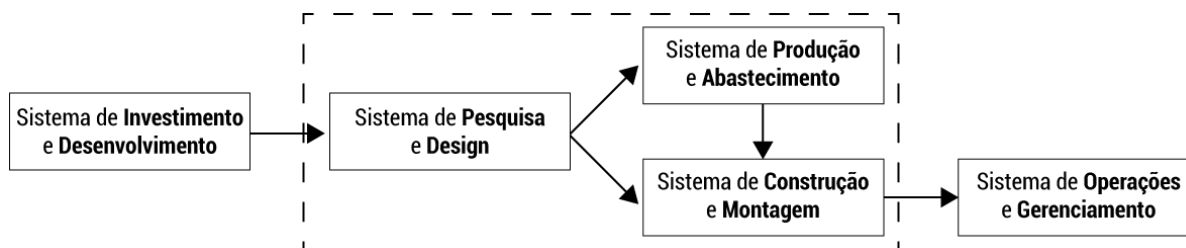
Correlacionado às discussões focadas, especificamente, na estrutura arquitetônica dos edifícios baseados na lógica do Open Building, estratégias projetuais e construtivas, o OB pretende repensar, também, as estruturas organizacionais de uma habitação coletiva em diferentes níveis, como mencionado anteriormente. A dinâmica das tomadas de decisões são descentralizadas e repensadas, reavaliando o papel de cada ator envolvido no processo de projeto, incluindo projetistas, habitantes, industriais e empreiteiros. Por conta disso, o usuário fica muito mais próximo de todo o processo, sendo parte fundamental no desenvolvimento e efetivação do projeto. Habraken (2012) comenta que uma das propostas do OB é reinserir o morador no processo decisório profissional e político na dinâmica da habitação e considera essa reinserção importante não apenas para o habitante, mas também para a qualidade do ambiente construído como uma entidade viva e autônoma. Segundo Kendall (2015a), o Open Building trata, além das questões referentes à mudança e à variabilidade, do controle distribuído da tomada de decisões.

A função do arquiteto na lógica do Open Building também é repensado, mudando de uma postura mais dominante de quem detém o conhecimento técnico e é responsável por todas as decisões de projeto, para um profissional que auxilia os ocupantes nas tomadas de decisões, quase como um moderador. Nesse sentido, o habitante tem autonomia para definir suas preferências funcionais e estéticas: decisões de onde colocar paredes, cozinha, banheiro, acabamentos, eletrodomésticos, mobiliários e iluminação competem ao morador, assim como a liberdade de posteriormente realocar todos esses elementos. Segundo Kendall e Teicher (2000, p.8), esse nível de personalização, usando tecnologias avançadas para fabricação e montagem dos componentes do preenchimento, “não precisam custar mais do que as unidades convencionais”.

Cao et al. (2017) argumentam que o processo de design dentro do Open Building é dividido em 3 partes funcionais: o design do suporte, do preenchimento e das conexões entre eles. Segundo os autores, o design e o suporte podem ser projetados simultaneamente e as suas partes produzidas de maneira independente, o que reduz o tempo de espera entre trabalhos diferentes, além de melhorar a eficiência da produção. Cao et al. (2017) propõem, ainda, uma sistematização do processo de projeto através do suporte/preenchimento dividida em 5 subsistemas que se relacionam entre si: o sistema de investimento e desenvolvimento, sistema

de pesquisa e design, sistema de produção e abastecimento, sistema de construção e montagem e sistema de operações e gerenciamento. Abaixo, apresenta-se os 5 subsistemas e as relações entre eles.

Figura 6: Subsistemas de um processo baseado no suporte/preenchimento e as suas relações



Fonte: Adaptado de Coe et al. (2017)

Como parte de um extenso estudo sobre as teorias e as práticas arquitetônicas do Open Building, Kendall e Teicher (2000) sistematizaram algumas características que definem uma possível arquitetura “aberta”. Essas características partem, principalmente, da análise de exemplos práticos executados a partir de uma lógica de OB, e a repetição da ocorrência de certos fenômenos permitiu identificá-los como bases do Open Building. Salienta-se que, devido ao extenso número de exemplares projetados e construídos a partir dessa lógica, algumas dessas características podem não estar presente em todos os projetos, porém, a partir deles, se tem uma visão mais ampla e apurada do OB.

2.2.1. Conceitos-Chave do Open Building

Como uma possível metodologia de projeto, o Open Building apresenta alguns conceitos que guiam a produção de uma arquitetura “aberta”. Esses conceitos são produtos de análises que buscaram perceber características em comum das habitações abertas e que posteriormente foram sistematizadas. São seis os conceitos chaves da lógica de Open Building, apresentados a seguir, segundo Kendall e Teicher (2000):

- 1) **Níveis (*levels*):** Para se criar residências satisfatórias e adaptáveis de longo prazo, é preciso entender quem controla o que. O uso de *níveis* permite que os profissionais definam quando e o que os agentes envolvidos no projeto podem controlar no decorrer da cadeia produtiva da habitação, passando pelo

projeto, execução e posterior gestão do edifício. O uso de níveis é critério fundamental do projeto e leva em conta que as partes que exercem o controle se alteram entre as fases de projeto, construção, ocupação e vida útil do edifício.

- 2) Suporte (*support*):** O suporte é permanente, a parte compartilhada que oferece o espaço que serve para ocupação, é a estrutura de um edifício multifamiliar que funciona como um bairro vertical, que inclui vias públicas (escadas, elevadores, corredores e galerias), áreas comuns (lavanderias, salas comunitárias, espaços públicos), além de estruturas de abastecimento de eletricidade, comunicação, água e gás. O suporte pode ser construído de qualquer material durável, incorporando qualquer técnica construtiva e fornece a capacidade de satisfazer diversas demandas mutáveis ao longo da vida útil do edifício. O suporte não é só um “esqueleto” e nem “neutro”, mas viabiliza a arquitetura, um espaço físico que oferece a possibilidade de construir boas habitações.
- 3) Preenchimento (*infill*):** O preenchimento é a parte individual e “independente” do suporte, sob o controle de cada morador. Nesse sentido, o projetista atém-se, principalmente, ao desenvolvimento de um bom suporte para que o recheio seja competência de cada morador. Os elementos de preenchimento podem ser feitos a partir de construção convencional ou industrialmente produzidos. Sugere-se que os elementos de preenchimento industrializados sejam pré-fabricados fora do local e instalados de maneira conectada, já fornecendo partições, instalações, equipamentos mecânicos, portas, utensílios, armários, acabamentos e outros elementos necessários para tornar um ambiente completamente habitável.
- 4) Desagregar a tomada de decisão (*Unbundling decision-making*):** Este item pretende repensar a lógica dos edifícios convencionais que, via-de-regra, aplicam as mesmas soluções para todos os pavimentos, os mesmos itens para diferentes necessidades dos usuários. Dessa forma, separando o edifício em suporte e preenchimento, incentiva-se o desenvolvimento de uma produção industrial de itens para um amplo e variado mercado, com uma

lógica de fabricação desses itens comparável, até mesmo, com uma produção de maneira customizada em massa. A decisão de como preencher e com o que preencher é desagregada da decisão anteriormente tomada pelo projetista para o suporte. A produção industrial, variada e possivelmente customizada, facilita a tomada de decisão por parte do morador. Essa produção se refere a todos os componentes contidos no preenchimento: partições, instalações, equipamentos mecânicos, portas, utensílios, armários, acabamentos e outros.

- 5) Capacidade (*capacity*):** A análise da capacidade do edifício, dentro do Open Building, se sustenta em duas ideias: 1) projetar a forma para ser um ente aberto e dinâmico; e 2) projetar o espaço com uma capacidade incorporada para acomodar mais de um programa de funções ao longo da vida útil do edifício. A forma é considerada em termos de possibilidades e não em termos de uma função única, rígida e predeterminada. O projeto do suporte acontece, idealmente, a partir de três princípios: a) cada habitação do suporte deve permitir uma variedade de layouts; b) deve ser possível alterar a área do piso, variando os limites das unidade dentro do edifício, ou seja, com a possibilidade de expansão e contração; e c) o suporte e as suas partes devem ser adaptáveis a diversas funções, inclusive as não residenciais. Uma vez que a variabilidade é fundamental no Open Building, a mudança deve acontecer facilmente, pressupondo um projeto que não sabe quais produtos ou sistemas de preenchimento serão utilizados. É preciso evitar, também, espaços estritamente neutros desprovidos de pilares, paredes, sem mudanças formais e de qualidade de luz, pois isso não oferece nenhuma definição arquitetônica para o edifício.
- 6) Sustentabilidade (*sustainability*):** Em um contexto de construção de habitações em massa, são inúmeros os casos de edifícios construídos com o mínimo de normas técnicas, estruturais e espaciais, tais casos provaram ser incapazes de se adequar ao estilo de vida de posteriores moradores e às mudanças tecnológicas. Nos dias de hoje são largamente rejeitados os edifícios criados para a formação de um estoque imobiliário, sendo enfatizados princípios básicos de sustentabilidade absorvidos, inclusive, pelo

Open Building. Materiais reutilizáveis de construção, o próprio sistema altamente aberto a variável do OB que se molda a novos usos e programas, a possibilidade de reutilização dos componentes do *infill*, a construção de um suporte mais robusto com previsão de duração para até mais de cem anos, um alinhamento com a indústria para a produção de componentes “*plug-and-play*” prontos para serem utilizados na habitação ao mesmo tempo em que diferentes fabricantes podem oferecer esses produtos (descentralização da produção) e a produção de componentes montáveis e desmontáveis são algumas das estratégias sustentáveis absorvidas pelo Open Building para evitar uma perpetuação de um comportamento de construção de edifícios, nesse contexto, ineficientes e poucos sustentáveis.

De maneira sintética, os *níveis* se referem a onde e quando cada ator envolvido no OB pode ou deve tomar decisões; o *suporte* é a parte fixa, imutável e coletiva da edificação; o *preenchimento* é a parte individual, totalmente adaptável; a *desagregação* diz respeito à clara separação entre suporte e preenchimento e o incentivo a uma produção mais variada de componentes residenciais; a *capacidade* compreende o nível de variabilidade oferecido pela edificação aberta; e a *sustentabilidade* diz respeito ao pensamento à longo prazo da edificação, com estratégias que diminuam impactos ambientais e que tragam bem-estar aos seus moradores.

Kendall e Teicher (2000) argumentam que a lógica do Open Building impacta diferentes atores e dinâmicas de cadeias produtivas relacionadas à construção civil, sugerindo até mesmo um ganho para essas organizações. Na **arquitetura**, propriamente dita, o OB diferencia-se de sistemas convencionais de projeto ao passo que incorpora a decisão de todos os envolvidos no processo ao longo do projeto, da construção à gestão, similar às raízes do que entendemos, atualmente, como a customização em massa. O sistema é aberto e não-definido. No caso do **design de interior e design de produto**, os elementos fabricados precisam, agora, ser pensados a partir de uma ótica de customização finalizada ou pronta para a montagem. Isso significa que, para o usuário, o elemento precisa chegar quase pronto necessitando, quando pertinente, apenas a montagem no local. Isso inclui desde a escala do edifício, como elementos estruturais pré-fabricados, até itens de mobiliário. No caso da **contratação e gerenciamento da construção**, sistemas mecânicos e utilitários se deslocam para o suporte, aumentando a eficiência da

construção do edifício base (suporte). Os suportes podem ser, portanto, simples e repetitivos, construídos rapidamente e com alto controle de qualidade e, ainda assim, mantendo a capacidade de grande variedade do recheio. Os princípios do OB ajudam as **agências de habitação** a executar projetos que respeitam o orçamento e as preferências de cada família, aplicando o poder econômico diretamente à habitação individual.

Segundo Kendall e Teicher (2000) não existe um consenso na definição de um projeto “aberto”. Apesar disso, é possível extrair das práticas do Open Building realizadas ao longo do tempo algumas ações que auxiliam na efetivação da metodologia do OB. Essas ações são desdobramentos dos conceitos-chaves apresentados acima, agora transformados em ações práticas, de fato, e sistematizadas para a implementação de uma lógica de Open Building. A seguir, apresentam-se essas ações:

- A) *Reconhecer Níveis*: Se trata de aplicar ferramentas e metodologias profissionais especificamente desenvolvidas para organizar o trabalho residencial dividindo-o em diferentes partes de acordo com os níveis e ordenamento das áreas de interações técnicas.
- B) *Distribuir a tomada de decisão*: Um desdobramento do reconhecimento de níveis. Distribuir o controle de decisão para cada nível entre os agentes envolvidos, da seguinte forma: estabelecer ferramentas legais, contratuais e físicas que definem onde cada família pode projetar, alterar o layout da sua unidade e equipar a sua própria residência; distinguir claramente as esferas coletivas e individuais de tomada de decisão, sobretudo no que tange às decisões sobre espaços coletivos e individuais; separar os elementos adquiridos para construção do suporte e do preenchimento; e evitar a apropriação de tomada de decisão em vários níveis por uma única entidade, ou seja, nenhum grupo deve exercer controle em vários e distintos níveis de projeto.
- C) *Separação física dos níveis do ambiente*: Referente a questões físicas do sistema. Compreende: se apropriar da infraestrutura urbana e torná-la totalmente acessível dentro da propriedade de domínio público, quando possível; separar o suporte do preenchimento; construir suporte e preenchimento em duas etapas nitidamente

distintas; colocar todos os componentes pertencentes especificamente ao moradores no nível do preenchimento sob o controle direto do ocupante; e implantar os sistemas mecânicos e de infra-estrutura, tal como dutos, tubulações e cabeamentos, em locais que maximizem a liberdade de projeto dos preenchimentos.

- D) *Subsistemas de Coordenação e Separação*: Pressupõe a organização de um subsistema-guia para eventuais alterações, permitindo-lhe ser ajustado ou substituído sem interferir em outras habitações ou outros subsistemas; seleção de sistemas “abertos” com resoluções técnicas, dimensões e localizações padronizadas, de modo que qualquer agrupamento de componentes que cumpram os padrões de desempenho possam ser usados na habitação.
- E) *Permitir a escolha e a tomada de decisão por parte dos habitantes*: Reformular o papel do projetista como um profissional que auxilia os moradores a perceberem suas preferências de moradia utilizando, por exemplo, ferramentas de gerenciamento de informações que mostram, imediatamente, as implicações de cada decisão de projeto; dar assistência e permitir a livre configuração do espaço pelos residentes.
- F) *Utilizar métodos de projeto específicos do Open Building*, como os desenvolvidos em experiências práticas anteriores (SAR65, por exemplo).
- G) *Empregar tecnologias específicas no suporte* que servem de apoio para os sistemas de preenchimento;
- H) *Usar de tecnologias residências para o preenchimento*, como sistemas internos do tipo RTA (*ready-to-assembly*) como divisórias, portas e armários; sistemas de portas com instalação instantânea; especificação de sistemas de subdivisão, tais como divisórias, que não geram lixo e são de fácil e rápida instalação; piso elevado que é facilmente sobreposto ao piso estrutural; utilização de sistemas de fiação, cabeamento, aquecimento e ventilação avançados, que devem ser facilmente implementados pelo morador.
- I) *Utilizar instrumentos de financiamento de habitação próprios dos processos de Open Building*.

Através das abordagens que definem a prática do Open Building junto dos seus Conceitos-Chave, é possível perceber a sistematização de algumas etapas e como o Open Building é, de fato, uma *metodologia* de implementação de projeto. Essa metodologia abrange diversas fases, setores e pessoas envolvidas no processo de projeto e na posterior utilização e gestão do edifício depois de construído. Entende-se que, comparado às posteriores temáticas discutidas aqui - Customização em Massa e Discretismo - o Open Building apresenta, a partir das bibliografias estudadas, direcionamentos mais precisos sobre o desenvolvimento desses processos e, de certa forma, abrange um número mais amplo de componentes envolvidos no processo. Tal precisão pode ser justificada, sobretudo, pelo fato de o OB ser uma teoria mais consolidada e explorada ao longo da história, além de possuir diversos exemplares construídos, de fato, ao redor do mundo.

Até aqui foram apresentadas as bases nas quais se fundamentam e se desenvolvem o Open Building e os possíveis direcionamentos para a implementação de uma habitação multifamiliar com bases “abertas”. Como mencionado anteriormente, essa sistematização é produto de estudo um aprofundado elaborado por Kendall e Teicher (2000) baseado nas teorias iniciadas por Habraken e posteriores análises de projetos construídos a partir das bases do Open Building. A seguir, são elencados dois projetos concebidos a partir da lógica do OB, através dos quais será possível analisar a aplicação prática de teorias do Open Building e a sua viabilidade enquanto processo de projeto.

2.3. Projetos baseados na lógica do Open Building

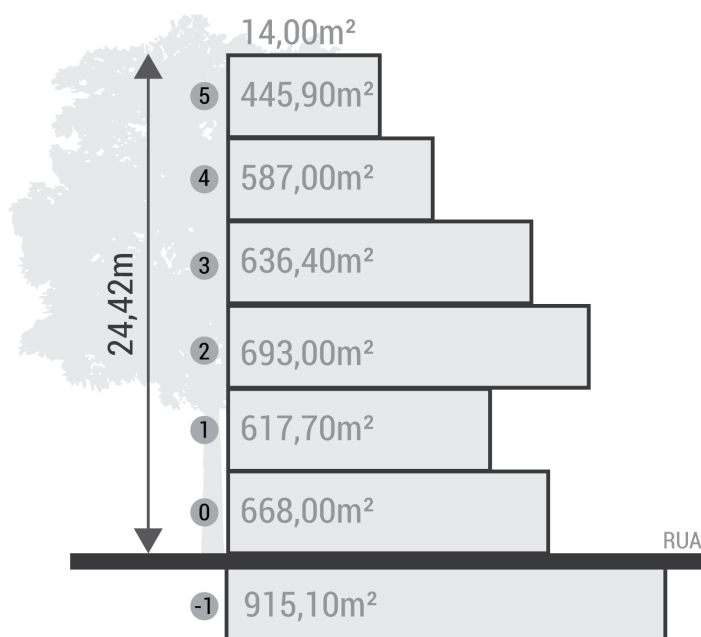
2.3.1. Next 21

O NEXT21 é um projeto habitacional experimental, construído pela Osaka Gas Company em 1993, no Japão, para abrigar os seus funcionários e suas respectivas famílias. O edifício é composto por 18 unidades e foi concebido com o intuito de propor um estilo de vida ideal, que enfatiza a preocupação ambiental, a economia de energia e conforto para os residentes, além de ter a capacidade de satisfazer as necessidades e desejos individuais de seus clientes através das suas unidades distintas e mutáveis (KENDALL; TEICHER, 2000) .

Segundo a cartilha disponibilizada pela Osaka Gas Company, o empreendimento está implantado em um terreno de 1.542,92m², com o edifício

ocupando uma área de 896,20m² desse terreno, composto por 6 pavimentos acima do nível do solo e 1 pavimento no subsolo. O Next 21 possui uma área total de 4.577,20m², sendo 4.152,90m² referentes à unidades habitacionais e 424,30m² destinados ao estacionamento. As áreas são distribuídas da seguinte forma de acordo com os pavimentos do edifício:

Figura 7: Elevação esquemática do Next 21 indicando a área total de cada pavimento e a altura final do edifício



Fonte: Autor (2022), baseado em informações retiradas da cartilha do Residential Energy Units Development Department, Osaka Gas Co., Ltd. ²

A estrutura do edifício é composta de concreto armado em estrutura de aço do subsolo ao 1º piso e estrutura mista de concreto pré-moldado e concreto armado do 2º ao 5º pavimento. A edificação conta com sistemas de ar condicionado para as unidades, fornecimento de água fria através de água reaproveitada, unidades habitacionais equipadas com infraestrutura para água quente, *sprinklers* com pulverização automática, além de sistemas de monitoramento central e equipamentos para tratamento de resíduos orgânicos.

Os elementos que compõem todo o empreendimento são de design modular, com o suporte sendo projetado por uma equipe, o sistema de revestimento (paredes) por outra, e ainda cerca de 13 arquitetos diferentes responsáveis pelo

² Disponível em: <<https://y-f-lab.jp/>>. Acesso em: 15 dez. de 2022.

projeto de cada unidade. As unidades possuem layouts livres, com fachadas livres, porém que seguem uma regra estabelecida previamente para posicionamento dos elementos de preenchimento e de vedação. Sobre as regras, existe um livro que traz algumas determinações a serem observadas no momento de reforma, com a posição limite da linha externa da parede, zonas a serem mantidas com vegetação, além de outros componentes usados em toda a estrutura do edifício. Esse manual permite que o edifício seja usado e alterado por um período de cerca de 100 anos, sem a demanda da participação de nenhum projetista ou construtor original.

Figura 8: Edifício Next 21 em Osaka, Japão



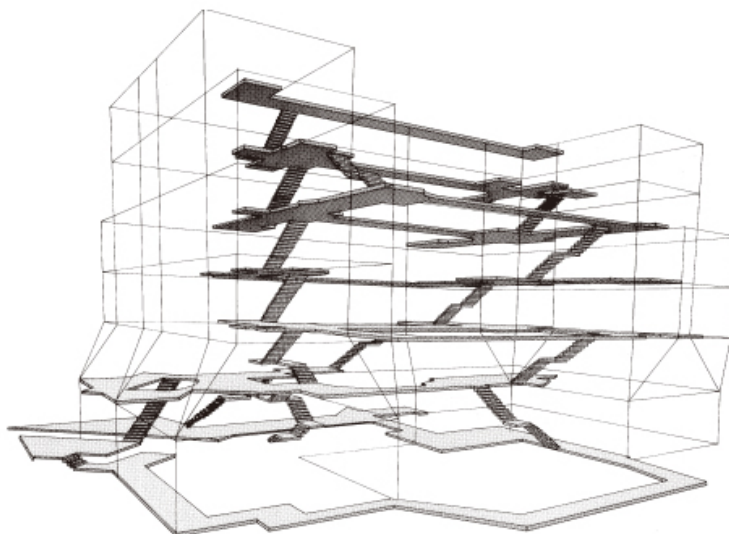
Fonte: Cartilha do Residential Energy Units Development Department, Osaka Gas Co., Ltd.³

Reforçando o pensamento de Habraken, o NEXT21 é entendido como uma comunidade vertical, composta por espaços compartilhados, passagens e escadas posicionados como avenidas que são chamados de “ruas tridimensionais”. Esses espaços coletivos permitem relações de troca entre os moradores, assim como os becos e as calçadas desempenham o mesmo papel num bairro. Ações como a criação de estandes para exibição de eventos culturais, sociais e históricos relevantes para as comunidades da área onde está implementando o NEXT21 são algumas das outras atividades realizadas com o intuito de promover a troca entre os

³ Disponível em: <<https://y-f-lab.jp/>>. Acesso em: 15 dez. de 2022.

moradores do NEXT21 e da comunidade local. O espaço coletivo conta ainda com aproximadamente 1.000m² de zonas verdes distribuídas por todo o edifício que desempenham um relevante papel na manutenção do conforto térmico da edificação, criando barreiras naturais que impedem a retenção do calor do sol graças às sombras, além de serem ambientes de reprodução para diversas aves, borboletas e plantas.

Figura 9: Ruas Tridimensionais existentes no Next 21



Fonte: Cartilha do Residential Energy Units Development Department, Osaka Gas Co., Ltd.⁴

Desde a sua construção, o NEXT21 conta com uma série de “metas” a serem cumpridas durante os anos, que definem algumas das ações realizadas pelo empreendimento para melhoria de vida da população residente. Essas “fases”, como são chamadas, destacam o caráter de conservação e, principalmente, de adaptabilidade do empreendimento a diversas mudanças, além de sugerir um comprometimento tanto da gestão - Osaka Gas Company - quanto dos moradores para com a qualidade de vida dos residentes. Fica claro que, para além de uma edificação finalizada, o NEXT21 é conjunto pensado a longo prazo e que esse “projeto” é, de tempos em tempos, repensado, reorganizado e adaptado. Dessa forma, o projeto não é concluído quando o edifício é finalizado. O projeto, aqui, vai muito além do que entendemos como projeto arquitetônico, mas que inclui um conjunto de ações que visam desenvolver e valorizar a vida no edifício. O NEXT21 encontra-se na Fase 4, que traz como conceito uma edificação “Ambientalmente

⁴ Disponível em: <<https://y-f-lab.jp/>>. Acesso em: 15 dez. de 2022.

amigável, vida espiritualmente rica”, que visa estreitar as relações entre as pessoas, a natureza e a energia.

Abaixo, são apresentadas algumas soluções de unidades habitacionais encontradas no NEXT21, com diferentes áreas, layouts e arranjos espaciais. Salienta-se, também, os diferentes “conceitos” de cada projeto que resultam em resultados estéticos bem distintos.

Figura 10: Unidade de habitação do NEXT21 “Dankai House”



Fonte: Cartilha do Residential Energy Units Development Department, Osaka Gas Co., Ltd.⁵

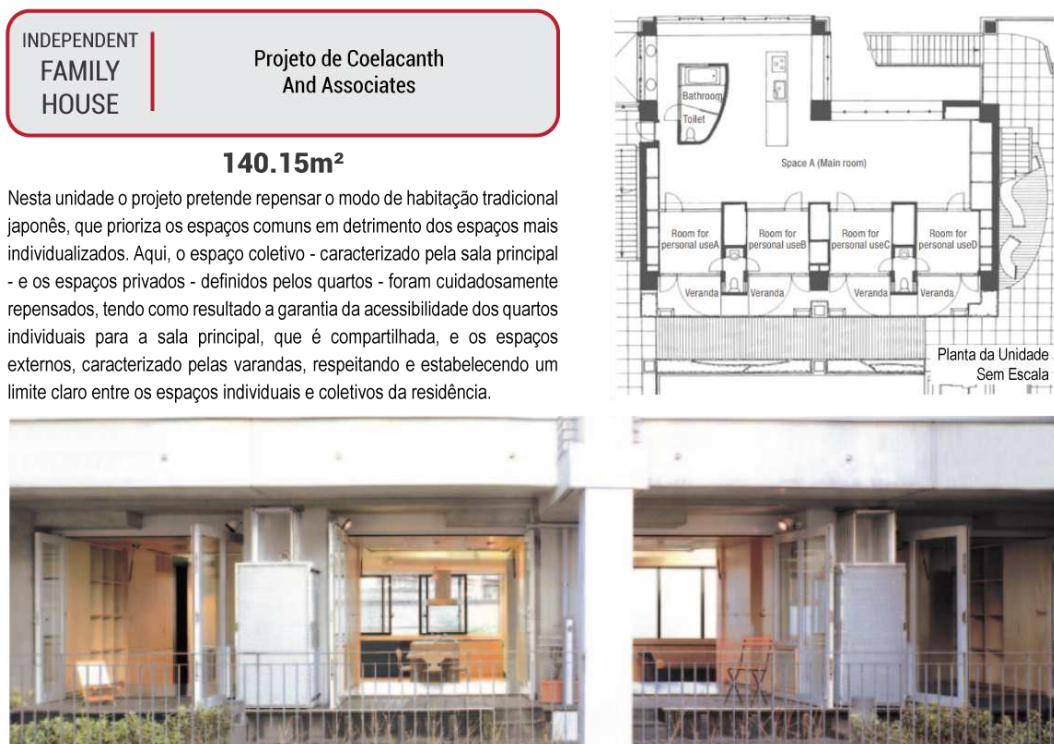
⁵ Disponível em: <<https://y-f-lab.jp/>>. Acesso em: 15 dez. de 2022.

Figura 11: Unidade de habitação do NEXT21 “Young Family House”



Fonte: Cartilha do Residential Energy Units Development Department, Osaka Gas Co., Ltd.⁶

Figura 12: Unidade de habitação do NEXT21 “Independent Family House”



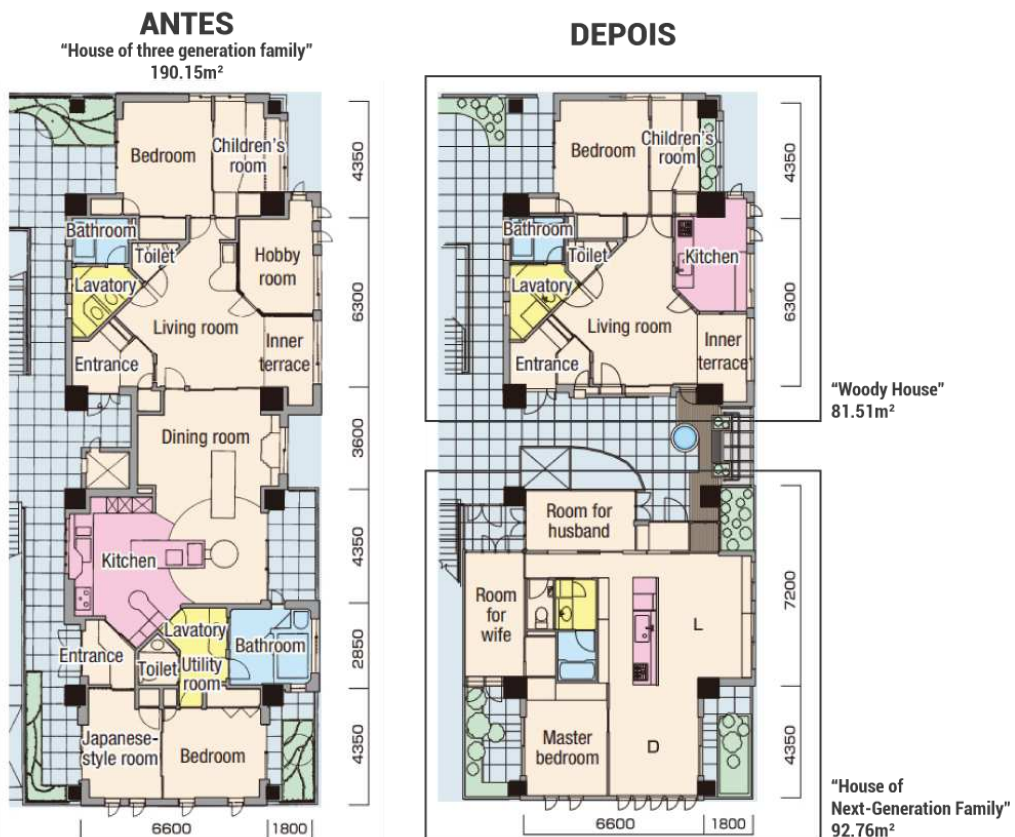
Fonte: Cartilha do Residential Energy Units Development Department, Osaka Gas Co., Ltd.⁷

⁶ Disponível em: <<https://y-f-lab.jp/>>. Acesso em: 15 dez. de 2022.

⁷ Disponível em: <<https://y-f-lab.jp/>>. Acesso em: 15 dez. de 2022.

Além de soluções variadas, ou seja, soluções distintas entregues para os habitantes, o NEXT21, assim como na teoria do Open Building, antevê a viabilidade de soluções que são variáveis ao longo do tempo. Abaixo, apresenta-se um exemplo de uma unidade que passou por alterações depois de construída, adaptando-se a novas demandas dos habitantes. Essa renovação se apropriou do sistema construtivo do NEXT21 de suporte e preenchimento para fazer uma reforma de grande escala que, normalmente, é considerada inviável em projetos convencionais. Neste experimento, uma unidade de 190,15m² foi transformada em duas unidades independentes através do reposicionamento das divisórias internas e, conseqüentemente, uma revisão de todo o layout. Nessa alteração, as divisórias externas da habitação também foram alteradas, mudando os limites externos das novas unidades. Essa variação também se concentrou no aproveitamento das divisórias internas da antiga unidade, nas novas.

Figura 13: Planta baixa do antes e depois de uma unidade transformada em duas unidades independentes no NEXT21



Fonte: Cartilha do Residential Energy Units Development Department, Osaka Gas Co., Ltd.⁸

⁸ Disponível em: <<https://y-f-lab.jp/>>. Acesso em: 15 dez. de 2022.

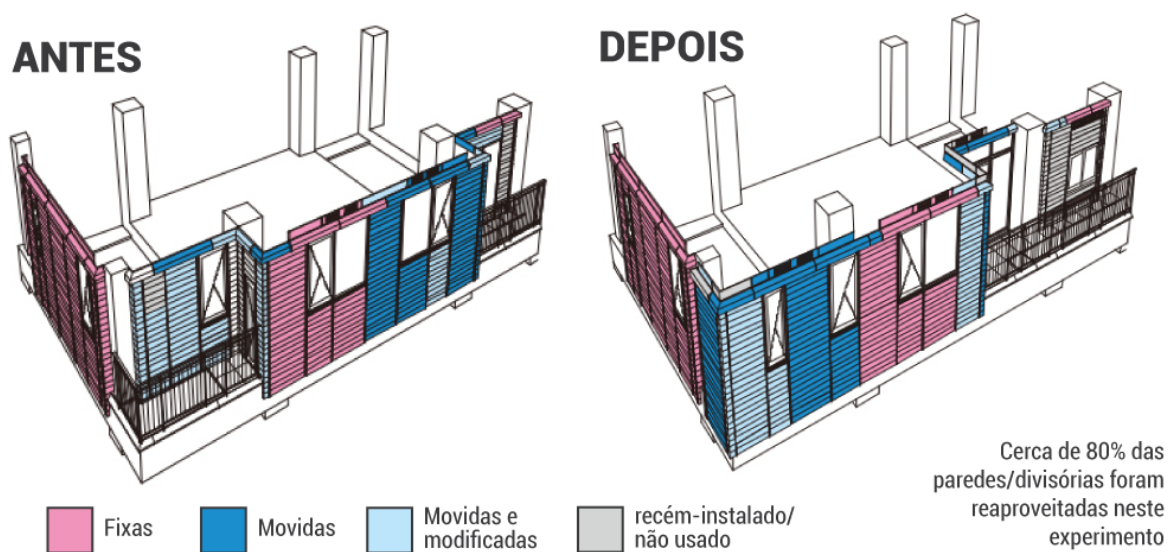
Figura 14: Imagem externa da edificação que indica a alteração do limite externo das unidades



Paredes externas movidas, alterando o limite da habitação

Fonte: Cartilha do Residential Energy Units Development Department, Osaka Gas Co., Ltd.⁹

Figura 15: Indicação de quais divisórias externas permaneceram fixas ou foram movidas, modificadas ou não usadas nesta intervenção



Fonte: Cartilha do Residential Energy Units Development Department, Osaka Gas Co., Ltd.¹⁰

Através dos exemplos trazidos de diferentes unidades presentes no NEXT21, é evidente o caráter de variabilidade presente na edificação, que se manifesta através das diferentes áreas, layouts, arranjos espaciais, números de moradores das residências e modos de vida de cada família que são, justamente, os dados de

⁹ Disponível em: <<https://y-f-lab.jp/>>. Acesso em: 15 dez. de 2022.

¹⁰ Disponível em: <<https://y-f-lab.jp/>>. Acesso em: 15 dez. de 2022.

entrada que justificam e alimentam tal variabilidade. Fica clara a existência de perfis familiares bastante distintos e que orientam o desenvolvimento de um projeto específico para cada situação e arranjo familiar, desenvolvido cada um por um projetista diferente.

Por meio deste pequeno recorte, observa-se a pluralidade de soluções encontradas em uma única edificação, que pode ser permitida e justificada, dentro outras coisas, pela existência de um suporte que potencializa a existência de diversos preenchimentos. Salienta-se que o reduzido número de unidades habitacionais existentes no NEXT21 - 18 unidades - viabiliza, de maneira bem mais facilitada, a presença de soluções distintas, ao passo que na realidade são muito poucos os exemplares de edifícios de apartamentos com tão poucas unidades como no caso do NEXT21 voltadas para a habitação em massa. Esse limite de unidades, ao mesmo tempo, favorece o oferecimento de diferentes soluções devido ao número reduzido de respostas projetuais, porém também pode restringir a possibilidade de soluções diferenciadas quando pensados os casos de edificações que possuem números muito mais significativos de unidades habitacionais, inviabilizando a entrega de soluções variadas.

O exemplo que mostra a variabilidade aplicada pós-ocupação reforça o caráter de adaptabilidade presente no NEXT21, através do qual é possível transformar, quase que integralmente, uma unidade habitacional em outras duas unidades completamente independentes e dotadas de toda infraestrutura e equipamentos necessários em uma moradia, sem prejuízos. Destaca-se, também, a possibilidade de reaproveitamento das alvenarias de vedação da antiga unidade na nova, além da alteração volumétrica que é evidenciada na fachada do edifício, algo que parece, até mesmo, desejado, diferente de como ocorre em empreendimentos mais convencionais.

Nesse sentido, foi possível verificar o caráter de variabilidade sob dois aspectos: em projeto e pós-projeto. Assim sendo, áreas distintas, layouts, arranjos espaciais, número de habitantes por unidade, estilo de vida dos habitantes e até mesmo quesitos estéticos são completamente revistos de uma unidade para outra, entregando uma solução variada de habitação para habitação. Além da entrega de uma solução variada, essa solução não é fixa, ela ainda permite posteriores alterações de maneira facilitada ao longo da vida útil do edifício e de acordo com as

demandas dos moradores, seja para alterar o layout da habitação, por exemplo, ou até mesmo transformar uma unidade habitacional em duas unidades distintas.

Os sistemas de suporte e preenchimento existentes no Open Building e apropriados pelo NEXT21 possibilitam essa variação dentro do edifício, com o suporte exercendo a sua função fixa e inalterável que permite a modificação do preenchimento. Associado a isso, a utilização de componentes construtivos fabricados em massa geram algumas restrições referentes às possibilidades de mudanças, já que estas precisam ser pensadas dentro de um espaço amostral limitado definido pelos elementos construtivos standardizados. Dessa forma, existe, sim, uma flexibilidade de variação, porém limitada, principalmente, pelos elementos construtivos. Ainda assim, é notória a relevância do Open Building e, conseqüentemente, do NEXT21 enquanto prática projetual que pressupõe a variabilidade e que discute, diretamente, o fazer arquitetônico comum no caso das habitações coletivas em massa.

2.3.2. The Pelgromhof

O The Pelgromhof é um projeto habitacional experimental, com obras iniciadas em 1998 e finalizadas em 2001 sob o comando do arquiteto Frans van der Werf, em Zevenaar, nos Países Baixos. O projeto conta com 215 habitações, sendo 169 delas para vida independente e outras 46 unidades destinadas a moradores que necessitam de cuidados especiais, já que o conjunto tem como público alvo idosos e pessoas a partir dos 50 anos de idade. Além das unidades habitacionais, o projeto abrange, ainda, biblioteca, capela, lojas, teatro e cozinha comunitária. Van der Werf realizou outros projetos baseados no sistema de suporte e preenchimento durante cerca de duas décadas, com projetos em várias cidades dos Países Baixos (KENDALL; TEICHER, 2000).

Figura 16: Vista aérea do The Pelgromhof



Fonte: Site do arquiteto Frans van der Werf ¹¹

O objetivo principal do projeto é oferecer aos moradores habitações para toda a vida passíveis de adequações, além de assegurar aos idosos uma vida independente e acessível em um local tranquilo e seguro, rodeado de pátios, jardins e árvores, além de outros equipamentos considerados necessários a uma boa qualidade de vida para os habitantes.

¹¹ Disponível em: <<http://www.vdwerf.nl/>>. Acesso em: 22 dez. de 2022.

Figura 17: Imagem de um pátio do The Pelgromhof. Destaque para a vasta vegetação e as galerias dos apartamentos



Fonte: Site do arquiteto Frans van der Werf ¹²

Continuando as experiências práticas do Open Building realizadas por Frans van der Werf em outras cidades dos Países Baixos como Papendrecht, Utrecht, Rotterdam e Enschede, o Pelgromhof se apropria de algumas das estratégias de arquitetura aberta, que incluem a participação dos usuários na criação de uma unidade habitacional que corresponda ao seu próprio estilo de vida; estratégias de construção sustentável como a utilização de tintas bioecológicas, redução do uso de concreto e aquecimento com energia solar; uma arquitetura considerada “orgânica” que se manifesta no projeto e no paisagismo, mantendo o contato dos moradores com a natureza através das vastas plantações de árvores, água corrente e diversidade de fauna e flora existente no complexo; além de uma habitação vitalícia garantida, com acessibilidade para os idosos, passível de adaptabilidade e cuidados personalizados para os moradores.

O suporte conta com hall, teatro, capela, cabeleireiro, sala de atividades, cozinha, restaurante e uma garagem para 80 carros que desempenham os papéis de áreas comuns dos moradores do Pelgromhof. Em termos estruturais, os pisos são feitos de lajes de concreto pré-moldado, enquanto os pilares, as galerias e as varandas são pré-fabricadas em concreto e os telhados de madeiras cobertas por

¹² Disponível em: <<http://www.vdwerf.nl/>>. Acesso em: 22 dez. de 2022.

plantas. As fachadas dos apartamentos são compostas por paredes duplas com lâ de vidro entre as alvenarias, sendo a parede interna de bloco de areia e cal prensados e as paredes externas de alvenaria de tijolos.

Longas galerias são os acessos dos apartamentos. Essa estratégia foi utilizado por facilitar um futuro reparcelamento das unidades, por fortalecer o contato entre os vizinhos nesses espaços, já que as entradas dos apartamentos são visíveis, além de terem um baixo custo por permitirem o acesso a um grande número de unidades, limitando a quantidade de escadas que são mais caras e exigem espaço. Na frente das portas de duas unidades adjacentes, a galeria se amplia e forma balcões, que podem ser utilizados como local de interação entre os moradores, além de facilitarem a passagem de cadeiras de rodas, veículos motorizados e até mesmo possibilitar o manuseio de macas, caso necessário.

Figura 18: Galerias e balcões do edifício



Fonte: Site do arquiteto Frans van der Werf ¹³

No caso do preenchimento, para obtenção da aprovação por parte do governo holandês para construção do empreendimento, foram feitos os chamados “Layouts de Referência” dos apartamentos que eram fundamentalmente diferentes, tanto para verificar se aqueles planos refletiam os regulamentos para habitação popular, tanto para servir como base para o cálculo dos custos das unidades. Em alguns casos, esses “Layouts de Referência” foram implementados, mas a maioria dos usuários optou por um layout de acordo com as suas demandas específicas, diferente das plantas de referência.

O processo de definição das soluções para cada unidade foi feita junto aos moradores, em um processo no qual as demandas individuais foram captadas. Questões como “Qual a finalidade de uso do espaço? Sentar, cozinhar, jogar?”, “A

¹³ Disponível em: <<http://www.vdwerf.nl/>>. Acesso em: 22 dez. de 2022.

privada deve ser alocada fora do banheiro?” foram feitas aos moradores para que o projeto da unidade passasse por adaptações, caso necessário. Para os projetistas também era importante saber hobbies como cozinhar, pintar e fazer artesanatos, já que essas atividades demandam infraestruturas específicas de abastecimento de água e eletricidade, por exemplo.

Segundo Kendall e Teicher (2000), os encontros para definição dos layouts das habitações ocorriam entre o projetista e a família, que participava ativamente do processo, recortando, por exemplo, protótipos de móveis em papel cartão na escala 1:50 para serem experimentadas em planta e, após esse processo, as famílias eram acompanhadas pelos projetistas a uma unidade em tamanho real para terem uma visão mais apurada de sua escolha.

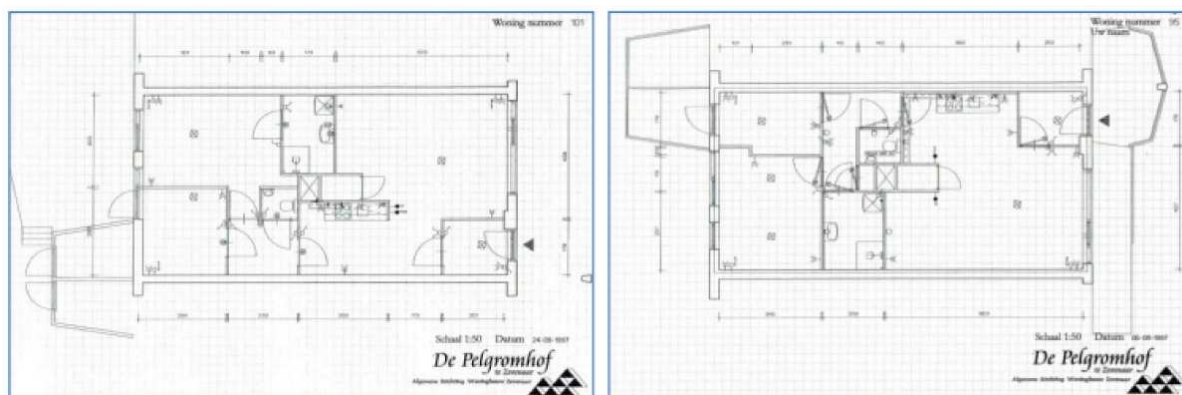
Figura 19: Projetista junto dos moradores em reunião de projeto e, depois, na unidade em tamanho real para conferência das escolhas dos clientes



Fonte: Site do arquiteto Frans van der Werf ¹⁴

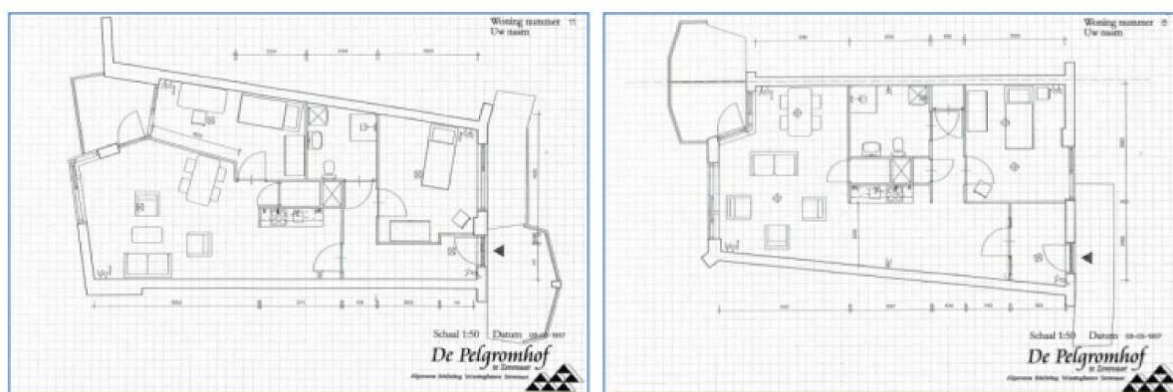
¹⁴ Disponível em: <<http://www.vdwerf.nl/>>. Acesso em: 22 dez. de 2022.

Figura 20: Possibilidade de planta para apartamentos térreos



Fonte: Site do arquiteto Frans van der Werf ¹⁵

Figura 21: Possibilidade de planta dos apartamentos dos outros níveis



Fonte: Site do arquiteto Frans van der Werf ¹⁶

Através do projeto The Pelgromhof é possível perceber a aplicação das teorias e estratégias do Open Building em um projeto com um público alvo bastante específico. Por existir um recorte particular desse público, sobretudo no que diz respeito à idade, percebe-se que há uma demanda bem específica de habitação para habitação, o que justifica a aplicação da variabilidade. Nesse sentido, é possível dar destaque às estratégias projetuais especiais que se baseiam em demandas do público alvo, tais como extensas circulações horizontais - caracterizadas pelas galerias, principalmente - nas quais o acesso, seja ele dado a pé, através de cadeiras de rodas ou até mesmo com macas, são facilitados; um dimensionamento mínimo das portas, de 93cm, que permite a passagem de cadeiras de rodas e macas; um número específico de unidades habitacionais - 46 -

¹⁵ Disponível em: <<http://www.vdwerf.nl/>>. Acesso em: 22 dez. de 2022.

¹⁶ Disponível em: <<http://www.vdwerf.nl/>>. Acesso em: 22 dez. de 2022.

dotadas de infraestrutura específica para moradores que necessitem de cuidados mais intensos; além da presença de um centro de cuidado e profissionais cuidadores.

Como citado anteriormente, ficam claras as estratégias de “arquitetura aberta” utilizadas no The Pelgromhof, caracterizadas pela variabilidade das habitações, a participação direto do usuário no processo de projeto, a utilização de estratégias sustentáveis tanto na construção do edifício através dos materiais escolhidos, quanto em estratégias passivas e mais permanentes - como a iluminação e ventilação naturais e a abundante vegetação presente no empreendimento -, e a presença de espaços comuns e de convivência ao longo do edifício.

É possível concluir que a variabilidade se dá, principalmente, no desenvolvimento do layout e dos arranjos espaciais de cada unidade, desenvolvidos em conjunto entre projetistas e moradores, através dos quais as suas demandas são atendidas. Destaca-se, aqui, o processo como um todo de participação e interlocução entre habitantes e projetistas, além dos métodos encontrados pelos segundos para que o futuro morador tenha plena apreensão do que foi anteriormente definido em projeto.

Apesar disso, porém, não fica claro como é dada a variação pós-ocupação. Não existem informações suficientes sobre os materiais utilizados nas repartições dos ambientes, da facilidade ou não de movê-las ou removê-las para adaptação do layout, como são feitas as ampliações ou divisões das unidades, ainda que tais alterações sejam previstas na construção das unidades. Uma possível justificativa para a ausência de exemplares adaptados é o tempo de existência do projeto e a não-necessidade ou disposição, por parte dos habitantes, de adaptarem as suas unidades nesse espaço de tempo.

2.4. A efetivação da teoria na prática e a variabilidade

Por meio das teorias apresentadas e dos projetos executados na lógica do OB, é perceptível uma efetivação dessas teorias em práticas projetuais as quais aplicam os direcionamentos presentes na teoria do Open Building. Isso pode ser justificado, principalmente, por ser uma teoria consolidada, mundialmente difundida, que existe há mais tempo, sobretudo quando comparada às outras práticas projetuais tratadas nesta pesquisa, além de possuir um número expressivo de projetos desenvolvidos através dessa lógica, neste trabalho ilustrados através do

NEXT 21 e do The Pelgromhof. Kendall e Teicher (2000), porém, trazem em seu livro cerca de outros 24 projetos desenvolvidos a partir da lógica do Open Building.

Observa-se que, embora anteriormente ao OB já existissem alguns exercícios os quais experimentaram a variabilidade em arquitetura - como os projetos de Mies Van der Rohe e Walter Gropius em Weissenhofsiedlung - é possível sugerir que na teoria do Open Building, iniciada por Habraken, é que são sistematizadas algumas estratégias que permitiram e viabilizaram a execução de projetos nos quais a variabilidade era desejada, fomentada e tratada como uma prerrogativa de projeto. Assim sendo, destaca-se, também, o trabalho teórico desenvolvido junto à prática do Open Building e como teoria e prática, nesse processo de projeto, se complementam.

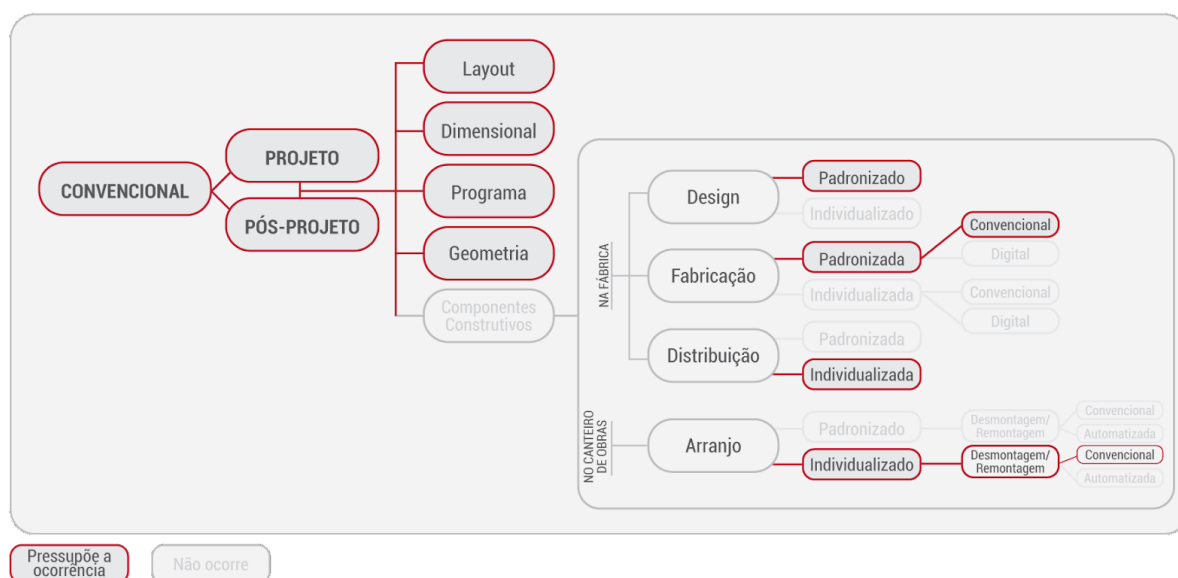
No que diz respeito à variabilidade, principal aspecto de análise nesta pesquisa, no caso do Open Building ela se dá em duas perspectivas: em uma etapa de projeto, entregando uma unidade habitacional exclusiva ao usuário, e em uma etapa pós-projeto, na qual o preenchimento é executado de tal maneira a permitir alterações futuras. Logo, na etapa de projeto, para atingimento de uma solução variada, os futuros moradores participam ativamente das definições referentes aos projetos das suas unidades habitacionais junto ao arquiteto que, nessa prática projetual, exerce um papel mais descentralizado e semelhante a um mediador, que auxilia nas tomadas de decisões dos habitantes. No que diz respeito às definições variáveis concernentes às unidades, elas se referem desde a definição da área total da unidade habitacional, até definições referentes ao layout, posicionamento de cômodos - incluindo uma variedade do posicionamento até mesmo das áreas molhadas - definições de acabamentos, mobiliários e de uso - incluindo a sobreposição de funções de morar e de trabalhar, por exemplo.

Numa etapa pós-projeto, ou seja, para alterações futuras nas unidades, os preenchimentos - os quais são passíveis de alteração integral - são pensados de forma a permitirem tal variabilidade através de, principalmente, divisórias leves que podem ser movidas tanto internamente quanto externamente, alterando, inclusive, o limite e a área da habitação - essa possibilidade fica clara em um dos exemplos trazidos no NEXT21. Associado a esse preenchimento totalmente mutável, é necessário destacar a atenção no desenvolvimento de um suporte que permita e fomente essas alterações, começando na separação clara do que é preenchimento e suporte, e depois na criação de uma infraestrutura - seja ela elétrica, hidráulica, de

segurança ou de transmissão - que permita, com facilidade, alterações e reposicionamentos completos nas habitações.

Os diagramas-síntese apresentados a seguir, avançam, sistematizam e concluem algumas das discussões trazidas até aqui referentes a aspectos do Open Building:

Figura 22: A variabilidade no Open Building



Fonte: Autor (2022)

Baseado nas reflexões teóricas e nos exemplos práticos, é possível afirmar, inicialmente, que o *processo de projeto* no Open Building é feito de maneira *convencional*, ou seja, sem a utilização de recursos computacionais no processo de projeto. Pondera-se, entretanto, que a partir de uma análise mais profunda da teoria, a mesma indica a possibilidade da ocorrência dessa prática projetual a partir de processos computacionais de projeto, entretanto, na teoria tal qual ela se apresenta hoje, isso não é uma questão primordial. A *variabilidade* no OB acontece tanto numa etapa de *projeto* quanto na etapa *pós-projeto*. Tal variabilidade, em ambas as etapas - projeto e pós projeto - pode ocorrer nas definições do *layout*, na alteração *dimensional* de cada unidade, na sobreposição e alteração do *programa* do edifício - morar e trabalhar, por exemplo - além da alteração da *geometria* geral da unidade e, conseqüentemente, de toda a edificação.

Especificamente no que se refere aos *componentes construtivos*, como visto através dos aportes bibliográficos, eles são *standardizados* no contexto do Open

Building, ou seja, são fabricados de maneira *padronizada* pela indústria. Assim sendo, o *design* do componente construtivo é *padrão* assim como a sua *fabricação*, respeitando um limite de variabilidade imposto pela capacidade de fabricação de cada indústria, o qual não foi possível mensurar nesta pesquisa. A *distribuição* pode ser considerada *individualizada*, já que ela se refere à quantidade de componentes a serem fornecidos em cada caso. Finalmente, o *arranjo* pode ser considerado *individualizado*, já que é ele que permite, efetivamente, a variabilidade a partir de componentes construtivos *standards*. Nesse sentido, o *arranjo* é feito a partir da *montagem, desmontagem e remontagem* dos componentes construtivos, entregando uma unidade habitacional individualizada.

De maneira conclusiva, o Open Building pode ser considerado como um dos primeiros processos de projeto a pensarem a variabilidade de maneira sistematizada. Fica evidente as suas limitações, sobretudo no que diz respeito ao componente construtivo padronizado e a um processo de projeto sem a utilização de ferramentas computacionais. Essa limitação fica ainda mais evidente quando a análise é feita num contexto onde a fabricação de componentes altamente individualizados e o processo de projeto computacional vêm sendo exaustivamente explorados. Apesar disso, é perceptível o caráter disruptivo do OB naquele contexto, sobretudo por se apropriar da variabilidade que, até pouco tempo atrás, era até mesmo evitada - vide a habitação pensada, literalmente, em massa. Vale ressaltar, também, a apropriação das tecnologias vigentes naquela época, tanto para a construção do suporte - de maneira geral, o concreto armado e a possibilidade de pré-fabricação do mesmo - quanto para o recheio - divisórias leves e igualmente pré-fabricadas. A inserção do usuário de maneira mais ativa no processo de projeto também merece destaque, reformulando o papel do arquiteto no processo de projeto como um todo. Apesar do caráter disruptivo dessa prática projetual em seu contexto, ao mesmo tempo em que na contemporaneidade ele possa parecer obsoleto, muitas das estratégias do Open Building, as quais favoreceriam muito na construção de habitações personalizadas e altamente variadas, ainda não foram, sequer, absorvidas pela indústria da construção civil, muito justificado por uma indústria, ainda, altamente artesanal.

3. CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA

3.1. Contexto Geral da Customização em Massa

A dinâmica do que se entende hoje como Customização em Massa (CM) possui raízes indissociáveis dos avanços tecnológicos e do contexto histórico no qual inicia-se a discussão desse formato de produção. Ao se falar em avanço tecnológico, faz-se necessário retomar as “Revoluções Industriais”, dando destaque à Terceira Revolução que, graças à tecnologia daquele momento, sobretudo com a inserção dos computadores, possibilitou a evolução da CM enquanto forma de produção.

A Primeira Primeira Revolução Industrial, ocorrida na Inglaterra (1760-1840), é marcada pela introdução das máquinas nos processos produtivos industriais substituindo a mão-de-obra humana. Com o início da produção em larga escala, a primeira revolução baseava-se na extração do carvão como fonte de energia, o qual alimentava tanto as máquinas nas indústrias quanto os transportes utilizados para escoamento da produção, principalmente locomotivas e embarcações a vapor. A partir da primeira revolução, novos avanços permitiram o desenvolvimento na produção do aço em grandes quantidades, além da ascensão das indústrias químicas, de refino de petróleo e, principalmente, da eletricidade. Essa fase é conhecida como a Segunda Revolução Industrial, datada de 1850 até o final da Primeira Guerra Mundial (1918), marcada pelo advento da produção em massa e das linhas de montagem.

Anderson (2012) caracteriza a Terceira Revolução Industrial, também conhecida como a Era da Informação, começando por volta de 1950 com a inserção dos equipamentos eletrônicos, de telecomunicação e os computadores nas linhas de produção que, segundo ele, fazem pelos serviços o que a automação fez, outrora, pela manufatura, além de amplificar o poder do cérebro em vez de amplificar somente o poder muscular do homem. A partir do final dos anos de 1970 e começo dos anos 1980, há um advento no acesso aos computadores pessoais e, posteriormente, à Internet nos anos 1990 que é onde, para o autor, acontece, de fato, a revolução.

Segundo Anderson (2012), a maior transformação trazida pela Terceira Revolução Industrial não está na forma *como* as coisas são feitas, porém *quem* está fazendo. Para o autor, a partir do momento em que as pessoas têm acesso

facilitado a um computador comum, qualquer pessoa pode fazer qualquer coisa, e aí está o grande feito da Terceira Revolução Industrial.

A transformação digital no modo de “fazer as coisas” está fazendo mais do que simplesmente permitir que indústrias existentes sejam mais eficientes. Ela também está estendendo a manufatura a uma população de fabricantes enormemente expandida: os fabricantes existentes junto com uma população comum que está se tornando empreendedora. (ANDERSON, 2012, p. 45, tradução nossa)¹⁷

O autor sugere, finalmente, que a Terceira Revolução admite uma autonomia do usuário com relação à indústria de larga escala, propiciada, junto dos computadores pessoais e da internet, pelo o que ele chama de “*Four Desktop Factories*”, caracterizados pela impressora 3D, a máquina CNC, a cortadora a laser e a *scanner* a laser. Este preceito de autonomia junto às quatro tecnologias por ele apresentadas, estão diretamente relacionados à prática da arquitetura contemporânea e, especificamente, da customização em massa, sobretudo no que diz respeito à fabricação digital e à interatividade e cooperação esperadas entre arquiteto e usuário no contexto da arquitetura.

Rifkin (2011) discute que enquanto a era industrial enfatizou os valores do trabalho árduo, um fluxo autoritário de cima para baixo, o capital financeiro, o funcionamento do mercado e as relações de propriedade privada, a era colaborativa, inserida na Terceira Revolução Industrial, diz respeito à exploração da criatividade, da interatividade entre os pares, do capital social, da participação e dos bens comuns abertos nas redes globais. Segundo o autor, a Terceira Revolução atingirá o seu pico por volta do ano de 2050, se estabilizando na segunda metade do século XXI.

Apesar dos inegáveis avanços trazidos a partir da Terceira Revolução, é preciso entender que ela não atinge todo o mundo de maneira uniforme, como sugerido por Schwab (2016): segundo o autor, mais da metade da população mundial, ou seja, cerca de 4 bilhões de pessoas, vivem em países em desenvolvimento sem acesso à internet. O mesmo ocorre, até mesmo, com o acesso à eletricidade, grande avanço da Segunda Revolução Industrial, onde cerca de 17% da população mundial ainda não tem acesso à eletricidade. Esses dados são

¹⁷ The digital transformation of making stuff is doing more than simply making existing manufacturing more efficient. It’s also extending manufacturing to a hugely expanded population of producers—the existing manufacturers plus a lot of regular folk who are becoming entrepreneurs.

bastante significativos quando se pensa numa possível demora no desenvolvimento de algumas tecnologias relacionadas à Arquitetura, Engenharia e Construção, tal qual a customização em massa. Existem, ainda, barreiras que se relacionam à mínima falta de acesso a essas tecnologias, até mesmo pela inexistência da eletricidade e da internet em algumas localidades.

Promissor e perigoso são alguns dos adjetivos utilizados por Schwab (2016) para descrever a Quarta Revolução Industrial. Sistemas físicos e virtuais de fabricação cooperam de forma global e flexível; para além de máquinas e sistemas conectados, o que torna a Quarta Revolução Industrial fundamentalmente diferente das anteriores é uma fusão de todas as tecnologias e a interação entre os domínios físicos, digitais e biológicos. A velocidade, a amplitude e profundidade e o impacto sistêmico são, para o autor, o que faz desse momento, de fato, uma revolução. Schwab (2016) destaca, ainda, a presença de arquitetos e designers que se utilizam do design computacional, da fabricação aditiva, da engenharia de materiais e, até mesmo, da biologia para criar objetos mutáveis e adaptáveis através de sistemas que envolvem a interação entre microorganismos, nossos corpos e até mesmo os edifícios em que moramos.

Este panorama mostra as bases nas quais a indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) se fundamentam ao longo dos anos, além de nos sugerir como ela se encontra atualmente, tanto em termos de tecnologia quanto de organização social. É possível inferir tanto potencialidades, graças ao desenvolvimento tecnológico, quanto limitações, principalmente por conta de dinâmicas sociais e políticas, com as quais a arquitetura precisa lidar na sua prática. Destaca-se, ao mesmo tempo, a capacidade de a arquitetura acompanhar o desenvolvimento tecnológico e extrair dele elementos que auxiliem no avanço da prática, porém é muito importante ressaltar a não uniformidade de ocorrência e de aplicação de certas tecnologias em torno do mundo, o que pode frear alguns avanços na resolução de problemas intrínsecos à prática arquitetônica. Nesse sentido, a Customização em Massa, por exemplo, encontra barreiras de caráter social, como será sugerido por Kolarevic (2019) e, possivelmente, econômico para o seu avanço, embora seja claro o seu potencial transformador na área da AEC.

3.2. A Customização em Massa enquanto estratégia de mercado e produção

Na arquitetura, a customização em massa (CM) é entendida como um processo de projeto inserido na lógica dos processos computacionais de projeto, com significativas possibilidades de resolução de questões intrínsecas à indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), sobretudo no que tange à problemática de provisão de habitação. Apesar da relevância da temática dentro do campo da arquitetura, a customização em massa é um conceito que aparece, pela primeira vez, na obra de Davis (1987), onde o autor define que a customização em massa significa atender a um extenso número de clientes como nos mercados de massa de economia industrial, porém de forma individualizada como nos mercados customizados das economias pré-industriais.

De antemão, como salientado por Taube e Hirota (2017), não existe um consenso na literatura sobre o conceito de CM. Alguns autores argumentam que ela é aplicada a produtos, outros a produtos e serviços; alguns afirmam que a customização em massa deve ocorrer ainda durante as fases de design e produção, e outros entendem que a customização se estende para após o recebimento do produto. Noguchi (2004), por sua vez, sugere que a *customização* acontece antes da entrega do produto, enquanto a *personalização* acontece depois da entrega do produto. Neste trabalho, será utilizada a definição trazida por Noguchi (2004) que diferencia customização e personalização. Reiterando o argumento de Taube e Hirota (2017), existem diversos níveis de customização, como será visto posteriormente, e até mesmo o uso de nomenclaturas distintas corrobora com a dificuldade de uma definição mais precisa: estratégias de CM, estágios de CM, tipos de CM, graus de CM, abordagens de CM e categorizações da CM são alguns dos termos utilizados pelos autores.

A customização em massa consiste, portanto, na produção de bens e serviços em escala industrial, com custos baixos e com grande volume de produção, porém customizados de acordo com a necessidade individual de cada usuário. Pine II (1993) define a customização em massa como uma produção a baixo custo de produtos e serviços altamente variáveis e individualmente customizáveis. Nesse sentido, a CM se difere da produção em massa na produção de bens e serviços individualizados e customizados, porém com o custo final do produto ou do serviço similar ao custo de um bem fabricado na lógica de produção em massa. Pine II

(2019, p.15), numa definição mais recente e simplificada, define a CM como a capacidade de “servir os consumidores de forma única e de maneira eficiente”.

Segundo Taube e Hirota (2017), a customização em massa pode ser abordada a partir de duas variações: a CM visionária e a CM prática/funcional. A primeira delas fornece uma variedade infinita de possibilidades, contemplando todas as exigências dos clientes, e é marcada pelo envolvimento do cliente desde a fase de design, que pressupõe uma estratégia voltada para um mercado um a um. No caso da CM prática/funcional, é oferecida uma variedade finita de opções, contemplando algumas necessidades dos clientes e é marcada pelo envolvimento do usuário nas fases de fabricação e montagem. Essa última estratégia é voltada a um mercado de alguns indivíduos, ou seja, segmentado.

Segundo Barman e Canizares (2015), o principal objetivo da estratégia de CM é combinar os baixos custos unitários presentes no processo de produção em massa com a flexibilidade da customização individual. A customização em massa permite, ainda, que os clientes interajam diretamente com o fabricante durante o tempo em que o produto é projetado e/ou fabricado, fazendo com o que o produtor consiga satisfazer as necessidades e vontades específicas de cada cliente, o que não é possível na fabricação de um produto *standard*.

Além da produção em larga escala e a baixo custo associados à possibilidade da entrega de um produto único, a CM prevê a participação do usuário em alguma etapa do processo da cadeia produtiva, definindo, configurando, combinando ou modificando sua solução individual. Para Piller e Kumar (2006), o fabricante deve interagir com todos os clientes individualmente para obter informações específicas que serão capazes de definir e traduzir as suas necessidades e desejos em especificações do produto, fazendo com que a interação entre o usuário e o fabricante torne a mercadoria um produto de co-criação e co-design. De maneira geral, nos estudos referentes à customização em massa, são poucos os materiais que se aprofundam no entendimento de onde, quando e como o usuário pode customizar o seu produto ou, no contexto da arquitetura, a sua residência (PILLER et al., 2005).

Em um trabalho aprofundado acerca do tema a partir da análise de diversas literaturas, Kaplan e Haenlein (2006) elencam as três principais questões a serem discutidas no contexto da customização em massa, as quais, segundo os autores, são questões fundantes no debate e conceituação da CM: (1) Para quais tipos de

bens, produtos ou serviços, a customização em massa é aplicável? (2) Em qual etapa da cadeia produtiva deve ser dada ao cliente a chance de customizar o seu bem? (3) Os preços dos produtos customizados em massa devem ser próximos aos dos produtos fabricados em massa?

Apesar de autores como Pine (1993) e Zipkin (2001) definirem a CM como um conceito aplicável a produtos e serviços, Kaplan e Haenlein (2006) enfatizam que a CM deve ser limitada a produtos, isso porque a customização em massa se desenvolve historicamente a partir do desejo de integrar o usuário no processo de fabricação de produtos em massa, genéricos, para que o cliente pudesse personalizá-lo e atender às suas preferências e necessidades individuais. No caso do serviço, os autores argumentam que já é inerente a inclusão dos clientes no processo de criação, uma vez que o serviço não pode ser armazenado, precisa ser “consumido” no momento de produção e que o cliente já participa como co-produtor tanto do processo de produção quanto da entrega do serviço. Os autores ressaltam, porém, que é possível customizar um serviço quando este serviço é associado a um produto customizado, como no contexto específico da arquitetura.

Co-produção, colaboração e cooperação são frequentemente utilizados de forma intercambiável para descrever o processo de criação do produto a partir da participação do usuário no processo (KAPLAN; HAENLEIN, 2006). A partir dessa participação, é possível que necessidades e desejos sejam traduzidos em especificações concretas do produto a partir da interação entre cliente e fabricante (ZIPKIN, 2001). Dessa maneira, a participação do usuário na cadeia produtiva deve, de certa forma, alterar o produto em si, o que permite a participação do mesmo nas etapas de design, fabricação e montagem. Isso porque, segundo Kaplan e Haenlein (2006), o produto customizado deve atender a uma necessidade e preferência individual de um determinado cliente específico, sendo produzido por demanda, e depois porque a ideia de CM implica na não criação de um estoque, já que cada cliente é individual, o que exclui uma customização pós-entrega, entendendo que, caso a customização seja feita após a entrega do produto, o item projetado, fabricado e montado seria o mesmo, porém apenas *personalizado* pelo usuário (NOGUCHI, 2004).

Junto ao co-design, o design modular é uma parte essencial da estratégia de CM segundo Piller e Kumar (2006). O sistema de customização em massa é caracterizado por um baixo custo de produção, o que é diretamente associado à

produção em massa e, para atingir esse objetivo, é necessário existir um espaço limitado de soluções, propiciado pelo design modular, tendo todos os processos executados dentro de uma arquitetura fixa de um produto, porém com processos flexíveis e adaptáveis. Para Pine II (2019), a modularidade é a chave para a customização em massa, através da qual é possível atender aos clientes de forma exclusiva, para dar aos consumidores exatamente o que eles desejam a um baixo custo, grandes volumes e eficiência nas operações - segundo o autor, a modularidade pode ser simplificada em módulos + sistemas eficientes de ligação entre esses módulos. Ainda, para Piller e Kumar (2006, p.41, tradução nossa)²

Essa também é a principal diferença entre customização em massa e o convencional sistema de produção artesanal: em um sistema de produção artesanal, não apenas os produtos são projetados sob demanda para cada cliente, mas também os processos de atendimento resultantes. Em um sistema de customização em massa, os processos são fixados dentro de uma determinada faixa: eles são projetados para produzir uma saída limitada a uma certa faixa de especificações representadas por um consequente projeto de produto modular.¹⁸

Com relação ao preço dos produtos, Kaplan e Haenlein (2006) afirmam que na lógica da customização em massa o produto customizado deve ter um preço acessível e próximo ao do mercado de massa: menor, igual ou no máximo com um discreto acréscimo, para que não seja afetada a sensibilidade do cliente na compra do produto.

De maneira sintética, é possível afirmar que para Kaplan e Haenlein (2006) a customização ocorre em produtos e serviços, quando o serviço oferecido é associado à entrega de um produto customizado; que o usuário participa do processo de design, fabricação ou montagem do produto, não sendo considerada como customização uma personalização pós produto entregue; e que o produto tenha valor próximo ao daquele produzido em massa. Nesse sentido, os autores trazem duas definições de customização em massa: a customização em massa “operacional”, equivalente à CM prática/funcional definida por Taube e Hirota (2017), e a customização em massa “visionária”, de nomenclatura equivalente à trazida por

¹⁸ This is also the main difference between mass customization and the conventional craft production system: In a craft production system, not only the products are engineered-to-order for each customer, but so are the resulting fulfillment processes. In a mass customization system, the processes are fixed within a given range: They are designed to yield output limited to a certain range of specifications represented by a consequent modular product design.

Taube e Hirota. A primeira estratégia, CM operacional, agrega valor a partir de uma **interação entre consumidor e fabricante** durante os estágios operacionais de **fabricação e montagem**, a fim de criar produtos customizados **com custos de produção e valor similares aos custos da produção em massa**. A CM visionária, por sua vez, é definida como uma estratégia que agrega valor a partir de uma **interação entre consumidor e fabricante** durante o estágio operacional de **design** para criar produtos customizados, seguindo uma estratégia híbrida que combine **diferenciação e liderança de custo**, que significa oferecer os produtos com os custos mais baixos possíveis no mercado.

Uma visão mais atual, assertiva e coerente com o contexto deste trabalho, porém, é trazida também por Kaplan e Haenlein (2006) baseada no trabalho de Choi, Stahl e Whinston (1997), que definem a chamada *Customização em Massa Eletrônica*.¹⁹ O segundo grupo de autores fazem a definição a partir da divisão de três componentes de mercado: os “atores” (*players*), que são as pessoas envolvidas no mercado como vendedores, compradores, intermediários e outros; os produtos (*products*) propriamente ditos, incluindo produtos e serviços; e os processos (*process*), que são as interações entre os participantes do mercado (atores), que incluem atividades como escolha, solicitação de compra, customização, produção, pagamento, entrega e consumo.

Em um contexto no qual a internet e os meios digitais, de forma geral, são de fácil acesso e facilitadores de inúmeros processos através da rede, faz-se necessária uma atualização do termo *customização em massa*, já que esta forma de produção é fortemente influenciada por esse contexto digital. Fettermann, Tortorella e Taboada (2019) salientam que os desenvolvimentos tecnológicos ocorridos nos últimos anos tornam a customização em massa uma possibilidade prática, sobretudo graças aos potentes computadores, a internet de alta velocidade e os sofisticados navegadores. Kaplan e Haenlein (2006) definem, então, a *Customização em Massa Eletrônica* como

Customização em massa eletrônica é uma estratégia que cria valor por alguma forma de interação empresa-cliente no estágio de fabricação/montagem no nível de operações, para criar produtos

¹⁹ Customização “eletrônica” é traduzido de “*electronic mass customization*”. Considera-se que, a partir de uma ótica mais contemporânea, “*eletrônico*” poderia ser traduzido por “*digital*” sem alterar o sentido do termo. “*Digital*”, sobretudo no contexto dos processos computacionais de projeto, parece mais apropriado.

customizados com custo de produção e preço monetário semelhantes aos de produtos produzidos em massa, onde pelo menos um das três dimensões do mercado - atores, produto e processo - é digital. (KAPLAN; HAENLEIN, 2006, p. 178, tradução nossa)²⁰

Para essa pesquisa, adotaremos a definição de Kaplan e Haenlein (2006) de customização em massa eletrônica, com a ressalva de que principalmente devido à inserção das tecnologias computacionais contemporâneas, é possível que o usuário participe, também, da fase de design, não sendo esta uma característica atribuída somente à definição da CM visionária. Dessa forma, adota-se a seguinte definição de customização em massa neste trabalho: **a customização em massa é uma estratégia comercial que pressupõe alguma forma de interação entre cliente e fabricante durante as etapas de design, fabricação e/ou montagem, para se criar variabilidade e um produto que atenda individualmente à demanda do cliente, com os custos de produção e de venda similares aos dos produtos produzidos em massa. No contexto contemporâneo, admite-se a presença de interfaces digitais em algumas das etapas (design, fabricação, montagem) ou interações (atores, produtos e processos) presentes na cadeia produtiva.**

Da Silveira, Borenstein e Fogliatto (2001), McCarthy (2004) e Barman e Canizares (2015) indicam as razões para o desenvolvimento de sistemas centrados na CM, apresentando alguns dos motivos que levam as empresas a adotarem a customização em massa enquanto estratégia de negócio: *(i)* mudanças nas expectativas dos clientes, migrando de um mercado relativamente homogêneo (produção em massa), para um mercado muito heterogêneo; *(ii)* a crescente velocidade de mudança de necessidade e vontade dos consumidores associado a uma diminuição do ciclo de vida dos produtos; *(iii)* desenvolvimento e facilidade de acesso a novas estratégias e equipamentos de fabricação, que permitem a fabricação em maior variedade, mantendo custos baixos e alta qualidade; e *(iv)* o entendimento das necessidades específicas dos clientes e necessidades do mercado em geral permitido pelo número crescente de canais de comunicação com o consumidor e posterior desenvolvimento de produtos que atendam à essas demandas.

²⁰ Electronic mass customization is a strategy that creates value by some form of company– customer interaction at the fabrication/assembly stage of the operations level to create customized products with production cost and monetary price similar to those of mass-produced products, where at least one of the three market dimensions—player, product, and process—is digital.

É válido ressaltar, porém, que a pluralidade e a quase infinidade de possibilidades de escolhas diante de uma lógica de customização em massa é uma das problemáticas a serem superadas no momento de se pensar a interação com o usuário e o sistema que será desenvolvido para o design de determinado produto. Se o mesmo possui uma infinidade de escolhas, qual é aquela que mais se adequa aos seus desejos e às suas necessidades? Como é possível controlar e avaliar a qualidade de um design pensado a partir de uma lógica de customização em massa? O usuário é capaz de, sozinho, efetuar e avaliar a sua própria escolha sem o auxílio de um profissional? Essa possível dificuldade do usuário em lidar com uma extensa gama de opções é chamada de *Mass Confusion* no contexto da customização em massa.

Mass confusion é o termo utilizado para descrever as desvantagens sofridas pelo consumidor em um processo de interação de customização em massa causado, principalmente, pelo grande número de soluções possíveis para um único produto e a dificuldade de escolha do melhor resultado. Piller et al. (2005) identificaram três categorias de problemas distintos, ilustrando a *mass confusion* na perspectiva dos clientes: 1) *Carga de escolha*, no qual o usuário fica indeciso com o número de opções disponíveis tendo, como consequência, a opção do usuário pelo produto padrão ou, até mesmo, a desistência na aquisição do mesmo; 2) *Combinação de necessidades com especificações do produto*, onde o usuário não possui conhecimento e habilidade para fazer uma escolha adequada, não conseguindo traduzir a sua demanda em uma especificação concreta do produto; e 3) *Lacuna de informação sobre o comportamento do fabricante*, que significa que os consumidores não têm certeza sobre o comportamento do vendedor ao comprarem um produto que nunca viram, já que o mesmo é customizado.

Serão vistas, posteriormente, possíveis estratégias para a estrutura organizacional de uma empresa que pretende implementar a customização em massa. Uma dessas estratégias é garantir a satisfação do usuário, pensar em soluções e interfaces fáceis e dinâmicas para serem escolhidas e manipuladas, por vezes até mesmo disponibilizar um profissional para auxiliar o cliente no momento de escolha e saber qual é a opção mais adequada para a sua necessidade. Ações como essas visam impedir a lógica da *mass confusion* nesse contexto.

Em estudo recente, Zhao et al. (2019) buscam investigar as razões pelas quais os clientes não compram produtos customizados em massa online. Este

estudo, embora embrionário, nos permite observar uma tendência de mercado fundamentada na CM através de marcas conhecidas mundialmente. Através da seleção de dois sites que oferecem produtos customizados, foram escolhidos alguns possíveis compradores para serem observadas as suas experiências. Foi possível verificar através do estudo que o preço do produto, a liberdade de design, a qualidade de informação dos sites, a apresentação visual dos produtos e as preferências individuais são fatores que influenciam na intenção de compra do cliente. Verificou-se, também, que o preço é uma importante variável na tomada de decisão para a compra ou não do produto. O design do site - ou interface - desempenha um papel significativo no auxílio aos clientes para a decisão de compra: os consumidores são mais propensos a comprar produtos de um site que tenha informações claras e suficientes e que forneça uma visão 3D completa do produto. Uma outra variável importante, finalmente, é a diferença entre empresas recentes e as já bem estabelecidas no mercado. As últimas, na grande maioria das vezes, são preferidas pelos clientes.

De maneira sintética, a customização em massa se utiliza das demandas específicas dos consumidores para criar valor em vez de tratar a heterogeneidade como um problema a ser evitado. Do ponto de vista da indústria, a CM permite que essa interação com o cliente possibilite a criação de um estoque de informações de mercado e estabelece uma fidelidade do cliente com a empresa. O potencial econômico, a oportunidade de resolver certas questões sociais e de mercado e o desafio técnico envolvido significam que a customização em massa estimulou o interesse por parte de diversas indústrias em todo o mundo e surgiu como um tema de pesquisa *mainstream* nos últimos anos (BENROS; DUARTE, 2009).

A partir de algumas conceituações trazidas da customização em massa, a caracterização formal da definição a ser adotada neste trabalho, além de algumas ideias gerais que orbitam a lógica da CM, faz-se necessário entender os procedimentos e estratégias organizacionais que viabilizam a implementação da customização em alguma organização. Este entendimento permite compreender de forma mais aprofundada potencialidades e, principalmente, os desafios a serem superados pelas empresas que pretendem implementar a CM.

3.2.1. Estratégias de Implementação e Classificações

Alguns autores nos trazem estratégias de implementação e classificações possíveis para a customização em massa. A partir das estratégias é possível observar os elementos fundamentais para a implementação da CM enquanto sistema de mercado e as classificações buscam apresentar os tipos de customizações existentes, principalmente a partir de uma perspectiva da participação do cliente em determinadas etapas da cadeia de produção.

Hart (1995), inicialmente, apresenta o que é considerado por ele os quatro pilares principais da customização em massa. O primeiro pilar, **sensibilidade de personalização do cliente**, busca avaliar se o cliente precisa, de fato, de um produto ou serviço customizado e, mais do que isso, pretende assegurar que o cliente não se sinta frustrado na experiência de compra, sobretudo por estar exposto a um extenso número de opções a serem selecionadas. O segundo pilar, **amabilidade do processo**, é dividido em outras quatro categorias: *facilitadores*, entendidos como os componentes responsáveis por reorganizar as tecnologias e os processos internos para atenderem às demandas da customização em massa; o *marketing*, responsável por engajar um relacionamento entre empresa e cliente para entender e atender à real necessidade dos consumidores; o *design*, responsável por certificar-se de que a equipe de projeto têm acesso às informações sobre as necessidades individuais dos clientes e se tem capacidade de atender a essas necessidades; e *produção e distribuição*, que lida com a parte operacional de fabricação, montagem e distribuição dos elementos fabricados. O terceiro pilar, **contexto competitivo**, é responsável por averiguar no mercado se a competitividade da empresa, ao adotar a customização em massa, aumentaria ou diminuiria diante dos concorrentes. O quarto pilar, **prontidão organizacional**, deve avaliar atitudes, cultura e recursos organizacionais, ajustando e alinhando as oportunidades de negócio com a capacidade da empresa em aproveitar essas oportunidades.

Zipkin (2001), por sua vez, apresenta três processos chaves necessários às indústrias para a implementação da customização em massa: A primeira é a **elicitación**, definida como o mecanismo de interação entre o cliente e a empresa para obtenção de informações específicas, a fim de determinar as necessidades individuais do cliente para entregar um produto ou serviço que atenda exatamente à

sua expectativa. A segunda, **flexibilidade do processo**, pressupõe um processo de fabricação flexível, caso contrário o produto final será um produto padrão e com poucas possibilidades de customização. Algumas das estratégias mais comuns usadas para aumentar a flexibilidade do processo são o design modular, a manufatura enxuta e os sistemas CAD/CAM. A terceira, **logística**, diz respeito ao gerenciamento de todos os recursos de forma eficiente, incluindo o abastecimento adequado de matérias-primas e seu armazenamento, o fluxo de informações ao longo de todo o processo de produção, embalagem, armazenamento e entrega de produtos.

Salvador, De Holan e Piller (2009) trazem as capacidades fundamentais necessárias a qualquer indústria para a efetivação da CM, similar às apresentadas por Zipkin (2001): **(i) desenvolvimento do espaço de solução**, o que permite identificar quais os atributos requerem a diferenciação ou em quais necessidades os clientes divergem; **(ii) processo de projeto robusto**, que permite reutilizar ou recombinar recursos organizacionais da cadeia de valor existente para cumprir uma demanda de necessidades diferenciadas dos clientes; e **(iii) navegação de escolha**, na qual a indústria é capaz de ajudar o consumidor a identificar e criar as suas próprias soluções, ao mesmo tempo em que minimiza a complexidade da escolha e a responsabilidade por ela.

Fettermann, Tortorella e Taboada (2019) fazem uma síntese, a partir de uma extensa investigação de literatura referente à customização em massa, das cinco etapas que orientam o processo de customização em massa dentro de uma empresa e a ordem de ocorrência das mesmas:

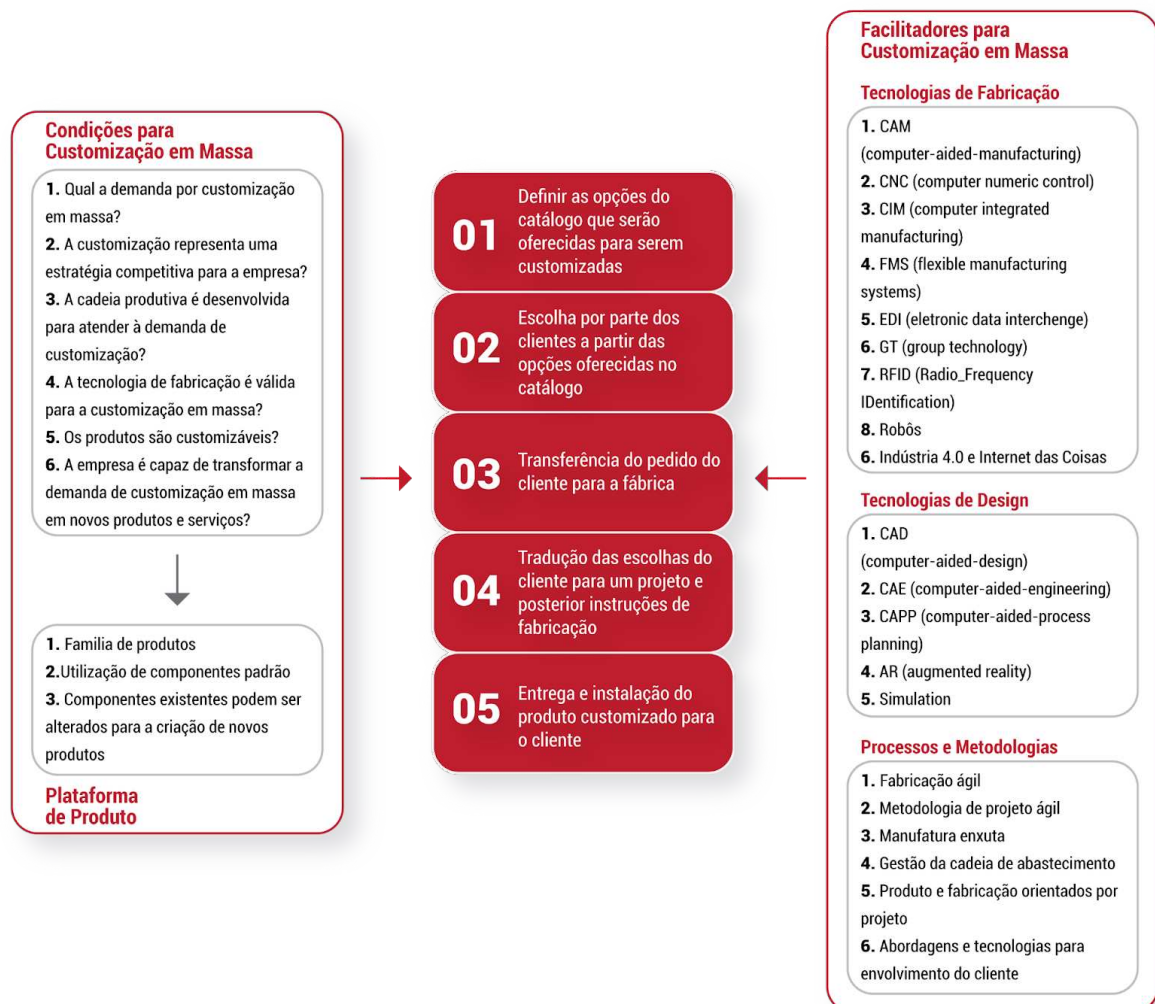
- 1) Determinação das opções que serão oferecidas para a personalização**, verificando a necessidade de customização do produto, a possibilidade de customizá-lo e a disponibilidade de tecnologia e logística para as atividades de produção;
- 2) Mapeamento das necessidades dos clientes e tradução dessas necessidades** em produtos personalizados. Sugere-se que esta etapa seja realizada com a ajuda de um projetista, capaz de apoiar o cliente durante a execução do projeto do produto customizado;
- 3) Transferência das opções de personalização** de desde o ponto de venda até a produção propriamente dita;

4) Transformação das expectativas de produção em instruções a partir da etapa anterior, auxiliado por ferramentas como as tecnologias CAD/CAM e o sistema de manufatura flexível;

5) Entrega e utilização do produto pelo usuário encerra as etapas da cadeia produtiva na lógica da customização em massa.

De maneira sintética, Fettermann, Tortorella e Taboada (2019) apresentam um mapeamento de uma interface entre cliente e produção para um produto customizado, apresentado a seguir:

Figura 23: Mapeamento da interface entre cliente e produção para um produto customizável.



Fonte: Autor, adaptado de Fettermann, Tortorella e Taboada (2019)

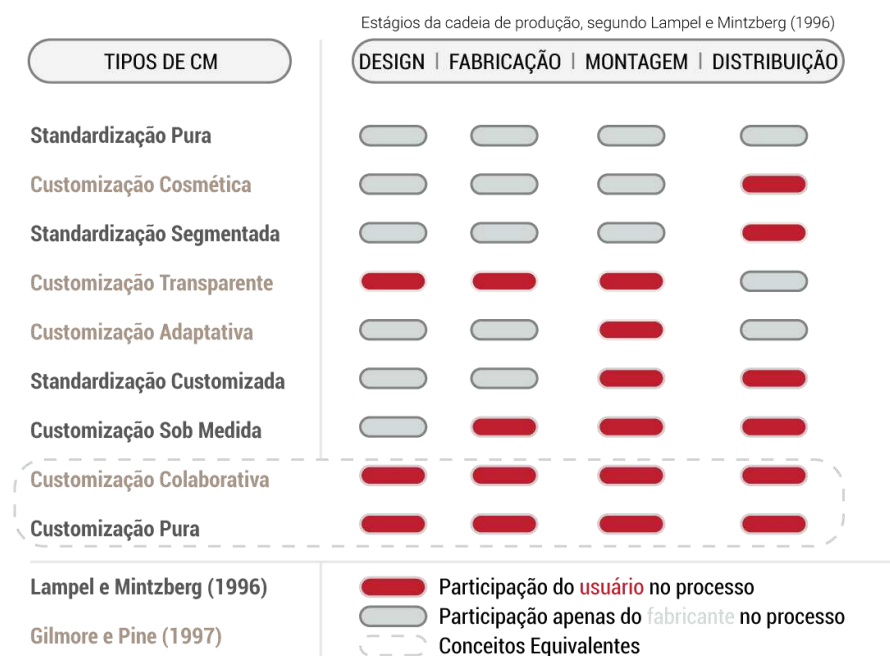
O diagrama apresenta os elementos necessários para possibilitar a customização em massa dentro de uma empresa. As “Condições para Customização em Massa” são as questões iniciais que buscam verificar a viabilidade de aplicação da CM dentro de uma empresa. As características de “Plataforma do Produto” dizem respeito às propriedades que o produto deve ter para ser passível de customização em massa. Em “Facilitadores para Customização em Massa” são apresentados componentes que, de certa forma, viabilizam a efetivação da customização em massa a partir de 3 eixos principais: tecnologias de fabricação, tecnologias de design e metodologias e processos internos. Ao centro, é possível verificar os 5 passos a serem seguidos pela empresa para a consolidação de um processo de customização em massa, como apresentado anteriormente.

Apoiado nos direcionamentos apresentados para a implementação da customização em massa que alteram toda a dinâmica da cadeia produtiva de uma empresa, alguns autores se debruçam numa discussão que pretende classificar os tipos de customização em massa. Essas classificações buscam investigar, principalmente, em que etapa da cadeia produtiva o usuário participa do processo e o quanto um produto é, ou não, customizado. A fim de definir e classificar os estágios da produção em massa até a customização em massa, Lampel e Mintzberg (1996) categorizam essas formas de produção considerando o escopo da cadeia produtiva e a participação dos usuários nesse processo: a (i) *standardização pura* diz respeito àquela forma de produção em que o usuário não participa de parte alguma na cadeia produtiva, não tendo influência no design, nem na fabricação e nem na montagem do produto; na (ii) *standardização segmentada* existe um produto base único que sofre pequenas alterações para atender a um grupo maior de consumidores, o que significa que a escolha não é individual e a gama de possibilidades de alteração é limitada, com o usuário participando, apenas, da distribuição do produto; na (iii) *standardização customizada* os produtos são feitos sob encomenda a partir de componentes padronizados, ou seja, com a montagem customizada, porém limitada pela variedade de componentes disponíveis; na (iv) *customização sob medida* a empresa apresenta o protótipo de um produto que poderá ser adaptado ou ajustado aos desejos do cliente, com a customização funcionando no estágio de fabricação; finalmente, na (v) *customização pura*, design, fabricação, montagem e distribuição são amplamente personalizados.

Assim como Lampel e Mintzberg, Gilmore e Pine II (1997) buscam classificar a customização em massa enquanto forma de produção e tentam identificar, em uma cadeia de produção, onde e quando um produto ou serviço pode ser, de fato, customizado. Os autores dividem a customização em massa em quatro categorias: a (i) *customização cosmética*, que se refere apenas à apresentação do produto, onde o usuário pode adquirir determinado item com a sua embalagem personalizada; na (ii) *customização transparente* a empresa fornece aos clientes produtos ou serviços exclusivos sem que eles saibam explicitamente que esses produtos ou serviços foram personalizados para eles; na (iii) *customização adaptativa*, o usuário não altera o produto, porém o produto oferece a possibilidade de ser customizado no momento de uso para atender a uma demanda específica do usuário; finalmente, na (iv) *customização colaborativa*, o usuário pode alterar o produto propriamente dito, customizando todas as etapas de produção relacionadas à fabricação daquele determinado item.

Abaixo, apresenta-se um diagrama-síntese através do qual é possível entender o nível de participação do usuário na cadeia produtiva customizável através das visões de Lampel e Mintzberg (1996) e Gilmore e Pine (1997).

Figura 24: Diagrama que sobrepõe as classificações da Customização em Massa segundo Lampel e Mintzberg (1996) e Gilmore e Pine (1997)



Através do diagrama, é possível observar que na grande maioria dos tipos de customização o usuário participa de alguma etapa do processo, com exceção da “standardização pura” que, de fato, não é um tipo de customização. “Customização Colaborativa” de Gilmore e Pine e “Customização Pura” de Lampel e Mintzberg são conceitos equivalentes, envolvendo o usuário de maneira correspondente na cadeia de produção. A partir da discussão trazida e baseado, principalmente, na definição Kaplan e Haenlein (2006) para customização em massa e também na definição adotada por esta pesquisa, considerando que as tecnologias contemporâneas permitem a participação do usuário em qualquer etapa da cadeia de produção, consideram-se válidas apenas as duas últimas tipologias como práticas de customização em massa, de fato - Customização Colaborativa (GILMORE; PINE, 1997) e Customização Pura (LAMPEL; MINTZBERG, 1996). Como será visto posteriormente, autores como Kolarevic e Duarte (2019) concordam que a CM só se estabelece, efetivamente, com o usuário participando de todas as etapas da cadeia, a começar no momento de design/projeto.

Buscou-se, até aqui, apresentar um panorama e um entendimento gerais do estado-da-arte da customização em massa enquanto conceito de estratégia de mercado. Esse conceito pode ser aplicado, via de regra, a quaisquer produtos ou serviços que tenham demandas de produção variável em escala industrial, sem exceção. Sobre a “demanda”, no contexto da CM, é fundamental que exista uma real necessidade de diferenciação por parte dos usuários para que a customização consiga ser uma estratégia sustentável e, até mesmo, rentável para as organizações. A seguir, continua-se a discussão de customização em massa, porém agora contextualizada no âmbito da AEC, com foco no campo da arquitetura.

3.3. Customização em Massa em Arquitetura: a necessidade de variabilidade

Como mencionado anteriormente por Hart (1995), Zipkin (2001), Salvador, De Holan e Piller (2009) e Fettermann, Tortorella e Taboada (2019), um dos passos primordiais para a implementação da Customização em Massa (CM) enquanto estratégia de mercado e, conseqüentemente, a adequação de toda uma cadeia produtiva para esse lógica, é verificar se, de fato, determinado produto ou serviço precisa ser customizado. Nesse sentido, de maneira sintética, é necessário verificar se há a necessidade de variabilidade em determinado produto ou serviço para atender a demandas distintas.

Em paralelo à discussão contemporânea da customização em massa, é necessário destacar que, até hoje, muito do que é produzido de habitação, sobretudo a coletiva, baseia-se numa lógica modernista, porém ainda pouco industrializada, ancorada a uma lógica de produção em massa e seriada, explorada por arquitetos do século XX como Le Corbusier e Walter Gropius. Como exemplo, é possível citar os conjuntos habitacionais Torten, de Walter Gropius, na Alemanha, e o Pessac, de Le Corbusier, na França, ambos projetados na década de 1920 e apontados com os primeiros exemplares de produção em massa de habitação a partir de tecnologias construtivas standardizadas.

O sistema industrial de padronização foi desenvolvido por Henry Ford para a produção do Ford T. em 1910, com o intuito de padronizar componentes e sistematizar processos tendo, como consequência, uma redução considerável dos custos de produção (BENROS; DUARTE, 2009). O sucesso da ideia de Ford, chamada posteriormente de *Fordismo*, foi adotada por outras indústrias, como a da construção civil, e pode ser caracterizada, segundo Barman e Canizares (2015), através dos seguintes princípios: peças intercambiáveis, máquinas especializadas, eficiência do processo, divisão do trabalho, fluxo de trabalho contínuo, foco em custos e preços baixos, economias de escala, padronização do produto, grau de especialização, foco na eficiência operacional, organização hierárquica entre os profissionais e integração vertical.

De fato, essa lógica de padronização fazia muito sentido em um contexto pós Segunda Guerra Mundial que, sobretudo por conta da reconstrução dos países europeus no pós-guerra e o aumento do número de famílias norte-americanas com a volta dos soldados da guerra, demandava um elevado número de novas habitações. *Necessidade e alta demanda* por moradia após a Segunda Guerra fez com que arquitetos e construtores dependessem de economias de produção de outras indústrias, tendo a realidade econômica como a verdadeira razão da aplicação de métodos industriais de economia e produção em larga escala no setor imobiliário (KHALILI-ARAGHI; KOLAREVIC, 2016). Um exemplo clássico de habitações construídas com a finalidade de atender ao déficit habitacional nesse contexto é a Levittown, um bairro construído em Nova York, no ano de 1947, para atender à demanda dos soldados que retornavam ao país após a Segunda Guerra Mundial. Para este empreendimento, Levitt, seu pai e irmão, construtores norte-americanos, adaptaram o sistema fordista para a construção civil com um processo composto por

27 etapas, as quais eram repetidas de casa em casa. Com uma tipologia residencial padrão, no auge da operação, eram finalizadas até 36 residências por dia e a estimativa é que fossem produzidas - ou fabricadas - 17 mil habitações independentes.

Figura 25: Levittown, Long Island, NY



Fonte: Mark Mathosian²¹

Na década de 1960, porém, a excessiva monotonia das habitações produzidas em massa abriu espaço para se pensar novos métodos de projeto e produção que permitissem a participação do usuário e, principalmente, uma maior diversidade de soluções. Um exemplo clássico desse novo paradigma é a Teoria dos Suportes, desenvolvida por John Habraken e já mencionada neste trabalho.

Na década de 1970 emergiu um novo paradigma no setor automotivo, fomentado por uma sociedade obcecada pelo consumismo individual e que, paulatinamente, ia superando o paradigma de produção em massa iniciado por Ford. O *Toyotismo*, instituído pela automobilística Toyota, pressupunha uma produção

²¹ Disponível em: <<https://www.planetizen.com/definition/levittown>>. Acesso em: 27 dez. de 2022.

enxuta, visando reduzir o tempo e o custo da produção, evitando o desperdício existente na produção em série. Este sistema baseava-se numa produção *Just in Time*, que diminuía a necessidade de espaços de armazenamento, já que não se criava estoque, além de colocar o cliente em contato direto com a fábrica para solicitação do seu pedido. As equipes e as formas de trabalho foram, também, alteradas para um modelo no qual as equipes se reuniam em torno de um objeto e executavam todas as operações necessárias, de maneira variada e não repetitiva. Todo esse novo sistema permitia, principalmente, níveis mais elevados de personalização, já que a satisfação do cliente já não dependia mais de estoques existentes (BENROS; DUARTE, 2009).

Aliado ao desenvolvimento do *Toyotismo*, associado a mudanças sociais e econômicas, além do desenvolvimento de diversas tecnologias, como os computadores e a internet, a customização em massa encontrou solo fértil nos recentes sistemas de mercado e emergiu a partir desse novo contexto. Benros e Duarte (2009) salientam, porém, que diferente de outras indústrias que gradualmente evoluíram do *Toyotismo* para a CM, a indústria da construção civil ainda preserva processos antigos, sendo lenta na adoção da customização.

A indústria da construção civil, como mencionado por Larsen et al. (2019), é caracterizada por um longo e trabalhoso processo de construção, o que pressupõe uma baixa adesão a processos industrializados, mesmo que estes tenham sido utilizados, ainda, na década de 1920, como nos projetos de Gropius e Le Corbusier. Ainda, segundo Taube e Hirota (2017) baseado nos trabalhos de Bonatto, Miron e Formoso (2011), Ciufollini e Shimbo (2013), Lima, Formoso e Echeveste (2011) e Brito, Formoso e Echeveste (2011), a adoção de projetos-padrão em empreendimentos habitacionais de interesse social no Brasil produzidos segundo a lógica da produção em massa, possui elevados resultados de insatisfação por parte dos usuários. Salienta-se, porém, que tal insatisfação pode ser verificada, também, em habitações coletivas de maneira geral, não só as de interesse social. O que acontece é que, no caso de habitações coletivas convencionais como prédios de apartamentos verticalizados, ou são oferecidas, ainda que poucas, opções para que o cliente possa escolher, delimitando a sua escolha através de um catálogo, ou, dependendo da condição financeira do cliente, ele consegue reformar e adaptar a sua moradia de acordo com a sua necessidade. Isso não exclui, portanto, a insatisfação por parte do cliente por causa de uma habitação padronizada. Brandão

(2011) afirma que muitas das unidades habitacionais entregues não atendem à diversidade de necessidades dos usuários, fazendo com que o mesmo precise modificar a sua habitação. Muitas vezes, ainda, essas tipologias-padrão não são desenvolvidas prevendo tais intervenções, o que dificulta ainda mais o processo.

Diante do cenário de insucesso das tipologias-padrão de habitações no contexto contemporâneo, da necessidade de diversidade de soluções por parte dos usuários, associados a uma pressão do mercado pelo aumento de qualidade, eficiência, conforto e sustentabilidade das edificações, a customização em massa aparece como uma oportunidade de se utilizar das novas tecnologias e interfaces de relacionamento com o cliente para oferecer habitações de qualidade a um custo acessível (PIROOZ FAR; PILLER, 2013).

Apesar de o projeto de habitações oferecer um cenário ideal para desenvolvimento de uma produção criativa e diferenciada, a realidade ainda se mantém distante dessa situação. Segundo Avalone e Fettermann (2020), as empresas de engenharia e construção do Brasil possuem equipes muito reduzidas, com empreendimentos executados através da montagem *in loco*, com base numa produção linear, hierárquica e centralizada. Por causa dessa lógica de produção, as empresas adotam uma postura mais conservadora e que evita o envolvimento do cliente nas decisões. Se estabelece, como consequência disso, um estoque de imóveis-padrão sobre os quais os ocupantes são forçados a realizar reformas para adequá-los aos seus desejos e necessidades.

Baseado no que foi apresentado acima, é possível afirmar que a indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção possui uma demanda real de diversificação da sua produção, colocando a customização em massa como um caminho possível para a facilitação desse processo de entrega de produtos e serviços variados. As metodologias tradicionais de projeto para habitações em massa conservam uma solução convencional de conceber um número limitado de tipologias de soluções e depois repetí-las a partir de uma análise de mercado, isso porque o projetista não pode projetar individualmente cada habitação, devido à quantidade de informações as quais ele teria que processar, e porque as técnicas convencionais de fabricação exigem repetição para reduzir custos. A customização em massa se coloca, justamente, como uma possível solução que pretende trazer uma resposta a essas questões, ancorando-se, principalmente, nas recentes tecnologias tanto de projeto quanto de fabricação.

3.4. Tecnologias Associadas à customização em Massa em Arquitetura

Graças ao avanço do design computacional e da fabricação digital nos últimos anos, a relação entre a arquitetura e a produção industrial está sendo rapidamente reformulada. Manufatura Inteligente, Prototipagem, Projeto Computacional, Projeto Paramétrico, Modelagem da Informação da Construção (BIM), são exemplos das tecnologias que estão ancorados em um processo *file-to-factory*, suscitando um ambiente que envolve colaborações interdisciplinares e níveis mais elevados de interação entre os processos da construção civil. Através dessas tecnologias, é possível automatizar o projeto e seus processos, incluindo os de fabricação, usando algoritmos capazes de lidar com uma extensa quantidade de informações heterogêneas e otimizando tais processos (BIANCONI; FILIPPUCCI; BUFFI, 2019).

Especificamente sobre a customização em massa em arquitetura, Kolarevic e Duarte (2019) afirmam que o design paramétrico e a fabricação digital são as bases tecnológicas para a lógica da CM. Segundo os autores, através do design paramétrico, é possível executar variações topológicas e dimensionais, variação de atributos de forma, materiais, cores e texturas de maneira geral. Dependendo dos sistemas escolhidos para estrutura, divisórias e envoltórias, esses componentes podem ser fabricados digitalmente, com diferentes graus de automação, vislumbrando, até mesmo, uma montagem robótica desses elementos. Através dessas bases tecnológicas, seria possível projetar casas únicas e personalizadas.

Graças ao design paramétrico e à fabricação digital, agora é possível a produção em massa não padronizada, altamente diferenciada, de diversos produtos, desde sapatos e talheres, até móveis e componentes de construção e, agora, até casas. A variedade já não compromete a eficiência e a economia de produção. Além disso, as definições paramétricas dos produtos são disponibilizadas via sites interativos, através dos quais, qualquer pessoa, poderia projetar as suas próprias versões de um produto exclusivo. (KOLAREVIC; DUARTE, 2019, p. 2, tradução nossa).²²

As tecnologias e os processos envolvidos na customização em massa se baseiam em *processos computacionais de projeto*, termo guarda-chuva que designa

²² Thanks to parametric design and digital fabrication, it is now possible to mass-produce non-standard, highly differentiated products, from shoes and tableware to furniture and building components, and now even houses. Variety no longer compromises the efficiency and economy of production. Furthermore, parametric definitions of products' geometry are made accessible via interactive websites to anyone, who could then design their own, unique versions of the product.

um grande conjunto de processos feitos através do uso de computadores. Para além de utilizar o computador como uma “prancheta digital” apenas ou para fins exclusivos de representação, o processo de projeto computacional - ou *computational design (CD)*, em inglês - tira proveito das vantagens e capacidades computacionais, através das seguintes atividades: a) automatização de certos procedimentos de projeto; b) coloca em paralelo tarefas de projeto e gerencia com eficiência grandes quantidades de informações; c) incorpora e propaga mudanças de forma rápida e flexível do projeto; e d) auxilia designers nos processos gerando feedbacks automatizados (CAETANO; SANTOS; LEITÃO, 2020). O uso de processos baseados em CD, até mesmo pelo seu caráter interdisciplinar, muitas vezes requer conhecimentos especializados dos projetistas, forçando os mesmos a adquirirem conhecimentos de outras áreas. Na Arquitetura, especificamente no caso do design algorítmico-paramétrico, é muito comum que os arquitetos lidem com a linguagem de programação, pouco comum nos processos mais convencionais de projeto.

Como escrito por Caetano, Santos e Leitão (2020), onde os autores baseiam-se no estudo da evolução histórica dos termos e na análise de diferentes definições, existe uma grande incongruência nas conceituações dos termos de variados processos dentro do CD, o que inclui o design paramétrico, mencionado por Kolarevic e Duarte (2019) como uma das bases tecnológicas da CM. Com o intuito de trazer uma definição mais assertiva e um melhor entendimento sobre as tecnologias envolvidas na CM dentro da arquitetura, a seguir, serão definidos os conceitos de design paramétrico e fabricação digital.

1) Design Paramétrico

Pode ser sintetizado, segundo Caetano, Santos e Leitão (2020), como um processo baseado no pensamento algorítmico e que usa parâmetros e regras para restringi-los. Também se relaciona ao *BIM (Building Information Modeling)*, ao passo que este se utiliza de conceitos paramétricos de geometria associativa e relações topológicas, o que estabelece uma dependência entre diferentes elementos de projeto. Para Oxman (2017), a geometria associativa é uma condição necessária ao design paramétrico. A geometria associativa indica que diferentes partes do modelo devem ser interdependentes, o que determina que a mudança em uma parte se estende

para outras partes do modelo. Como sugerem Bianconi, Filippucci e Buffi (2019), a abordagem paramétrica só é possível graças às técnicas atuais de manufatura, como a *CAM (Computer Assisted Manufacturing)*. Nesse sentido, enquanto o projetista pode experimentar infinitas possibilidades de projeto, a linha de montagem permite criar milhares de variações de um mesmo produto, dando ao designer um alto grau de liberdade no momento de projeto.

2) Fabricação Digital

A fabricação digital situa-se em um contexto de alteração da fabricação convencional, entendida como aquela destinada a produzir cópias idênticas de um mesmo produto, para sistemas que são adaptáveis para produzir um grande número de resultados diferentes. Esse novo sistema só é possível graças aos avanços das técnicas CAD - Computer Aided Design - nos processos de projeto e CAM - Computer Aided Design Manufacturing - nos processos de fabricação. Esses novos métodos de produção são controlados por computador, o que significa que a informação pode ser transferida direto de um computador para a produção, sem a interferência humana. Segundo Celani e Pupo (2008), os métodos automatizados podem ser utilizados com o intuito de produzir protótipos, ou seja, modelos de avaliação, ou para a produção de produtos finais, como componentes para serem empregados na obra. Os métodos automatizados podem ser, ainda, classificados como *sistema subtrativo*, quando um bloco de material é desbastado automaticamente por fresas em diversas direções; *sistema formativo*, entendido como um molde versátil adaptável que permite dobrar e encurvar chapas de aço, por exemplo, a partir de um modelo digital; e o *sistema aditivo*, que pressupõe uma sobreposição de determinado filamento, camada por camada, até que o objeto tridimensional seja formado, através de uma impressora 3D, por exemplo. As cortadoras a jato d'água, cortadoras a laser e diversos outros equipamentos *CNC (Computer Numeric Control)* ainda são outros métodos de produção digital que não se enquadram nesses sistemas e são, em geral, chamados genericamente de sistemas de fabricação digital.

O design paramétrico, definido como um processo de projeto computacional, e a fabricação digital permitem a prática da customização em massa sob dois

aspectos distintos e complementares. O primeiro, o design paramétrico, permite que o projetista experimente e obtenha inúmeras soluções diferentes graças à facilidade oferecida pelos softwares de projeto. O extenso número de soluções possíveis de projeto consegue atender a qualquer demanda de variabilidade por parte dos clientes sem comprometer a cadeia produtiva sob nenhum aspecto, o que seria praticamente impossível em um processo de projeto mais convencional. Sendo assim, através das ferramentas computacionais, é possível atingir um número praticamente infinito de soluções variadas, algo totalmente inviável através do processo convencional de projeto, no qual o profissional arquiteto é responsável por projetar solução por solução. Como mencionado por Kolarevic e Duarte (2019), tais variações podem ser de ordem topológica, dimensional, formal, material, de cores e texturas. Essa ideia se aproxima daquela explorada no Open Building, por exemplo, onde apesar de serem oferecidas soluções variadas, o arquiteto ainda era o responsável por oferecer, sem a ajuda de computadores, as soluções aos usuários - soluções estas que, quando comparadas àquelas auxiliadas pelo computador, são bastante limitadas.

A fabricação digital, para além de oferecer a possibilidade de experimentação para o designer a partir dos protótipos, num cenário ideal permitiria a fabricação dos componentes construtivos de maneira mais fácil e ágil e direto a partir de um modelo tridimensional projetado previamente. Aqui destaca-se, ainda, o caráter *non-standard* dos elementos produzidos através da fabricação digital, que podem ser totalmente diferentes entre si, mas mantendo custos, rapidez e toda a eficiência existente na indústria de produção em massa padrão. No horizonte da fabricação digital, o componente construtivo seria, portanto, pré-fabricado de maneira rápida, eficiente, e pronto para uso, precisando, em alguns casos, apenas ser montado posteriormente. A montagem poderia ser, ainda, feita através de robôs, garantindo eficiência de toda a cadeia produtiva da construção civil.

Para Kolarevic e Duarte (2019), portanto, uma casa customizável em massa deve ser parametricamente definida, projetada interativamente através de um site ou aplicativo que permita a participação do usuário no processo e pré-fabricada digitalmente. Para os autores, esse cenário já é tecnologicamente possível e economicamente viável, porém social e culturalmente questionável.

Como mencionado anteriormente, o design modular é parte fundamental do processo da customização em massa, segundo alguns autores (PILLER; KUMAR,

2016; PINE, 2019), no entendimento da customização em massa enquanto estratégia de mercado para qualquer produto fabricado em massa. No caso específico da arquitetura, porém, Kolarevic (2019a) argumenta que, atualmente, a indústria da construção civil experimenta níveis iniciais de customização em massa através da customização modular, na qual módulos podem ser rearranjados numa variedade predeterminada de configurações, resultando em casas com layouts bastante distintos. Segundo o autor, o mercado ainda não presenciou o surgimento de um projeto interativo residencial no qual toda a geometria geral da casa - o que inclui sua forma, layout, dimensões, organização espacial, além de elementos como portas e janelas - possa ser manipulada. A customização dimensional e geométrica total, apesar de tecnologicamente possível, ainda não é uma realidade de mercado.

Com relação à modularização e as ideias trazidas por Kolarevic (2019a), é perceptível que a customização em massa em arquitetura vislumbra uma customização não-modular. Porém, atualmente, devido a questões de mercado, só é possível ter “níveis iniciais de customização”. Como base de comparação, é possível retomar os conceitos de customização operacional/prática/funcional (KAPLAN; HAENLEIN, 2006; TAUBE; HIROTA, 2017) - que equivale ao estágio inicial atual da CM em arquitetura - e a customização visionária (KAPLAN; HAENLEIN, 2006; TAUBE; HIROTA, 2017), que vislumbraria um horizonte para uma customização em massa não modular. Nesse sentido, é possível afirmar que muito do que é produzido atualmente no campo da arquitetura que envolve a customização em massa é feito através do design modular. Essa ideia será confirmada, mais à frente, nos exemplos práticos trazidos para ilustrar a CM na arquitetura.

Sobre a interatividade presente na customização em massa, pressupõe-se que o cliente explore as variações de projeto utilizando os diferentes parâmetros, incluindo os dimensionais, através de um modelo, o que viabiliza um número infinito de soluções individualizadas que diferem umas das outras, mas permanecendo dentro dos limites definidos anteriormente pelo projetista. Nesse sentido, o projetista se envolve em um “meta-projeto” no qual, em vez de projetar várias soluções distintas ou dispor de um número limitado de opções, ele oferece ao cliente um sistema flexível já embarcado com algumas restrições, porém que permite um número infinito de resultados, através de uma interface interativa com o modelo paramétrico que permite ao cliente projetar a sua casa de maneira individualizada. Esse *metadesign* requer uma abordagem fundamentalmente diferente para o projeto

de como ele é feito tradicionalmente. (KHALILI-ARAGHI e KOLAREVIC, 2016; KOLAREVIC, 2019).

Khalili-Araghi e Kolarevic (2016) alertam, ainda, que do ponto de vista da empresa, a participação do cliente no projeto de casas customizadas apresenta um desafio de validação do projeto, ou seja, garantir que a solução escolhida pelo cliente é a mais viável e adequada para suas necessidades. Devido a essa complexidade, os construtores oferecem informações já filtradas de opções de moradia e preferem limitar a participação do cliente em um nível de apenas seleção de uma solução, isto é, um catálogo. Infere-se que essa validação ou avaliação precisaria ser embarcada já no site ou no aplicativo utilizado pelo cliente para projetar a sua casa customizada, garantindo a sua autonomia no momento de escolha. Para os autores, “nenhuma das empresas de habitação industrializada suporta a personalização ao nível da geometria da habitação” (KHALILI-ARAGHI; KOLAREVIC, 2016, p. 635).

Essa ausência de habitações customizadas na indústria, como ilustrada por Khalili-Araghi e Kolarevic (2016), é facilmente percebida nos poucos exemplos práticos existentes da implementação da CM na habitação, em escala mundial. Em contrapartida, são inúmeros os estudos e experimentações relacionadas à customização em massa desenvolvidos por pesquisadores da área. Como exemplos mais significativos, podemos citar estudos desenvolvidos por Duarte (2001), Benros e Duarte (2009), Taube e Hirota (2017), Veloso, Cenali e Scheeren (2018), Avalone e Fettermann (2020) e diversos outros. Esses estudos buscam abarcar diversas variáveis relacionadas à CM, desde realizar propostas de projeto propriamente ditas experimentadas em habitações existentes, proposições de novas habitações a partir de uma lógica de CM, estudos de pós-ocupação que buscam avaliar possíveis universos para implementação da customização em massa, entre outros.

Para Kolarevic (2021) falta, ainda, na customização em massa em arquitetura, uma personalização da geometria que, segundo ele, não existe ou é ainda muito limitada. Para o autor, já é possível customizar cores, acabamentos e outros materiais, mas a geometria ainda não. Kolarevic (2021) estabelece uma comparação com as “Casas de Catálogo” projetadas na metade do século XX que eram encomendadas e entregues no local para serem finalizadas pelos construtores que, naquele contexto, também permitiam uma “customização” de cores e outros acabamentos, mas não da geometria, igualmente como acontece agora. Segundo

ele, esse cenário se mantém e pode ser justificado pela preferência dos usuários e em que as pessoas se sentem mais confortáveis em customizar por conta própria. Nesse sentido, mudar cores e acabamentos é aceitável para a maioria das pessoas, mas mudar a geometria é completamente diferente. E esse cenário de certa insegurança no momento de customização por parte dos usuários pode residir em um não auto-entendimento desses usuários como *co-designers* dos produtos que pretendem customizar já que no caso da CM, o design é produto de um *co-design*.

Abaixo, serão apresentados alguns exemplos de sistemas desenvolvidos no horizonte da customização em massa. Como dito, como são escassos os exemplos práticos de customização que seguem as bases sugeridas por Kolarevic e Duarte (2019) de uma habitação customizada em massa - parametricamente definida, projetada interativamente através de um site ou aplicativo com a participação do usuário no processo e pré-fabricada digitalmente. Os exemplares encontrados e elencados se aproximam de uma lógica de customização em massa e exploram potencialidades existentes na indústria e no mercado atuais. Nesse sentido, apesar de, teoricamente, não serem modelos de uma customização em massa plena, através dos sistemas e projetos escolhidos como exemplos é possível vislumbrar um horizonte de aplicação dos conceitos de customização em massa nesses casos. Van Stralen (2018) menciona alguns exemplos de sistemas residenciais baseados na customização em massa, como a Hometeka's Chassis House, BluHomes, Hermit Houses e o sistema Resolution: 4 Architecture's (RES4) Prefab Homes, que será apresentado a seguir. Para o desenvolvimento deste trabalho, tentou-se contato com os autores dos outros projetos mencionados acima porém, até a data da conclusão da pesquisa, não obteve-se resposta e, por isso, será apresentado apenas um projeto que vislumbra um horizonte de customização em massa, na prática.

3.5. Projetos baseados na lógica da Customização em Massa

3.5.1. Resolution: 4 Architecture's (RES4) - The Modern Modular

O *Modern Modular* é uma metodologia sistemática de design desenvolvida por Joseph Tanney e Robert Luntz na década de 1990 que pretende alavancar e se apropriar de métodos da pré-fabricação para a construção de casas contemporâneas customizadas. Segundo Tanney (2019), mais que um produto a ser consumido, o *Modern Modular* é uma metodologia de projeto, uma teoria. Essa

metodologia, segundo o autor, parte de uma observação de um descompasso existente entre a vida norte-americana - com fácil acesso a melhores tecnologias e bens de consumo - e um cenário na construção civil no qual tais tecnologias não reverberam nos modos de projetar e executar as moradias.

Essa lacuna existente entre tecnologias de projeto e fabricação e a produção contemporânea de residências de boa qualidade oferece uma oportunidade para os arquitetos repensarem tal dinâmica, neste caso específico, no contexto da produção em massa e da pré-fabricação. O *Modern Modular* pretende superar o que o mercado da construção civil vem experimentando há alguns anos, segundo Tanney (2019): projetos com um alto nível de design, porém com elevada complexidade para ser executado; ou projetos que obtiveram sucesso através de uma fabricação viável e eficiente, sobretudo àqueles referentes à produção em massa, mas que foram limitados pela baixa variabilidade do projeto. Segundo o autor, nenhum desses dois casos conseguiu atingir um custo-benefício relevante para permitir uma residência customizada e de alta qualidade. Nesse sentido, a metodologia não pretende investigar como reinventar o processo de fabricação, mas como é possível projetar através da lógica comercial e industrial vigentes de pré-fabricação residencial.

O sistema *Modern Modular* se baseia em blocos de construção conceituais chamados de *Módulos de Uso*, que incorporam configurações espaciais e organizam os componentes essenciais da vida doméstica contemporânea dentro dos limites dimensionais da indústria modular. Tais blocos são tipologias domésticas autônomas que podem ser arranjadas de diversas formas, por isso são chamados de blocos “conceituais” e não “físicos”, porque, quando combinados, podem formar uma variedade de tipologias habitacionais customizadas.

Baseado em restrições referentes aos regulamentos de transporte rodoviário, às limitações físicas das fábricas de componentes construtivos residenciais pré-fabricados dos Estados Unidos, além da organização dos elementos essenciais do espaço doméstico e seus respectivos pré-dimensionamentos, ficou estabelecido que a largura ideal para o módulo é de 16 pés, o equivalente a 4,85m, e o comprimento podendo variar até 60 pés, o que equivale a 18,25m aproximadamente. Por essência, os Módulos - ou blocos - são elementos lineares, posicionados de maneira adjacente e que contém dentro de si usos comuns e/ou individuais.

Figura 26: Módulos de Uso comum, privado e acessórios

COMMUNAL MODULES OF USE



PRIVATE MODULES OF USE

































ACCESSORY MODULES



Fonte: Tanney (2019)

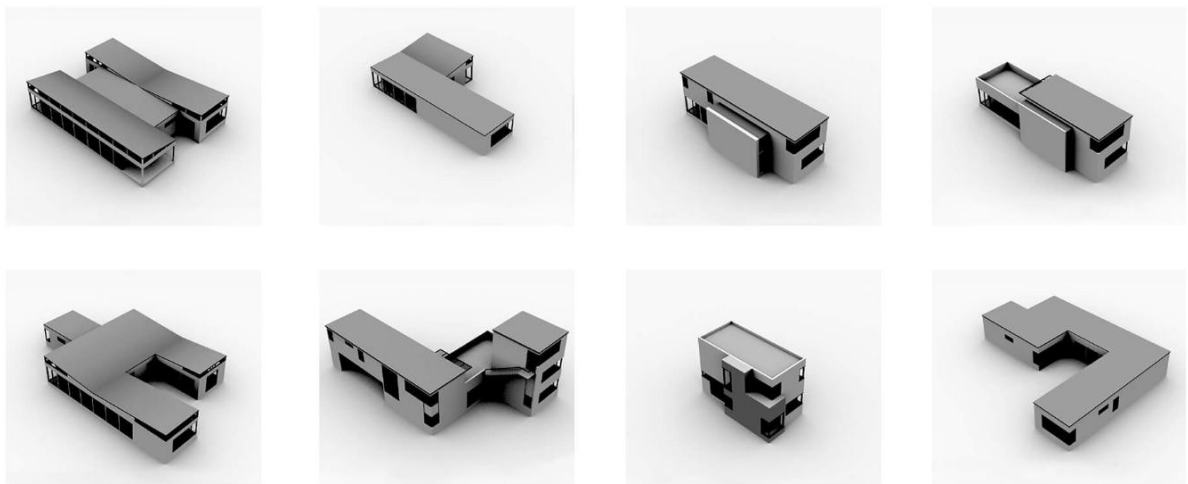
Ao todo, são 7 tipologias básicas de posicionamento dos blocos, com o mais simples sendo a tipologia de barra e largura únicas, com todos os componentes necessários a um residência contidos em um módulo de 16 x 60 pés. Ao passo que o programa de necessidades dos clientes se expande, os módulos podem ser empilhados, alinhados e arranjados de diversas formas, formando tipologias em T, L, Z ou com pátios que definem espaços exteriores. Esses 7 tipos básicos podem ser manipulados através de simples movimentos, como puxar, empurrar e deslizar caixas e esses movimentos podem ser feitos baseados nas especificações do local de implantação, por exemplo, levando em consideração orientação solar, vistas e outras especificações de projeto.

Figura 27: Algumas das tipologias-matriz

	1 MODULE 1000 SF	1.5 MODULES 1500 SF	2 MODULES = 2 FULL LINE SPACES 2000 SF	2.5 MODULES 2500 SF
 SINGLE WIDE SERIES				
 DOUBLE WIDE SERIES				
 T SERIES				
 L SERIES				
 COURTYARD SERIES				
 TRIPLE WIDE SERIES				
 Z SERIES				

Fonte: Tanney (2019)

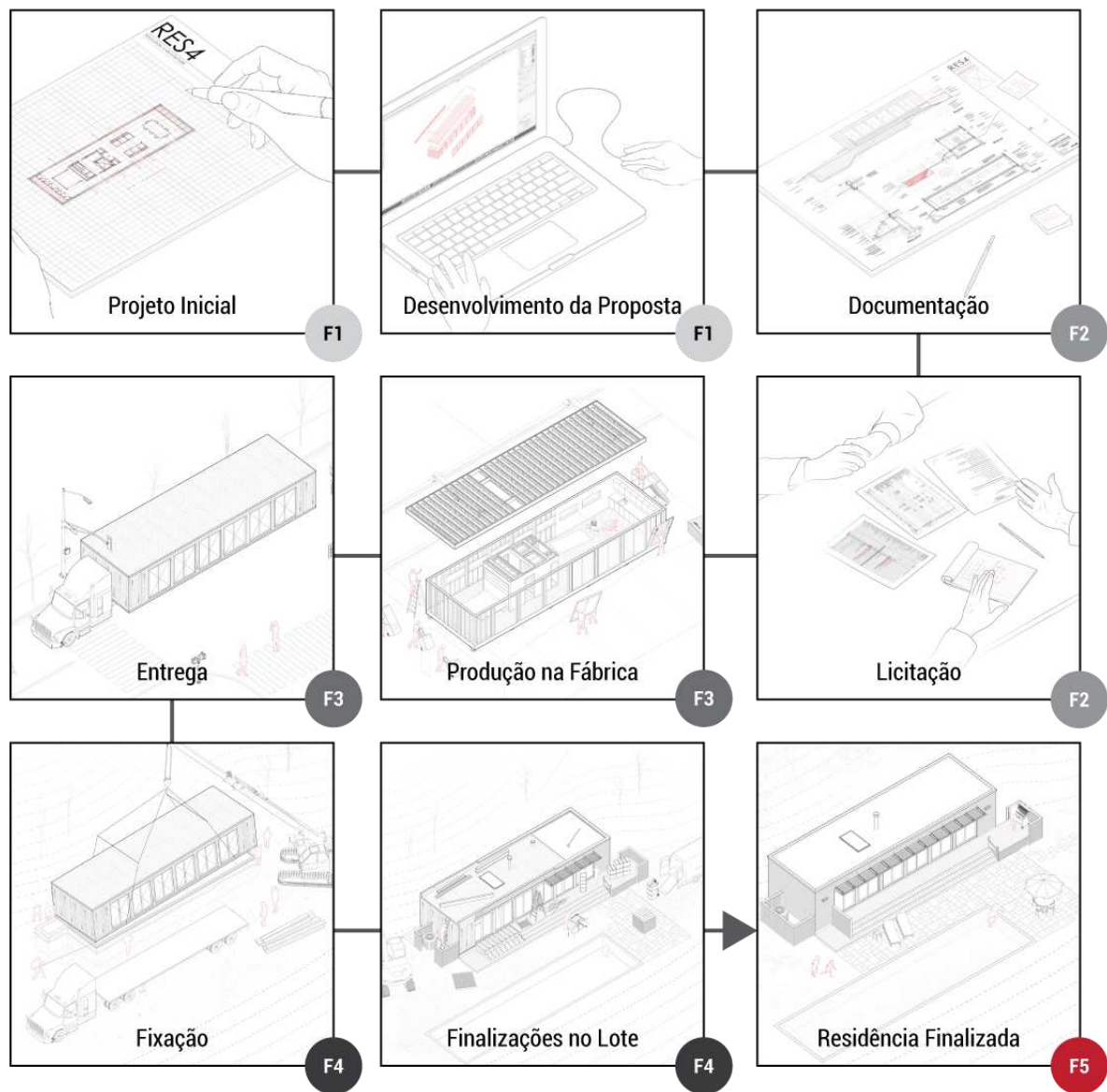
Figura 28: Algumas das tipologias desenvolvidas

Fonte: Site RES4 Resolution: Architecture²³

²³ Disponível em <<https://www.re4a.com/prefab#/the-modern-modular/>>. Acesso em 29 dez. 2022.

O processo do *Modern Modular*, definido como um processo de projeto, documentação e construção, é dividido em 4 fases, apresentadas no diagrama a seguir:

Figura 29: As 4 Fases do processo de projeto *Modern Modular*, subdividido, cada um, em outras duas partes



Fonte: Site RES4 Resolution: Architecture²⁴

A Fase 1 envolve o projeto inicial e a finalização da proposta, ambas as etapas feitas com participação direta do cliente em todas as definições. A Fase 2 se refere à finalização do projeto, com o envolvimento dos engenheiros estruturais e da

²⁴ Disponível em <<https://www.re4a.com/prefab#/the-modern-modular/>>. Acesso em 29 dez. 2022.

equipe da fábrica que definem os elementos a serem fabricados, além da contratação de um empreiteiro, responsável por desenvolver a obra *in loco*. A Fase 3 compreende a fabricação dos módulos propriamente dita que dura de 4 a 6 semanas - após uma espera de cerca de 2 a 3 meses de aquisição dos materiais - e a entrega dos módulos no terreno. A Fase 4 compreende a fixação dos módulos na fundação previamente preparada e as finalizações que precisam acontecer *in loco*, como instalações de conexões, instalações elétricas, decks, piscinas e outros, apesar de 80% da residência sair pronta da fábrica.

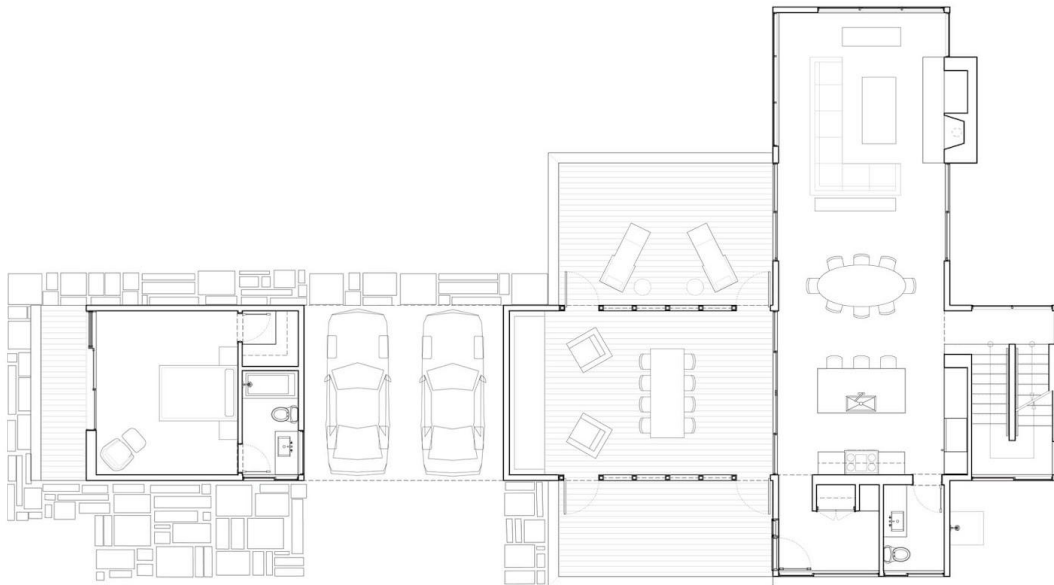
Abaixo, apresenta-se dois exemplos de projetos desenvolvidos através da metodologia *Modern Modular*:

3.5.1.1. House on Sunset Ridge

Localizada em Sharon, Connecticut / Estados Unidos, a House on Sunset Ridge é uma residência finalizada no ano de 2008, de tipologia “L”, compreendida em 6 módulos, com 3.034 sq ft, cerca de 281,85m². Projetada para uma família de 4 pessoas, a casa foi pensada como uma casa de campo.

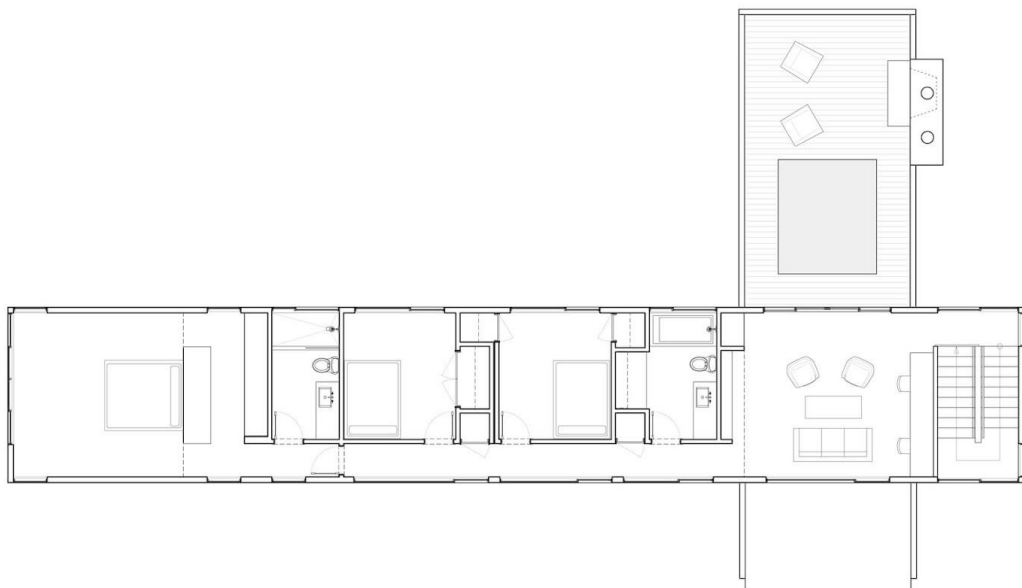
O programa da casa se divide em duas barras, sendo a do térreo abrigando o setor comum da casa com áreas de permanência, cozinhar, jantar e entretenimento, enquanto o andar superior abriga o setor privado com quartos e banheiros. No térreo, separado do restante da casa pela garagem, fica o quarto de hóspedes.

Figura 30: Planta Baixa Térreo House on Sunset Ridge



Fonte: Site RES4 Resolution: Architecture²⁵

Figura 31: Planta Baixa 1º Pavimento House on Sunset Ridge



Fonte: Site RES4 Resolution: Architecture²⁶

²⁵ Disponível em <<https://www.re4a.com/prefab#/house-on-sunset-ridge/>>. Acesso em 29 dez. 2022.

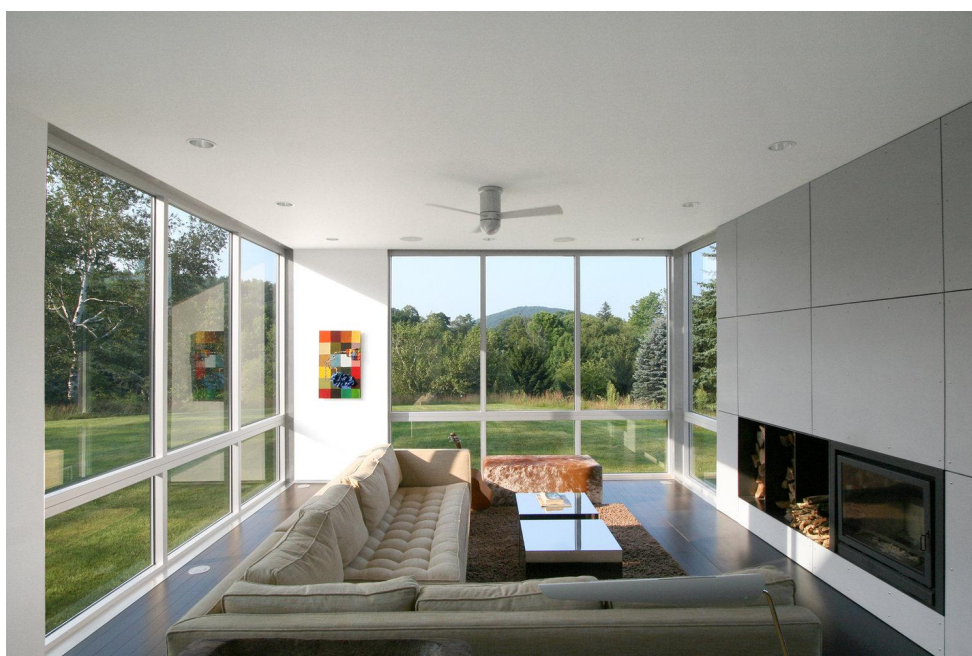
²⁶ Disponível em <<https://www.re4a.com/prefab#/house-on-sunset-ridge/>>. Acesso em 29 dez. 2022.

Figura 32: House on Sunset Ridge



Fonte: Site RES4 Resolution: Architecture²⁷

Figura 33: House on Sunset Ridge



Fonte: Site RES4 Resolution: Architecture²⁸

3.5.1.2. Connecticut Pool House

Localizada em Norfolk, Connecticut / Estados Unidos, a Connecticut Pool House é uma residência finalizada no ano de 2011, de tipologia “Barra Única”,

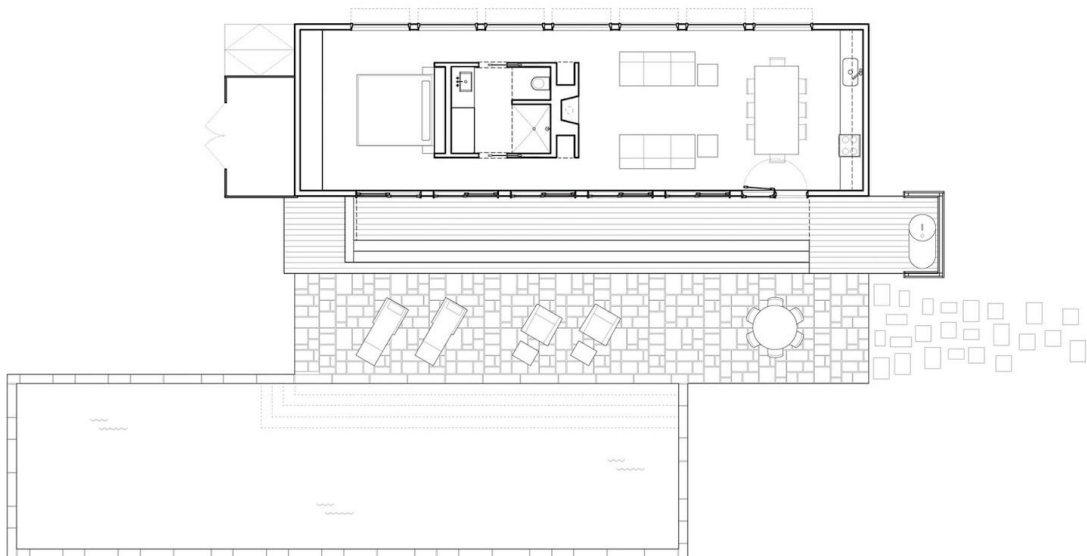
²⁷ Disponível em <<https://www.re4a.com/prefab#/house-on-sunset-ridge/>>. Acesso em 29 dez. 2022.

²⁸ Disponível em <<https://www.re4a.com/prefab#/house-on-sunset-ridge/>>. Acesso em 29 dez. 2022.

compreendida em 1 módulo, com 832 sq ft, cerca de 77,30m². Projetada para um casal e seus dois filhos, a casa foi pensada como um refúgio na natureza. Com uma forma pavilhonar, sua simplicidade foi impulsionada pelo orçamento disponível do cliente.

O módulo de 16x52ft - ou 4,85x15,85m - conta com uma área de dormir em uma extremidade e uma cozinha com sala de jantar e estar na outra extremidade. No centro, um volume abriga banheiro, lavanderia, depósito e uma lareira e demarca, de forma sutil, a separação entre as áreas comuns e privadas da residência.

Figura 34: Planta Baixa Connecticut Pool House



Fonte: Site RES4 Resolution: Architecture²⁹

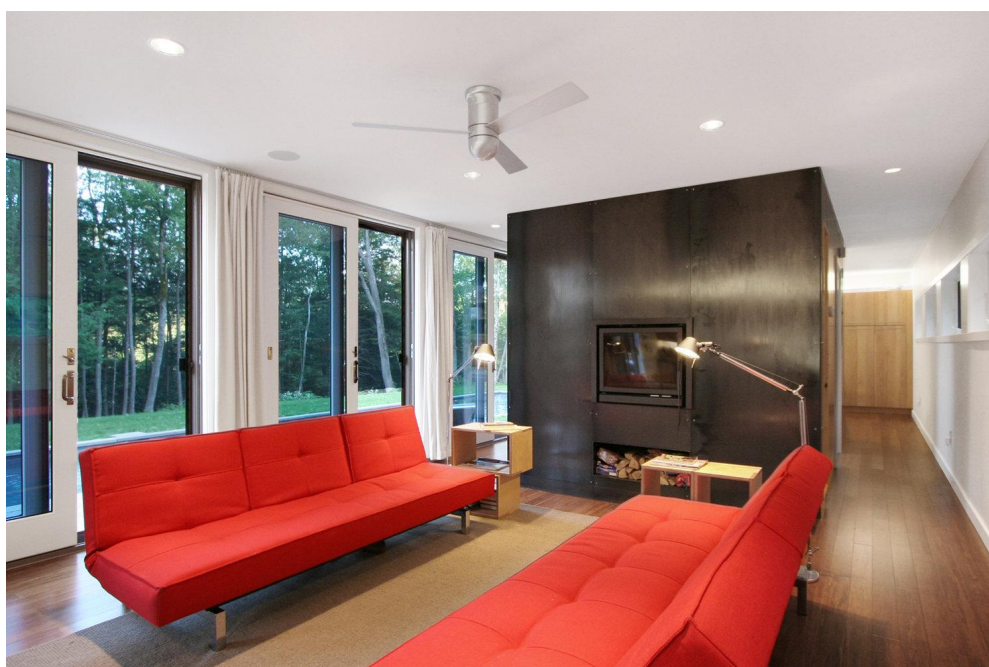
²⁹ Disponível em <<https://www.re4a.com/prefab#/connecticut-pool-house/>>. Acesso em 29 dez. 2022.

Figura 35: Fachada Connecticut Pool House



Fonte: Site RES4 Resolution: Architecture³⁰

Figura 36: Interior Connecticut Pool House



Fonte: Site RES4 Resolution: Architecture³¹

Por essência, segundo Tanney (2019), o *Modern Modular* é uma metodologia de projeto e execução com foco na eficiência de uso, implementação e

³⁰ Disponível em <<https://www.re4a.com/prefab#/connecticut-pool-house/>>. Acesso em 29 dez. 2022.

³¹ Disponível em <<https://www.re4a.com/prefab#/connecticut-pool-house/>>. Acesso em 29 dez. 2022.

desempenho, que tenta alavancar os métodos de pré-fabricação existentes para a criação de casas customizadas. Para o autor, ao tornar os arquitetos intimamente conectados não apenas com o projeto mas também com a fabricação das residências, esses profissionais podem redefinir o seu papel na profissão, melhorando a qualidade, principalmente, dos espaços residenciais.

Este sistema é apresentado no livro organizado por Kolarevic e Duarte (2019) e, apesar de não ser um exemplo pleno do que é considerado pelos autores como customização em massa em arquitetura, é um exemplo completamente capaz de ser adaptado para um sistema de CM. No caso dessa metodologia, não fica claro como é o processo de projeto, se ele acontece de maneira convencional ou a partir de um processo computacional de projeto. Apesar disso, é possível vislumbrar um horizonte no qual os módulos possam ser definidos e combinados parametricamente, por exemplo, mantendo as restrições já estabelecidas atualmente no *Modern Modular*, como a dimensão e formato geral desses módulos.

No que diz respeito à fabricação, o *Modern Modular* já lida com a indústria de pré-fabricação residencial, superando um hábito da construção civil de ser, ainda, muito artesanal. Nesse sentido, o sistema poderia, também, ser adaptado para uma lógica da fabricação digital sem alterar completamente a dinâmica da metodologia. Por fim, sobre a participação do usuário no processo, apesar dela ser declarada, aparentemente o futuro morador não possui autonomia nas decisões do projeto, sendo o arquiteto, ainda, indispensável em todas as etapas do projeto, até mesmo na decisão da escolha da solução mais adequada.

É evidente que o *Modern Modular*, ao se apropriar das tecnologias de pré-fabricação disponíveis, tem a capacidade de oferecer soluções muito variadas aos usuários. Essa variação, num primeiro momento, se dá apenas numa etapa de projeto, porém é uma metodologia que conseguiria abarcar, também, mudanças pós-ocupação, contendo a customização e a personalização. São claras as limitações presentes neste sistema, sobretudo quando comparado à customização em massa absoluta, porém entende-se o *Modern Modular* como uma metodologia que entrega soluções customizadas aos habitantes, utilizando-se das tecnologias disponíveis no mercado - o que não impede uma evolução, quando cabível, para um lógica completa de customização em massa. Este sistema pode ser considerado, como mencionado por Kolarevic (2019), um estágio inicial da customização em massa, que oferece soluções altamente customizadas aos usuários, porém se

apropriando das tecnologias de mercado e industriais vigentes.

3.6. A lacuna teórico-prática e a variabilidade ilimitada

No caso da Customização em Massa, o que fica evidente, num primeiro momento, é a lacuna existente entre teoria e prática. Isso porque a teoria se caracteriza a partir de tecnologias que, embora existentes, ainda não chegaram na prática - vide os raros exemplos existentes de uma customização em massa plena na prática. Dessa maneira, percebe-se que o digital chegou no processo, porém não na fabricação, ou seja, na indústria. Essa limitação é perceptível não só no Brasil, mas no mundo inteiro. Uma das justificativas possíveis para uma não efetivação da CM enquanto estratégia de projeto para produção de habitações, sobretudo a coletiva, é de que ela possui uma implicação profunda em todos os componentes da cadeia produtiva, o que pressupõe que essa cadeia precisa ser reformulada para um processo de fabricação altamente customizado, como é proposto na teoria.

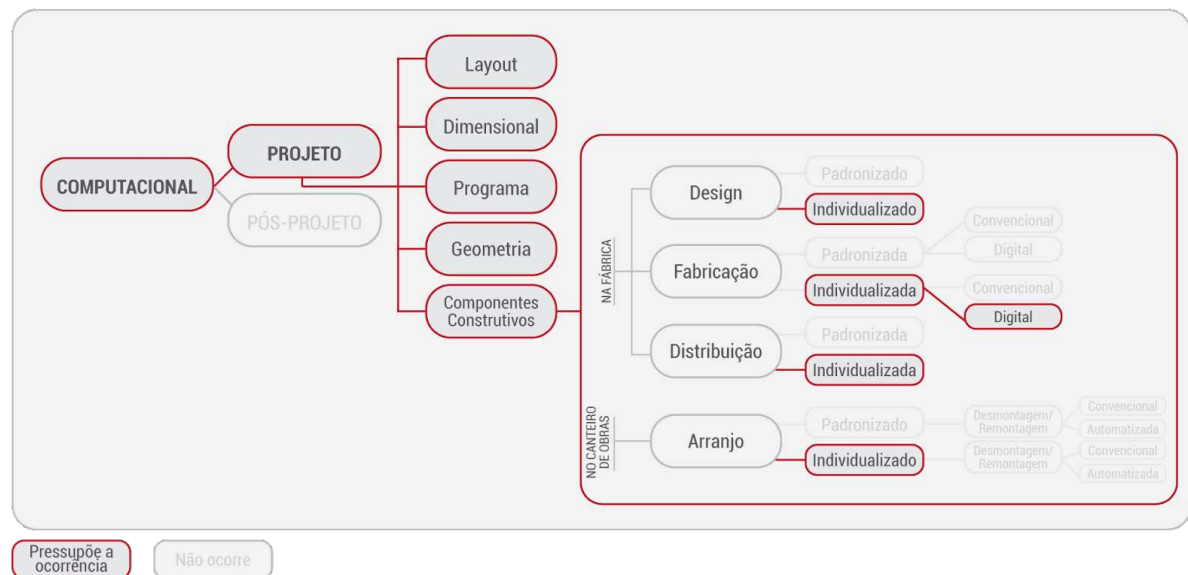
Apesar dessas questões, é indiscutível a capacidade da CM de ser uma estratégia promissora para soluções altamente customizadas e individualizadas na arquitetura, atendendo à demanda exata de cada usuário através de respostas altamente variadas. Nesse sentido, ao passo que o projeto é pensado através de ferramentas paramétricas junto ao computador, é possível um número infinito de soluções, números esses que fogem da capacidade de processamento pelo cérebro humano, mas, que agora, graças ao computador, é totalmente possível. Associado ao projeto paramétrico, é possível, também, devido à fabricação digital, que as soluções escolhidas no computador sejam diretamente enviadas às fábricas para que possam ser produzidas - cortadas, impressas ou através de qualquer outro processo de fabricação digital. A variabilidade de diferentes componentes fabricados a partir de um projeto igualmente variável não compromete a viabilidade nem, até mesmo, os custos referentes à essa fabricação já que, no horizonte da customização em massa e da fabricação digital, a variabilidade não compromete nenhum desses aspectos.

Relacionado aos aspectos já comentados acima - projeto paramétrico e fabricação digital - referentes às bases da CM em arquitetura segundo Kolarevic (2019), a participação do usuário no processo de projeto é outro ponto relevante a ser comentado. Na lógica da CM, pressupõe-se a participação do usuário através de uma interface digital, seja ela o próprio computador, um site ou um aplicativo, por

onde o usuário pode definir as suas soluções de maneira autônoma. Isso reforça o papel do arquiteto como o gerador de um sistema, um *metadesigner*, e que a solução de projeto propriamente dita pode ser definida pelo usuário através da interface com certo grau autonomia. Junto à interface paramétrica, é possível, ainda, combinar um sistema *BIM (Building Information Modeling)*, através do qual o usuário é capaz de ter uma visualização muito precisa de todos os aspectos referentes ao seu projeto, incluindo o financeiro, em tempo real.

Abaixo, apresentam-se os diagramas-síntese que aprofundam, sistematizam e concluem algumas das questões levantadas até aqui sobre a Customização em Massa na arquitetura:

Figura 37: A variabilidade na Customização em Massa



Fonte: Autor (2022)

Baseado nas reflexões teóricas, nos exemplos práticos e considerando, também, a lacuna teórico-prática existente, entendeu-se que o mais plausível para a construção da síntese fosse considerar a abordagem teórica entendendo, como sugerido por Kolarevic e Duarte (2019), já ser tecnologicamente e economicamente possível a efetivação de uma customização em massa plena. Nesse sentido, é possível afirmar que o *processo de projeto* na Customização em Massa se dá de maneira *computacional*, sendo esta característica fundamental, segundo Kolarevic e Duarte (2019), para efetivação da CM. Na teoria, a exploração da variabilidade se dá numa etapa de *projeto* e a variabilidade *pós-projeto* não é uma questão primordial.

Porém, é possível vislumbrar que isso pode, sim, acontecer e que é possível integrar um pensamento de variabilidade mais permanente e não só em uma etapa de projeto.

Na customização em massa, a variabilidade acontece em todas as categorias de análise como apresentado pelo diagrama: no *layout*, nas *dimensões* das unidades habitacionais, no *programa*, na *geometria* e, principalmente - e esse é um dos grandes diferenciais da CM - no *componente construtivo*. A CM pressupõe a fabricação de *componentes construtivos altamente distintos e únicos*. Ainda, sobre os *componentes construtivos*, o seu *design* e sua *fabricação* são *individualizados* com a *fabricação* sendo *digital* - um dos pilares da customização em massa - além da *distribuição* e do *arranjo* igualmente *individualizados*. Diferente do OB, no caso do arranjo, na teoria da CM não foram encontradas sugestões de uma possibilidade de desmontagem e remontagem dos componentes construtivos, o que é corroborado com a ideia de uma ausência de um pensamento de variabilidade pós-projeto ou pós-ocupação. Porém, novamente, a partir de uma análise mais aprofundada da teoria, não existem impeditivos para a efetivação de uma variabilidade permanente em projetos pensados a partir da lógica da customização em massa.

De maneira conclusiva, é indiscutível o caráter promissor da customização em massa enquanto uma estratégia para provisão de habitações em massa, de maneira altamente individualizada e personalizada. Ao se apropriar das tecnologias digitais de projeto e fabricação, é possível ter como resultado soluções projetuais altamente variadas que incluem aspectos dimensionais, topológicos, materiais, formais e construtivos - isso tudo, pelo menos, em teoria. Dito isto, é importante ponderar que por ser uma teoria fundamentada em três pilares indissociáveis - projeto paramétrico, fabricação digital e participação do usuário - isso pode ser, justamente, um dos fatores que inviabilizam a efetivação da customização em massa, especialmente no que diz respeito à fabricação digital.

O fato de o conceito de customização em massa não ser flexível o suficiente para abarcar processos construtivos mais tradicionais ou “menos digitais” parece ser uma das principais razões para a sua não efetivação. Em um horizonte futuro - o qual ainda não é possível definir - onde a utilização da fabricação digital seja concreta, a aplicação da CM enquanto uma prática projetual efetiva será transformadora. Porém, em um contexto contemporâneo no qual a indústria da construção civil ainda é pouquíssimo industrializada, é impraticável imaginar a

efetivação de uma prática projetual que não se apropria das tecnologias disponíveis, mas avança um passo além do que é possível se fazer no momento presente.

4. DISCRETISMO

Dentro do extenso espectro de processos projetuais incluídos dentro da grande área dos processos digitais de projeto, assim como a customização em massa, o *discreto* - ou *discretismo* - explora novas maneiras de se pensar o design, a fabricação e a montagem de objetos arquitetônicos com foco, principalmente, na etapa de montagem. Enquanto a customização em massa se atém, sobretudo, à etapa de design tendo, portanto, um desenho personalizado de componentes construtivos, o discreto tem como foco principal de personalização a montagem desses componentes. As teorias e as práticas discretas têm origem a partir de um pequeno grupo de designers - incluindo arquitetos - vindos, principalmente, da Barlet School of Architecture, da University College London (UCL).

A arquitetura discreta pode ser definida como uma disciplina que desenvolve estratégias de projeto a partir de elementos discretos e genéricos produzidos em série para se criar conjuntos recombináveis que podem ser montados para formar edifícios totalmente funcionais e complexos. No discretismo, a unidade - ou o elemento discreto - preexiste ao design do todo e é otimizada para funcionar não em uma única condição, mas a partir da sua acumulação e recombinação a diferentes condições. Esses elementos são produzidos de forma barata, seriada e permitem um sistema aberto de design e produção, aspectos definidores para uma geração de arquitetos emergentes que trabalham com computação, robótica e design digital (RETSIN, 2016).

Junto de outros movimentos arquitetônicos que se utilizam de ferramentas digitais no desenvolvimento de projetos, os teóricos do discretismo defendem que já não é mais possível permanecer pensando a arquitetura de maneira analógica, uma vez que o mundo está cada vez mais digital (RETSIN, 2019c; AGO, 2019). Retsin (2019c) afirma que o digital é real, pragmático, imediato e onipresente no nosso cotidiano. O autor defende que o discreto percebe o digital como uma tecnologia pós-capitalista que tem a capacidade de democratizar e descentralizar a produção arquitetônica.

Embora seja senso comum que tanto a prática quanto a teoria da arquitetura, em maior ou menor grau, retomam, exploram e se apropriam de conceitos, técnicas e práticas de outros momentos da historiografia arquitetônica, o discreto revisita de maneira mais direta questões exploradas no Modernismo, por exemplo, e que, ainda hoje, são temas de discussão dentro do campo da arquitetura e do urbanismo

contemporâneos. Retsin (2019a) comenta que, diferente da Casa Dominó de Le Corbusier, que pode ser caracterizada como um protótipo do qual se derivariam outras residências seguindo a mesma lógica formal e funcional marcada pelo claro posicionamento de pilares, vigas e lajes, no caso do discreto as partes possuem autonomia e difundem o todo arquitetônico, isto é, a forma ou o componente não preexiste ao projeto nem dos elementos e nem do todo. Ao mesmo tempo, o autor afirma que, não diferente do modernismo no que diz respeito à mecanização, o discreto busca encontrar um projeto social e artístico na “fria e eficiente realidade contemporânea da automação, produção em massa e produção digital que define a nossa sociedade”. (Retsin, 2019c, p.10).

O mesmo autor destaca que a linha de montagem fordista, sobretudo por seu paradigma de produção e montagem serializados, foi muito criticada pelos arquitetos recém-interessados no design digital, salientando que esse velho modelo seria, posteriormente, substituído pela personalização - ou customização - em massa (Retsin, 2019b). Retsin, no seu trabalho, porém, retoma alguns dos preceitos do modelo fordista, principalmente a fabricação em série, e a aplica numa nova lógica de projeto no mesmo momento em que cresce os estudos e práticas de personalização/customização em massa.

4.1. O Discreto e as críticas a outros processos computacionais de projeto

Historicamente, o discretismo manifesta-se a partir de uma crítica à agenda do digital na arquitetura, sobretudo ao chamado “parametricismo³²”. Segundo Retsin (2019a), uma das principais referências do discreto na arquitetura, uma nova geração de arquitetos passou a criticar a até então noção aceita de produção digital na arquitetura, como a customização em massa, considerando esses movimentos digitais desvinculados de problemáticas políticas e neoliberais e alertando para uma ausência de consciência social desses pensamentos. Para ele, o foco na continuidade formal e na customização em massa dos primeiros arquitetos digitais é problemático e desconectado das pressões do mundo contemporâneo.

³² Embora o design paramétrico já não seja mais compreendido como um estilo (SCHEEREN; LIMA, 2015) Schumacher (2009,2012) o define como um estilo de vanguarda na arquitetura que pretende superar o Modernismo, associado às recentes tecnologias digitais que, de maneira geral, se resume a evitar geometrias rígidas e primitivas como quadrados, triângulos e círculos e a repetição de elementos e substituí-los por entidades geométricas animadas, tais como *splines* e *NURBS* que geram *blobs* e outras superfícies curvilíneas. Segundo Schumacher (2012), a promessa do parametricismo é de alcançar variações adaptativas para diferentes condições de projeto, implicando que todos os elementos arquitetônicos e complexos sejam parametricamente maleáveis.

Das críticas feitas pelos autores do discretismo à forma como o processo digital vem sendo desempenhado até então no campo da arquitetura, Claypool et al. (2021) destacam a possibilidade de criação de formas complexas através de ferramentas digitais, porém apontam o dissincronismo com os processos e as práticas existentes de fabricação de elementos de construção - o que, de certa maneira, pode ser percebido na customização em massa. Retsin, García e Soler (2017) argumentam que a diferenciação formal não depende mais da customização em massa de “milhares de peças diferentes”, mas apontam a possibilidade de a customização ser alcançada através da recombinação de componentes serializados baratos. Segundo Claypool (2019a) o discreto se tornou uma maneira de iniciar um novo projeto arquitetônico com interesse no digital, mas que ao mesmo tempo se distancia do legado das tendências paramétricas. Retsin (2019a) defende o digital, finalmente, como tendo mais possibilidades do que apenas buscar variabilidade ou diferença o que, para o autor, é uma mera reação à homogeneidade modernista.

Carpo (2017) afirma que nas últimas duas décadas, o design digital focou numa exploração do design com esforços, principalmente, na lógica do contínuo e “utilizando os computadores de maneira não computacional”. Ago (2019) reitera que as ferramentas digitais destinaram-se, nessas últimas duas décadas, a apenas articular e expressar o pensamento do design, o que nos permite inferir que essas ferramentas foram utilizadas de maneira, principalmente, representacional em explorações formais e geometrias complexas. A autora defende ainda que

Os artefatos do projeto digital que se acumularam na última década são sintomáticos de um estado de coisas sem direção, desorientado e confuso, sem nenhum fundo crítico para desafiar efetivamente a novidade garantida do projeto metaformal do design digital, esforços de pesquisa de materiais e cultura estética. (AGO, 2019, p.112, tradução nossa³³).

Reiterando as críticas aos processos digitais de projeto da maneira como se apresentaram até então, Retsin (2016) ainda reprova algumas tecnologias de fabricação atuais porque, segundo ele, elas se mantêm como processos analógicos, porém controlados por computador, ou seja, com o computador apenas imitando os modos de produção humanos, criando procedimentos “artesanais essencialmente

³³ The artefacts of the digital project that have accumulated over the last decade are symptomatic of an undirected, disoriented and confused state of affairs, with no critical background to effectively challenge the assured novelty of digital design’s meta-formal project, materials research efforts and aesthetic culture.

mecanizados”. O autor cita o exemplo de um robô industrial que pode ser entendido como um braço humano, mas controlado por computador, o que faz com que a ferramenta seja controlada por computador, mas não “digital”. Retsin (2016, p. 144, tradução nossa³⁴), se referindo aos arquitetos e demais profissionais da fabricação digital das décadas de 1980 e 1990 diz que “Esses artesãos ou fabricantes digitais não são essencialmente ‘digitais’ - são meros escultores usando técnicas analógicas em um ambiente de computador em vez de no mundo físico”.

Quando os autores se referem às últimas duas décadas do processo digital de projeto, é possível compreender que muitas falas são direcionadas ao chamado “parametricismo” que, esteticamente, possui características bem específicas desta corrente. Carpo (2019) afirma que a atual arquitetura “digitalmente inteligente” não possui mais a aparência de linhas e superfícies suaves e curvas que tinha e que é conhecida pelos profissionais e pelo público em geral até então. Segundo o autor, nos últimos dez anos, os experimentos nas escolas e nas práticas mais vanguardistas buscam um visual bem diferente: desconectado, desconexo, fragmentado, voxelizado e volumoso. Fica evidente a caracterização dessa nova estética feita por Carpo quando se estuda o discretismo e como poderá ser visto mais à frente. Claypool (2019a) direciona uma crítica ainda mais intensa à arquitetura digital dos anos 1980 e 1990, na qual, segundo ela, os arquitetos pareciam ter sido reduzidos a meros esteticistas a serviço dos modos neoliberais e que, agora, esses profissionais precisam repensar o significado de “tornar-se digital” para que a arquitetura volte a ser uma ferramenta social e, principalmente, política. Ago (2019) complementa, ainda, que atualmente a arquitetura e as outras disciplinas que valorizam os estudos visuais lutam para construir critérios críticos e métricas estéticas.

Retsin (2019a), numa clara referência à customização em massa, acredita que a diferenciação a partir de inúmeros componentes construtivos distintos não é, necessariamente, tão importante dentro de um único edifício. Segundo ele, é possível alcançar a facilmente a distinção a partir da organização de peças repetidas em vez da personalização dessas peças. Para o autor, a diferenciação se justifica, mais adequadamente, ao longo da cidade, que ajudaria a superar a atual indústria moderna de concreto pré-moldado.

³⁴ These digital craftsmen or makers are essentially not "digital" - they are mere sculptors using analogue techniques in a computer environment instead of in the physical world.

Em mais uma crítica explícita, especificamente, à arquitetura personalizada - ou customizada - Claypool (2019a) alega que o que ocorre, na verdade, é uma customização de um padrão. Nesse contexto, o "usuário final", termo que a autora considera inadequado, faz parte de uma parcela limitada da cadeia de produção, enquanto, no horizonte do discreto, o usuário deve participar de todas as etapas de projeto: fabricação, montagem e habitação da arquitetura. Ela reconhece, portanto, que as tecnologias digitais de projeto, hoje, têm sido utilizadas em prol das restrições e protocolos determinados por sistemas de poder de capital e produção capitalista.

Para os teóricos do discreto, as realidades física e digital, agora, se sobrepõem completamente, não havendo mais lacuna representacional entre ambas. Como comentado por Retsin (2019b), diferente de um projeto paramétrico contínuo onde as partes são derivadas de um todo pré-definido, ou seja, da forma final do edifício, as partes discretas preexistem ao projeto. Essa abordagem, segundo o autor, possui rebatimentos significativos para computação, já que ao invés de computar um sistema do qual as partes são derivadas, as próprias partes são a base para todo o processo computacional, tanto de design, quanto de fabricação e montagem. Tal processo computacional, portanto, é baseado unicamente nas relações entre as partes, o que contorna a lacuna representacional entre modelo digital e realidade física, já que as partes computadas também são as partes reais construídas - ou que constituirão - o edifício na realidade.

De forma sintética, a lacuna representacional existente é resultado de um processo desagregado, onde primeiro é desenvolvido um projeto digitalmente e depois o mesmo é fabricado (Retsin, 2019b). Do ponto de vista do design, segundo Retsin, García e Soler (2017) na fabricação discreta, os dados digitais e os dados físicos estão alinhados, com a possibilidade de o design e a fabricação ocorrerem de maneira paralela, com decisões sendo tomadas durante a fabricação dos elementos, o que torna o processo mais robusto e adaptável em situação de fabricação no canteiro de obras, por exemplo. Como já mencionado anteriormente, a peça - ou o elemento discreto - é resolvido em detalhes antes que o todo arquitetônico seja elaborado.

O que é computado é o que é montado, e o que é montado em retorno computa. Este método, portanto, permite maior automação da construção,

exigindo potencialmente nenhum manuseio mínimo fora do local e apenas manuseio manual mínimo no local. (RETSIN, 2020, p. 271)³⁵.

4.2. Caracterização do Discretismo

4.2.1. A desfuncionalização e o *Digital Material*

Dentro da lógica do discretismo, é possível considerar que os elementos discretos passam por uma *desfuncionalização*, o que significa que só é possível definir um componente a partir das suas propriedades e as relações estabelecidas a partir do agrupamento destes componentes. Retsin (2019a) argumenta que, assim como uma partícula, a parte discreta não possui função pré-definida, ela é independente do todo arquitetônico e, só depois de combinada com outros elementos, é que ela assume propriedades e características funcionais. Segundo o autor, não existem mais colunas, placas de piso ou vigas como são conhecidos. O ato de projetar deixa de ser sobre a modelagem de elementos tradicionais da construção, como uma escada, para se voltar para o design da geometria da peça universal que então será agregada para a formação dos elementos da construção (CLAYPOOL ET. AL, 2021). Essa desfuncionalização rompe, segundo Manning (2019), com a noção de partes arquitetônicas - como paredes, pisos e colunas - que podem ser interpretadas como o estágio inicial de compreensão arquitetônica, que continua por muito tempo na carreira do arquiteto e que o mesmo lidará e criticará ao longo de toda a sua vida.

De acordo com Retsin (2019a), a partir do discretismo, surge um tipo de arquitetura radicalmente novo, com sintaxe e qualidades próprias e únicas, que rompem tanto com o precedente modernista quanto com o paradigma da continuidade paramétrica.

Rompendo a lógica modernista de forma-função que resultou em uma montagem hierárquica de tipos arquitetônicos fixos, essa arquitetura discreta agora é quase orgânica: um elemento e suas propriedades definem tudo. Como a parte discreta é universal e versátil, ela aparece em todas as instâncias. Isso ironicamente estabelece o que o trabalho digital dos anos 1990 buscava: um espaço que é fenomenologicamente contínuo. (RETSIN, 2019a, p. 9, tradução nossa³⁶)

³⁵ What is computed is what is assembled, and what is assembled in return computes. This method therefore enables increased automation of construction, requiring potentially no minimal handling off site and only minimal manual handling on site.

³⁶ Breaking the modernist form-function logic, which resulted in a hierarchical assembly of fixed architectural types, this discrete architecture is now almost organic: one element and its properties define everything. As the discrete part is universal and versatile, it appears in every instance. This

Para isso, Retsin se apropria do conceito de *Digital Materials* - ou materiais digitais - desenvolvido pelo engenheiro mecânico Neil Gerschenfeld no *Centre for Bits and Atoms* do MIT para caracterizar os componentes fabricados e utilizados pelo discreto. Os materiais digitais podem ser entendidos como um conjunto discreto de partes que são unidas de forma reversível e que possuem um conjunto, também discreto, de posições e orientações para o seu agrupamento. Esses materiais dispõem de propriedades que podem ser adaptadas e codificadas, já que são fabricados digitalmente (RETSIN, 2020), além de poderem ser montados rapidamente em formas complexas e estruturalmente eficientes (RETSIN; GARCIA; SOLER, 2017).

O material digital é, portanto, um bloco de construção com posições relativas e que, por conta da sua forma, já fornece restrições geométricas para sua montagem, que dispensa planos ou ferramentas para definir o seu arranjo e a sua aglutinação, o que significa que esses elementos são encaixados. Além disso, o conceito de material digital também se torna uma oportunidade para métodos computacionais, já que a organização das partes físicas é igual à organização dos dados digitais, ou seja, a parte computada digitalmente é a mesma parte montada fisicamente. Como exemplo prático, um Lego® pode ser lido como um material digital (RETSIN, 2016).

Dentro da discussão do “material digital” e partindo para uma caracterização mais prática do elemento discreto, os autores que discutem o tema fazem uma comparação com o tijolo: este elemento, antes de ser combinado com a argamassa - que é o que o conecta com outros tijolos ou outros elementos quaisquer - pode ser considerado um elemento discreto. Porém, como ele depende de um outro elemento diferente para conectá-lo com outro tijolo - no caso, a argamassa - o tijolo perde a característica de elemento discreto. Além disso, peças discretas podem ser programadas e produzidas com propriedades bem específicas, enquanto os tijolos

ironically establishes what the digital work of the '90s was after: a space that is phenomenologically continuous.

não, já que, de maneira geral, são compostos de argila ou outros minerais, dependendo da sua composição.

O uso desse tipo de material digital é justificado pela tentativa de superar a descontinuidade presente na fabricação analógica, na qual processos que não são relacionados precisam ser combinados, o que resulta numa cadeia de produção cara, ineficiente em termos de tempo e inflexível. Se apropriando dos conceitos centrais desses materiais, é possível estabelecer uma cadeia de produção curta, integrada e contínua a partir de blocos de construção genéricos, versáteis, produzidos de maneira seriada e com possibilidades limitadas de conexão (RETSIN, 2020).

Contrapondo a cadeia produtiva da construção civil a qual, segundo Retsin (2020), é composta por mais de 7.000 partes e processos distintos que precisam ser montados em um todo funcional, os “materiais digitais” se apresentam como blocos de construção independentes de função, ou seja, onde a função só é estabelecida após a montagem. Isso significa que as partes podem ser combinadas de maneira a construir uma variedade complexa de resultados com apenas um único elemento exercendo diferentes funções - funções essas adquiridas somente depois da sua combinação com outros elementos iguais. Entende-se, portanto, que através dos materiais digitais e do processo de design no discreto, é possível substituir elementos construtivos como vigas, pilares, lajes, coberturas, vedações verticais e horizontais e etc. por um único elemento. Ao se fabricar um único componente que exerce diferentes funções definidas pela montagem e a sua combinação com outros elementos iguais, a cadeia produtiva de um elemento arquitetônico é reduzida drasticamente em todas as suas etapas, tendo, inclusive, impacto no valor final do produto, que é diretamente repassado ao usuário. Segundo Retsin, “uma vez discretizada, a construção é mais integrada e a montagem torna-se um processo contínuo e orgânico, semelhante à manufatura aditiva. As hierarquias de peças e os tipos comumente associados à montagem, desaparecem”. (RETSIN, 2020, p. 271, tradução nossa³⁷).

De maneira sintética, portanto,

³⁷ Once discretised, construction is more integrated and assembly becomes a continuous and organic process, similar to additive manufacturing. The part hierarchies and types commonly associated with assembly disappear.

O conceito de 'discreto' como o usamos significa partes que são auto-similares, com conexões universais. Desta forma, a discrição na arquitetura é fundamentalmente baseada nos princípios dos materiais digitais, ou na facilitação da montagem reversível de tais conjuntos discretos de componentes. Isso permite a redução radical do número de partes que compõem um edifício. Acoplar essas noções à automação significa ter um papel ativo na apropriação de tecnologias automatizadas para uma produção mais distribuída e democrática: colocar as partes dos edifícios nas mãos das comunidades locais que de outra forma não têm acesso aos recursos para se envolver com a produção arquitetônica que se beneficiaria com a implantação dessas ferramentas. (CLAYPOOL ET AL., 2021, p. 109, tradução nossa³⁸).

4.2.2. A automação na fabricação e na montagem

Associado ao *digital material* a utilização de automação na fabricação e na montagem são um dos principais pilares da lógica discreta, colocando-as como elementos fundamentais no desenvolvimento e na prática desse tipo de produção. Apesar de, em certos momentos, alguns autores defenderem uma suposta “automação total” de toda a cadeia produtiva da arquitetura, existem processos de montagem dentro dessa lógica que ainda são mais tradicionais, feitos através da mão de obra humana. Claypool et al. (2021) argumentam que a montagem de blocos discretos pode ser feita de duas formas: utilizando ferramentas manuais simples junto à mão de obra humana e de uma forma considerada mais especulativa, facilitada por um robô capaz de pegar e organizar os blocos.

Retsin (2019a), através de uma experiência prática, argumenta que uma montagem mais convencional é rápida e simples, graças à serialidade dos elementos e suas possibilidades restritas de conexão limitadas pelos encaixes das peças discretas. Essas possibilidades reduzem a necessidade de trabalho humano no canteiro de obras em oposição a uma montagem intensiva de formas customizadas em massa, quando é rápido produzir milhares de componentes exclusivos, mas que demoram muito tempo para serem montados.

A discussão sobre montagem e automação se sobrepõem no discurso discreto. Enquanto a indústria da construção civil busca aumentar a eficiência dos

³⁸The concept of 'discrete' as we use it means parts that are self-similar, with universal connections. In this way discreteness in architecture is fundamentally based on the principles of digital materials, or the facilitation of reversible assembly of such discrete sets of components. This enables the radical reduction of the number of parts that make up a building. To couple these notions with automation means to take an active role in the appropriation of automated technologies for more distributed, democratic production: putting the parts of buildings into the hands of the local communities who otherwise do not have access to the resources to engage with architectural production that would benefit from these tools being deployed.

processos convencionais através da automação, o campo da pesquisa arquitetônica, segundo Yablonina e Mendes (2019) e Zheng (2019), está implementando a tecnologia através de robôs para descobrir novos materiais, novos métodos de fabricação e, finalmente, um novo espaço de design. O braço robótico, por exemplo, pode ser considerado um símbolo desse movimento, já que facilita e agiliza muitas atividades que, outrora, seriam realizadas através da força de trabalho humana.

A inserção na cadeia produtiva de robôs, junto das tecnologias avançadas de fabricação e manufatura digital, como as impressoras 3D, ainda são usadas na construção como representativas do trabalho humano, ou seja, substituem ou imitam ações do corpo humano. Ainda, em um outro cenário, são utilizados como dispositivos de representação, que fazem cópias de elementos de construção já existentes (CLAYPOOL ET. AL, 2021). Essa ideia de mera reprodução de atividades humanas é criticada por Morel (2019) que comenta que, além de acharmos, erroneamente, que os cálculos feitos por uma máquina são semelhantes à forma como fazemos, diz que a tarefa de um arquiteto não é usar as tecnologias, como os computadores, para replicar ou automatizar o que já foi pensado e produzido, porém permitir aos computadores que indiquem formas totalmente novas de inteligência arquitetônica que nós, humanos, somos incapazes de expressar.

Embora, muitas vezes, a automação seja associada à prática de fabricação e montagem, principalmente, Retsin (2019b) argumenta que é crucial perceber que a automação na arquitetura é, em primeiro lugar, uma questão de design, ou um problema de design, como nomeado por Claypool et al. (2019). A descrição também está associada à automação para focar não apenas nas ferramentas de fabricação e design, mas também no desenvolvimento de um software - ou interface - que seja de fácil utilização para acesso a essas tecnologias, segundo Claypool et al. (2021).

Para Retsin (2019a), simplesmente automatizar a sintaxe analógica dos edifícios não faz sentido, já que uma edificação é composta por milhares de partes diferentes e automatizar esses processos é inútil, segundo o autor. Claypool (2019a) reitera esse argumento, dizendo que a indústria da construção civil é uma das indústrias menos digitalizadas do mundo e, que embora esteja se automatizando, essa automatização é feita de maneira isolada e dentro da especificidade de várias especializações, o que faz o número de operações ou de partes a serem unidas num todo arquitetônico, muito grande.

Para autores como Retsin (2019a; 2019b) e Claypool (2020), o discretismo pode preencher, então, a lacuna existente entre design, fabricação e montagem, já que esses processos são tratados como parte de um único sistema, pensados de maneira integrada. Através de uma simplificação da sintaxe do edifício, por exemplo, reduzida a apenas alguns elementos, como sugerido pelo discreto, a automatização da sua montagem se torna mais viável (CLAYPOOL, 2019a). A automação discreta, como é chamada por Claypool (2019a), considera o que é tecnologicamente possível no momento contemporâneo e também o que será possível no futuro graças à acessibilidade da tecnologia, além do aumento da capacidade computacional e tecnológica. O discreto leva em consideração, ainda, segundo Claypool (2020), a resistência e o ceticismo da população em geral à automação da construção, fato que corrobora a ideia de Kolarevic e Duarte (2019) de que, por vezes, a customização em massa encontra barreiras sociais e culturais para sua efetivação

Claypool (2020), novamente destacando o caráter de autonomia defendido pelo discretismo, argumenta que a automação discreta é uma abordagem que pretende dar o primeiro passo no desenvolvimento de uma atitude mais crítica, antecipatória e otimista para a automação da produção arquitetônica. Para a autora, a grande chave da automação discreta é o desenvolvimento de peças arquitetônicas que podem ser manipuladas tanto por trabalho humano quanto por trabalho automatizado, com peças leves, pequenas e fáceis de manusear. A peça única pode ser feita usando tecnologias de fabricação digital ou até mesmo ferramentas de fabricação convencionais e posteriormente montadas por pessoas ou robôs. Apesar da possibilidade de uma fabricação e montagem convencionais, os padrões da construção seguem lógicas de montagem digitais projetadas por algoritmos, permitindo fácil acessos às peças para substituição ou remoção, corroborando com a ideia de uma “ecologia para a produção na qual o trabalho arquitetônico e as práticas espaciais podem ser computados, recalculados e computados repetidamente sem estender as cadeias de produção.” (CLAYPOOL, 2020, p.279, tradução nossa³⁹).

³⁹ As such Discrete Automation presents an ecology for production in which architectural labour and spatial practices can be computed, and recomputed, and computed again and again without extending production chains.

4.2.3. A participação do usuário e a democratização do *design*

O discreto se apropria de um discurso com forte caráter social, marcado por uma crítica ao neoliberalismo e à comercialização da construção civil e, conseqüentemente, da arquitetura. Assim como na customização em massa, alguns autores como Claypool et al. (2021), Retsin (2019a), Retsin, García e Soler (2017) afirmam que o discreto está ligado a uma democratização do processo de design e, conseqüentemente, de toda a cadeia produtiva da arquitetura. Segundo esses autores, o grande potencial da automação é tirar a arquitetura de seu nicho para se pensar projetos acessíveis e reproduzíveis em grande escala e de qualidade, rompendo, ainda, com a ideia de que o design digital se limita a uma suposta sofisticação formal ou a meramente um estilo, mas que possui impactos sociais, políticos, culturais e econômicos. O digital na arquitetura ofereceria, portanto, a possibilidade de projetos mais acessíveis, igualmente distribuídos com eficiência e escalabilidade (RETSIN, 2019c).

Para além de uma ideia de democratização do design e dos processos relacionados à indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção, o discreto direciona críticas mais contundentes ao mercado da construção civil enquanto produto do neoliberalismo, onde a habitação e as construções, de modo geral, são produtos comercializáveis e geradores de lucro. É possível inferir que a partir da ótica do discretismo, a arquitetura e todos os processos envolvidos no fazer arquitetônico, aqui tendo os processos digitais e a automação como bases, são, antes de tudo, atos políticos.

É nosso argumento que por meio de uma redescoberta de tais fluxos de trabalho e valores, os arquitetos podem projetar para permitir um retrocesso contra questões sistêmicas como a financeirização da habitação. Isso, por sua vez, pode se tornar um elemento fundamental de uma educação arquitetônica que vê as tecnologias digitais como impulsionadoras de um trabalho social e econômico mais significativo usando a automação, restabelecendo elementos do projeto do modernismo industrializado dentro de um projeto arquitetônico discreto, em vez de puramente como 'solucionadores de problemas' impulsionado pelo foco principalmente no aumento da produtividade ou na redução de custos. Em vez disso, propomos uma abordagem centrada em valores que concebem a arquitetura uma ambição a partir de democratizar a prática e contrariar as atuais apropriações neoliberais do digital na disciplina. (CLAYPOOL ET AL., 2021, p.112-113, tradução nossa⁴⁰)

⁴⁰ It is our argument that through a rediscovery of such workflows and values, architects can design projects to enable a pushback against systemic issues such as the financialization of housing. This in turn can become a fundamental element of an architectural education that sees digital technologies as drivers for more meaningful social and economic work using automation, reinstating elements of

Percebe-se, também, no discurso discreto que a presença dos usuários é sempre fundamental para o desenvolvimento de toda a cadeia produtiva da arquitetura o que, de certa forma, se aproxima de outros processos de projeto digitais, como a customização em massa e o próprio Open Building. No caso do discreto, ao defender uma estrutura participativa e co-produzida para a habitação, busca-se um engajamento total do usuário nesse processo, aumentando o valor do seu próprio impacto na sua própria habitação. Há, também, um esforço no desenvolvimento de softwares em código aberto que permitam que usuários, especializados ou não, possam especificar as suas necessidades.

Ressalta-se que os usuários não devem ser receptores passivos de conhecimento por meio dos especialistas, com uma transmissão de informações de cima para baixo. A intenção é que os usuários sejam participantes ativos em informar como as tecnologias automatizadas são usadas e como as mesmas podem ser aperfeiçoadas. O projeto do arquiteto, nesse cenário, muda de como os edifícios respondem a um contexto social ou físico através da sua aparência ou presença para como eles são produzidos, incorporando condições culturais particulares e com impactos econômicos, políticos e sociais. O arquiteto projeta, portanto, todo um sistema, que terá rebatimento em toda a cadeia produtiva: design, fabricação, montagem, distribuição e a utilização, propriamente dita.

Claypool (2019b), com a intenção de ratificar a participação do usuário de maneira engajada em todo o processo da cadeia produtiva, utiliza-se do termo “*prosumer*” para se referir ao usuário em vez de “*consumer*” (ou consumidor). O prefixo “*pro*” sugere uma ação, uma ideia de ir à frente, em favor de algo, que eleva o mero consumidor a um participante ativo na produção da arquitetura. Existe, por parte do *prosumer*, uma apropriação e uma participação ativa em todo o processo de projeto.

Reafirmando o seu posicionamento ideológico, muito balizado por outros movimentos arquitetônicos e suas características, Claypool (2019b) defende que a arquitetura é uma disciplina que deve reconhecer a quem ela serve, o que reforça a ideia anti-neoliberal e uma aproximação do pensamento de arquitetura enquanto ato político. No horizonte do discretismo, trabalhar com uma estrutura totalmente digital e discreta é

the project of industrialized modernism within a discrete architectural project, rather than purely as ‘problem solvers’ driven by focusing primarily on increasing productivity or cutting down on costs.

[...] Ser contra o neoliberalismo, a monopolização, a centralização, a customização, o localismo, o consumismo, o análogo, a não escalabilidade [...]. Ao promover o pensamento sistêmico, estruturas universais e flexíveis, economias de escala, plataformas, código aberto, descentralização, o prototípico, mobilidade, o prosumismo, o digital, escalabilidade e continuidade no design e na produção, podemos propor o totalmente digital como um futuro alternativo ao status quo. (CLAYPOOL, 2019a, p. 4, tradução nossa⁴¹).

4.2.4. Outras considerações

É relevante destacar a possibilidade de reaproveitamento dos elementos fabricados no discreto, graças à viabilidade de recombinação destes. Isso significa que é possível alterar significativamente o ciclo de vida dos edifícios re combinando e reaproveitando os componentes do edifício, o que coloca o discreto alinhado com uma agenda sustentável que, ao mesmo tempo que é fundamental na produção contemporânea, ainda é pouco mencionada em algumas correntes de processos de projeto dentro da arquitetura. Esse reaproveitamento de elementos se alinha com um pensamento modernista de flexibilidade, já que permite que o edifício se readapte a qualquer necessidade e que possa ser reapropriado de diferentes maneiras. A flexibilidade é levada, portanto, a níveis quase extremos, a ponto de um edifício poder deixar de existir e se reconstruir de uma outra maneira.

Leach (2019) tece algumas críticas e considerações sobre o discretismo no texto *There Is No Such Thing as a Digital Building*. O autor inicia a sua crítica dizendo que, para ele, o conceito de “discreto” é um tanto quanto confuso, embora reconheça a presença de trabalhos “requintados” sob o nome de discreto, realizado por um pequeno grupo de designers da Bartlett School of Architecture at University College London (UCL). De fato, Retsin, Claypool e outros mais citados nesta dissertação, fazem parte da UCL. Dentro das observações levantadas por Leach, uma delas é de que o discretismo, composto por formas descontínuas e retas, é um *estilo* que se opõe ao *estilo paramétrico*, composto por formas contínuas e curvilíneas. Porém isso é algo que pudemos perceber, ao longo deste trabalho, que o discreto vai além de um discurso estético.

Outra questão levantada por Leach (2019) é a adoção do termo “discreto”, que é baseado nos zeros e uns dos sistemas digitais. O autor expõe que é

⁴¹[...] To be against neoliberalism, monopolisation, centralisation, customisation, localism, consumerism, the analogue, non-scalability[...]. By promoting systemic thinking, universal and flexible frameworks, economies of scale, platforms, open-source, decentralisation, the prototypical, mobility, prosumerism, the digital, scalability, and continuity in design production, we can propose the all-digital as an alternative future to the status quo.

questionável se apropriar do termo “discreto” do discurso digital para justificar uma linguagem arquitetônica de formas descontínuas. Além disso, assumir que essas formas são, necessariamente, digitais é equivocado. Como expresso pelo autor, “o digital pode ser discreto, mas o Discreto não é necessariamente digital”. (LEACH, 2019, p. 139).

O “material digital” é outro alvo da crítica de Leach. Leach (2019) argumenta que o termo “digital”, no contexto do material digital, diz respeito à potencialidade de conexão desta peça, como visto anteriormente. Segundo Leach, o problema se dá quando Retsin usa o termo “materiais digitais” em seu discurso de “digital discreto” para se referir não à materialidade do componente, mas à sua possibilidade de conexão com outro componente. O autor declara que isso é enganoso. De fato, soa quase incoerente utilizar-se do termo “digital” para se referir a uma característica geométrica de um material e não à sua composição em si ou processo de geração. Por ser um trabalho que explora o digital, sobretudo em termos de arquitetura e design, a utilização do termo “material digital” pareceu pouco adequada quando comparada aos processos, de fato digitais, como os explorados nesta pesquisa. Essa incoerência fica ainda mais clara quando os próprios autores dão o exemplo do Lego como um possível material digital, por suas características de ligação e não de design ou fabricação.

Dentro dos recentes estudos de processos digitais de projeto, como é o caso da customização em massa tratada nesta dissertação, justamente por serem exploradas há, relativamente pouco tempo, ainda faltam exemplos reais, sobretudo em escala 1:1, dessas práticas. No discreto, diferentemente, já é possível encontrar exemplos práticos em escala real produzidos com tais conceitos. Infere-se que existe uma facilidade na produção de elementos na escala 1:1 na lógica do discreto, principalmente, pela facilidade de fabricação de componentes que são, via de regra, em tamanhos reduzidos, produzidos de maneira seriada com materiais acessíveis, utilizando um único elemento para a composição do todo, além de dispensarem, na maioria das vezes, elementos conectores e mão-de-obra especializada para montagem destes.

4.3. Projetos baseados na lógica do Discreto

4.3.1. Tallinn Architecture Biennale

A instalação na Bienal de Arquitetura de Tallinn (TAB) de 2017, desenvolvido pelo Gilles Retsin Architecture é o primeiro protótipo na escala 1:1 de um elemento criado na lógica do digital-discreto como estudo de caso. A instalação foi projetada como um modelo abstrato tipo a casa Domino, de Le Corbusier, a partir de um sistema de construção maior, escalável e repetível. O bloco de construção é produzido com folhas de compensado com as dimensões de 3,30 x 1,35m e cortados utilizando uma máquina CNC e posteriormente montados formando um bloco de construção rígido capaz de suportar cargas estruturais. A peça final é definida como uma viga-caixa com as laterais suportando as cargas enquanto os pórticos internos enrijecem a caixa. 80 blocos foram criados para a composição do pavilhão e são conectados através de barras rosqueadas. As peças funcionam, simultaneamente, como colunas, vigas e fechamentos.

Os blocos se caracterizam como uma família de elementos retangulares que podem ser posicionados a 45°, 90° e 135°, projetados para funcionarem de forma autoportante resistindo a qualquer condição estrutural, seja ela de compressão ou tensão. Os blocos foram protegidos das intempéries com alcatrão betuminoso preto e verniz e foram cortados mais de 380m² de compensado para construção da instalação.

Figura 38: A instalação na Bienal de Arquitetura de Tallinn (TAB) de 2017

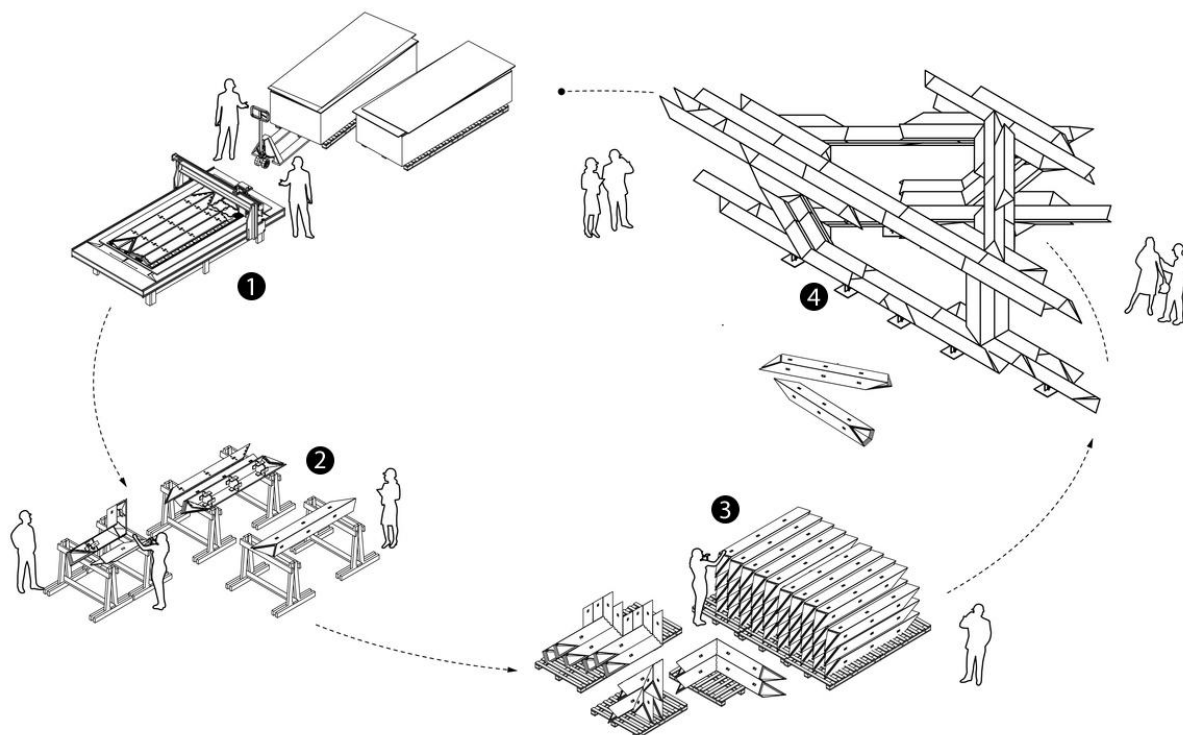


Fonte: Site Gilles Retsin⁴²

Conceitualmente, Retsin argumenta que, atualmente, conhecemos centenas de pavilhões fabricados digitalmente e que essencialmente se apresentam como conchas ou superfícies. Essas estruturas são, segundo ele, altamente restritas na sua aplicação, podendo ser aplicadas apenas em aeroportos, museus, pavilhões e fachadas. O pavilhão da TAB rejeita essa ideia e sugere entendê-lo como um pedaço de uma casa ou um protótipo de uma habitação, evitando investigar mais um modelo “descolado” de um pavilhão - embora esse exemplo pareça, de fato, um pavilhão e seja um pouco difícil imaginar esses componentes construtivos arranjados formando uma habitação. O projeto propõe, portanto, um sistema construtivo com blocos discretos, tão versáteis quanto os dados digitais: universais, que podem ser revertidos, recombinaados e usados para construir desde uma ponte até um bloco habitacional.

⁴² Disponível em: <<https://www.retsin.org/filter/work/Tallinn-Architecture-Biennale-Pavilion>>. Acesso em: 04 jan. de 2023.

Figura 39: Esquema com a lógica de fabricação e posterior montagem da instalação

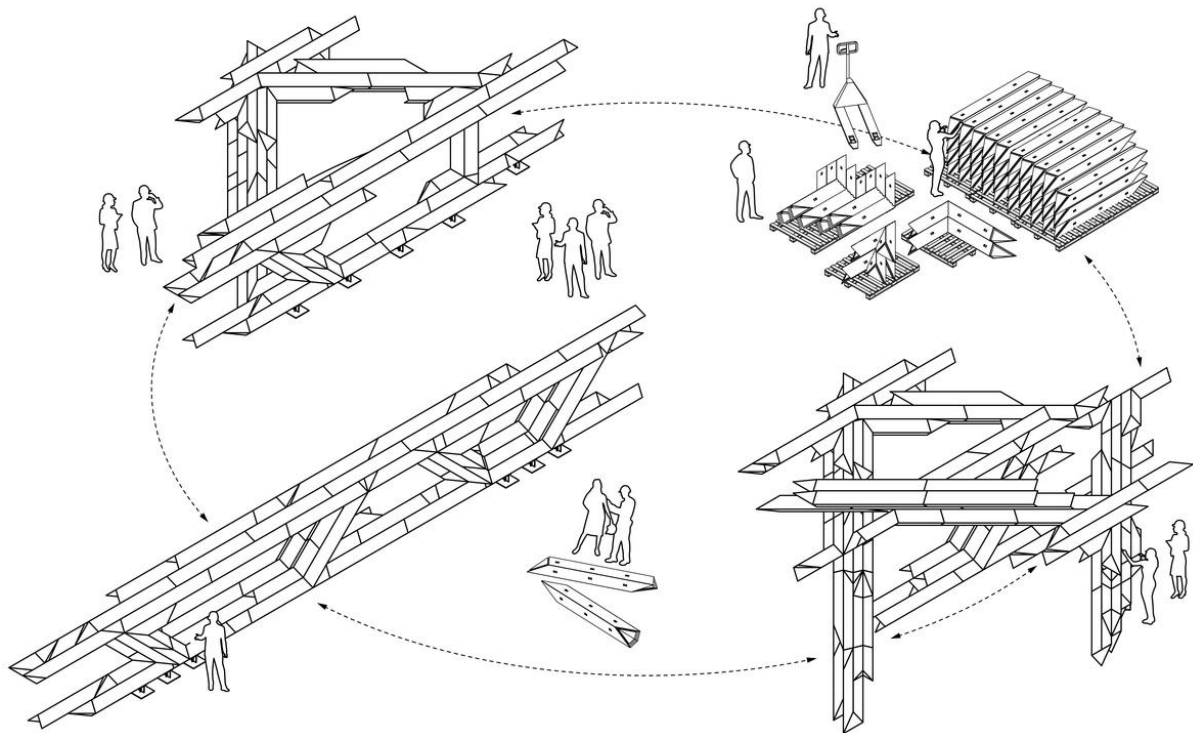


Fonte: Site Gilles Retsin⁴³

Na imagem acima, é possível entender a lógica de fabricação e montagem do pavilhão: 1) corte das chapas de madeira compensada que irão compor as peças; 2) união das chapas que formarão a viga-caixa; 3) componentes discretos já fabricados e prontos para serem montados no pavilhão; 4) montagem final do pavilhão. Essa imagem sugere um ciclo rápido, prático e linear da produção até a montagem do pavilhão.

⁴³ Disponível em: <<https://www.retsins.org/filter/work/Tallinn-Architecture-Biennale-Pavilion>>. Acesso em: 04 jan. de 2023.

Figura 40: Outras possibilidades de arranjo dos componentes discretos - vigas-caixa.

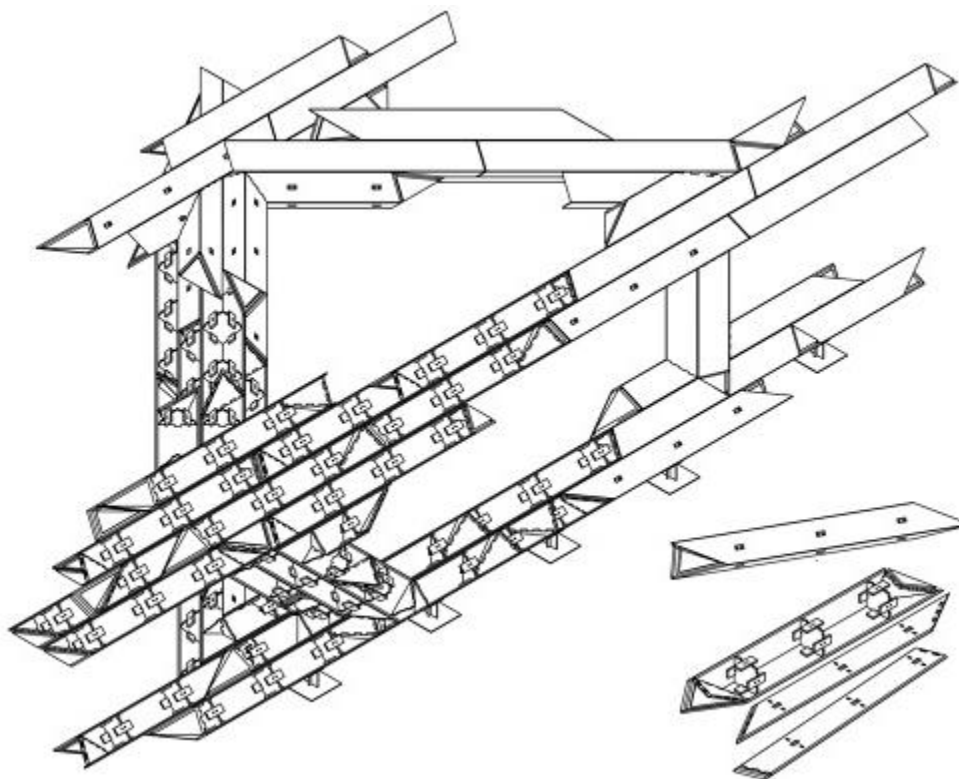


Fonte: Site Gilles Retsin⁴⁴

Nesta imagem é possível ver outras formas de montagem para o pavilhão, além de sua completa desmontagem.

⁴⁴ Disponível em: <<https://www.retsin.org/filter/work/Tallinn-Architecture-Biennale-Pavilion>>. Acesso em: 04 jan. de 2023.

Figura 41: Pavilhão e visualização interna das vigas-caixa



Fonte: Site Gilles Retsin⁴⁵

Esta imagem traz uma visualização interna de alguns dos componentes do pavilhão de Tallinn, no qual é possível perceber os elementos internos que formam as vigas-caixas, além dos furos nas superfícies onde são unidas vigas com vigas.

Apesar de ser um exemplo não-residencial, é possível perceber através deste pavilhão uma concretização inicial das teorias do discretismo, sobretudo no que tange à construção de uma estrutura arquitetônica com um único componente construtivo, genérico e combinado com componentes iguais. Nesse sentido, a efetivação do “elemento discreto”. Fica claro também que o “elemento único” é, na verdade, formado por um conjunto de vários outros componentes, neste caso formatos diferentes de compensado unidos que formam as estruturas de reforço interno e a superfície externa. Uma lacuna permanece quanto à automação de todo o processo, sobretudo na montagem que é feita manualmente junto a um equipe local. Dessa forma, o forte discurso de uma suposta autonomia a partir da automação explorada pelos autores, não se aplica.

⁴⁵ Disponível em: <<https://www.retsin.org/filter/work/Tallinn-Architecture-Biennale-Pavilion>>. Acesso em: 04 jan. de 2023.

4.3.2. Block West Pavilion

Sob a orientação do laboratório de pesquisa AUAR Labs, da The Bartlett School of Architecture, UCL, da organização de artes digitais Knowle West Media Centre (KWMC) e da cientista social Dr^a. Claire McAndrew (The Bartlett School of Architecture), a comunidade de Knowle West, em Londres, desenvolveu o chamado “*Block West*”, um protótipo de habitação construída a partir de 145 blocos discretos de madeira, co-projetado, fabricado e montado em conjunto pela comunidade em menos de duas semanas.

Figura 42: Block West Pavilion



Fonte: Site Archdaily⁴⁶

A experiência com o *Block West*, ao apresentar o futuro das tecnologias de automação na arquitetura residencial, pretendia verificar o potencial da comunidade em lidar com essas novas tecnologias tanto no processo de projeto quanto na fabricação. A comunidade foi estimulada a aprender a usar o aplicativo desenvolvido pela AUAR Labs, a conhecer as tecnologias de fabricação automatizadas, os novos sistemas de construção discretos e, posteriormente, através do aplicativo, projetar a

⁴⁶ Disponível em:

<https://www.archdaily.com.br/br/969657/pavilhao-block-west-automated-architecture-auar-labs?ad_medium=gallery>. Acesso em: 04 jan. de 2023.

sua própria proposta de espaço comunitário que atendesse às demandas locais em um terreno vazio da comunidade.

Figura 43: Montagem do Block West Pavilion



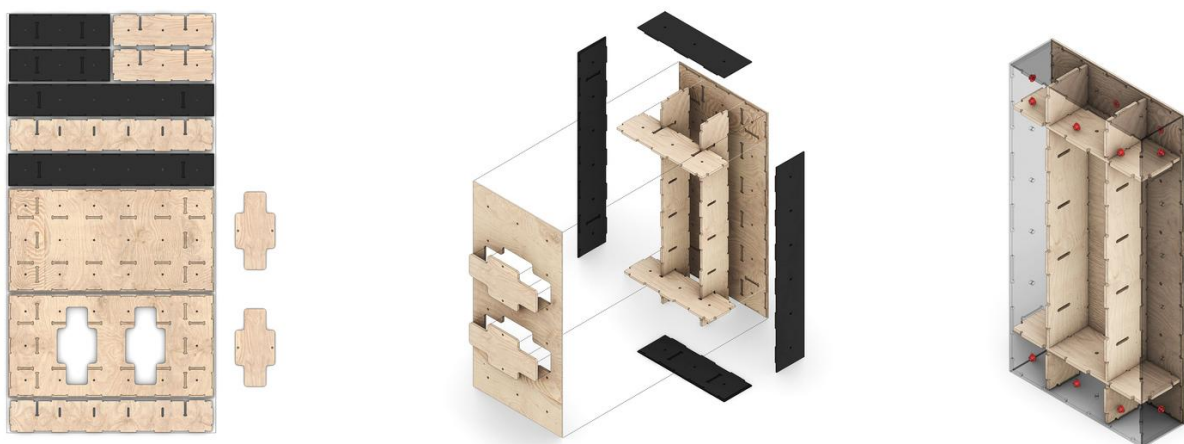
Fonte: Site Archdaily⁴⁷

O *Block West* foi construído utilizando um bloco chamado “*Block Type A*” desenvolvido pela AUAR Labs a partir de madeira compensada e que podem ser montados, desmontados e remontados juntos com uma vasta variabilidade, oferecendo uma grande gama de possibilidades para o projeto de espaços habitáveis. Em síntese, o *Block West*, assim como é sugerido pela teoria do discreto, é um pavilhão experimental caracterizado pela utilização de um único componente construtivo discreto repetido várias e várias vezes, posicionado em orientações distintas e que oferece a possibilidade de criar diferentes tipos de configurações espaciais que respondam a diferentes necessidades.

⁴⁷ Disponível em:

<https://www.archdaily.com.br/br/969657/pavilhao-block-west-automated-architecture-auar-labs?ad_medium=gallery>. Acesso em: 04 jan. de 2023.

Figura 44: Composição e formação do *Block Type A*



Fonte: Site Archdaily⁴⁸

Figura 49: Possíveis junções do *Block Type A*. Destaque para os parafusos, em vermelho nas imagens, que indicam a ligação dos blocos.



Fonte: Site Archdaily⁴⁹

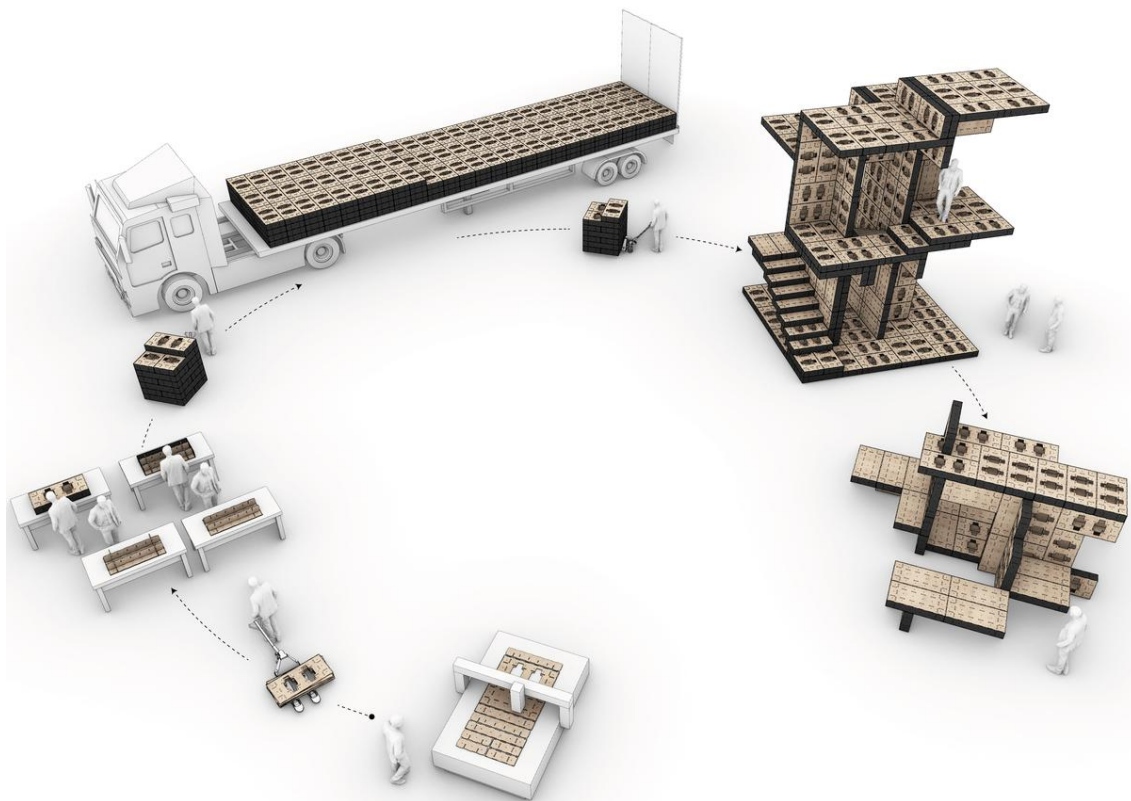
⁴⁸ Disponível em:

<https://www.archdaily.com.br/br/969657/pavilhao-block-west-automated-architecture-auar-labs?ad_medium=gallery>. Acesso em: 04 jan. de 2023.

⁴⁹ Disponível em:

<https://www.archdaily.com.br/br/969657/pavilhao-block-west-automated-architecture-auar-labs?ad_medium=gallery>. Acesso em: 04 jan. de 2023.

Figura 45: Ciclo de fabricação - através do corte a laser - montagem do bloco, transporte dos blocos e montagem de possíveis protótipos de unidades habitacionais ou pavilhões.



Fonte: Site Archdaily⁵⁰

De maneira sintética, através do *Block West Pavilion* é possível perceber, com algumas ressalvas, a aplicação da teoria do discretismo em um projeto prático. Este exemplo, por ser um protótipo de uma habitação, de fato se aproxima mais de elementos construtivos convencionais encontrados em unidades habitacionais - diferente do Tallinn Architecture Biennale - com os blocos agrupados de forma a exercerem funções similares às exercidas por lajes de piso, coberturas e vedações verticais. Dessa forma, a configuração geométrica da *Block West* se aproxima de uma leitura de um possível projeto residencial.

É evidente que ficam em aberto questões relacionadas a outros componentes fundamentais que constituem as habitações, como as esquadrias, por exemplo, e se, em um horizonte de construção de habitações, de fato, elas também se resolveriam a partir de componentes discretos; não fica claro sobre o funcionamento de infraestruturas complementares como hidráulica e elétrica e como isso se

⁵⁰ Disponível em:

<https://www.archdaily.com.br/br/969657/pavilhao-block-west-automated-architecture-auar-labs?ad_medium=gallery>. Acesso em: 04 jan. de 2023.

resolveria em uma habitação *discreta*; não fica evidente, também, se a estrutura como um todo é resistente a intempéries, sobretudo à umidade, e como seria solucionada a cobertura dessa estrutura ou se esse material, por si só, já consegue exercer uma função de cobertura sem danos à estrutura.

Destaca-se que, apesar da teoria do discreto e do *digital material* argumentarem sobre a utilização de elementos discretos - neste caso, exemplificado pelo *Block Type A* - que se unem através de encaixes, no caso do Block West a junção desses elementos se dá através de um sistema de parafusos. Não fica claro o motivo pelo qual se adotou esse sistema, se é uma questão de viabilidade e facilidade de montagem, se os blocos, por serem grandes, precisaram de um reforço estrutural o qual o parafuso pode exercer na estabilidade de toda a estrutura - algo semelhante a um sistema com estrutura metálica - ou se a utilização de encaixes, nesse caso específico, foi inviável. Neste cenário, uma variabilidade - ou uma reorganização - desses elementos pós-conclusão do pavilhão, fica mais complexo.

Apesar disso, o *Block Type A* apresenta um estudo inicial promissor de um componente construtivo discreto, passível de ser re combinado e formar variadas soluções arquitetônicas, tanto em termos volumétricos, quanto de uso e organização espacial. Nesse sentido, a variabilidade, a partir da combinação de um mesmo elemento, oferece diversas soluções para diferentes demandas. De fato, como sugerido pela teoria do discreto, foi concretizada, ainda, a ideia de estimular um forte engajamento da comunidade local em todo o processo de projeto, desde a capacitação na manipulação do aplicativo de projeto, passando pelo processo de fabricação e, posteriormente, na montagem e utilização do pavilhão.

Figura 46: Utilização do pavilhão pelos moradores locais.



Fonte: Site Archdaily⁵¹

4.4. O elemento único e as possibilidades de variabilidade

Primeiramente, analisando a partir de uma ótica mais generalizada, constata-se um discurso com um certo apelo político, quase como se o discretismo fosse uma ideologia. Percebe-se o esforço em convencer quem estuda a temática de que o discreto pode ser “melhor” ou mais adequado para determinadas situações do que outros movimentos arquitetônicos, como a customização em massa. Inclusive, diferente de outras correntes arquitetônicas, o discreto direciona críticas bem diretas à customização em massa e ao modernismo, por exemplo, justamente com o intuito de revelar um possível caráter mais resolutivo da lógica discreta. Fica claro o entendimento dos autores sobre a arquitetura enquanto política e isso é explorado de diferentes maneiras, desde a crítica ao neoliberalismo até a autonomia esperada dos *prosumers* na construção das suas habitações a partir da lógica discreta.

Como foi possível observar, a teoria do discreto é bastante recente, o que deixa, ainda, algumas questões teórico-práticas em aberto, como: é possível, de

⁵¹ Disponível em:

<https://www.archdaily.com.br/br/969657/pavilhao-block-west-automated-architecture-auar-labs?ad_medium=gallery>. Acesso em: 16 jan. de 2023.

fato, pensar em uma habitação totalmente discreta? O que, numa habitação, pode ser feito a partir de componentes discretos? Qual o material mais adequado para se pensar um elemento discreto? Quais as propriedades físico-químicas desse material? De fato, um elemento discreto, é viável para construção de habitações? Como é projetado o elemento discreto? Esses são alguns dos questionamentos feitos a partir da análise da teoria e da prática discreta. São algumas lacunas a serem preenchidas que existem, muito provavelmente, pelo caráter tão recente desta prática.

A partir da utilização de um mesmo componente, genérico, fabricado em massa, a lógica do discretismo é muito semelhante à modularização, já extensivamente explorada na arquitetura. O que parece mudar, no contexto discreto, é a utilização de ferramentas de projeto e fabricação digitais, alinhados com uma agenda dos processos computacionais de projeto, a possibilidade de fabricação de muitos elementos de maneira rápida e barata através de processos *file-to-factory*, a possibilidade de montagem e, principalmente, remontagem desses componentes discretos para a construção de novas espacialidades, além da variabilidade permitida a ser explorada através de interfaces digitais anteriormente à finalização do projeto. Nesse sentido, a variabilidade pode ser explorada num momento pré-montagem desses elementos o que, no horizonte da habitação, poderia definir layouts, organizações espaciais e geometrias distintas para a unidade habitacional, e uma variabilidade pós-montagem, o que sugere uma facilidade na personalização do espaço, que poderia alterar, novamente, layouts, organizações espaciais e geométricas, além da unidade habitacional poder ser completamente desmontada e ser direcionado um novo uso para os elementos discretos.

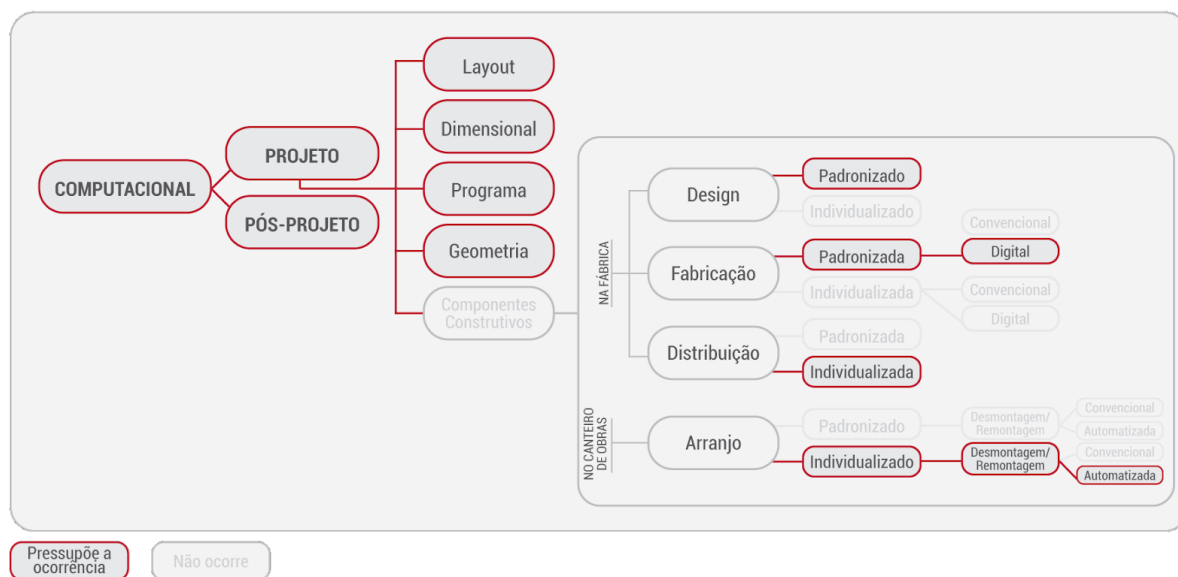
Destaca-se, também, o fato de no discretismo o raciocínio arquitetônico começar no projeto do elemento mínimo - o elemento discreto - e, a partir dele, ser desenvolvido o projeto arquitetônico em si. Dessa forma, o componente construtivo é indissociável de todo o processo desde o começo, é a primeira restrição de projeto. Novamente, ressalta-se, porém, a lacuna existente sobre como o componente discreto é projetado.

Diante disso, ainda fica um questionamento: se num horizonte de facilidade de geração de soluções arquitetônicas a partir de componentes construtivos completamente diferentes, com mesmo custo, mesmo tempo de fabricação, a mesma viabilidade, e a possibilidade de oferecer soluções espaciais completamente

distintas - como é no caso da customização em massa - por que seria mais “adequado” pensar o espaço a partir de um elemento construtivo padrão, genérico, *standard*?

Junto a essa breve reflexão, apresenta-se abaixo o diagrama-síntese que trata das questões de variabilidade no discretismo:

Figura 47: A variabilidade no Discretismo



Fonte: Autor (2023)

Baseado nas reflexões teóricas e nos exemplos práticos, é possível constatar que o *processo de projeto* no Discretismo se dá de maneira *computacional*, auxiliado, em certos casos, por interfaces digitais para manipulação dos dados pelos usuários, como no exemplo do Block West Pavilion. A *variabilidade* é prevista acontecendo numa etapa de *projeto* e *pós-projeto*, com a *variabilidade pós-projeto* incentivada pela utilização da lógica do *digital material*, que prevê o todo o arranjo a partir de encaixes, facilitando alterações ao longo da vida útil da edificação. A *variabilidade* ocorre em quase todas as categorias de análise, incluindo os níveis de *layout*, *dimensional*, *programa* e *geometria*.

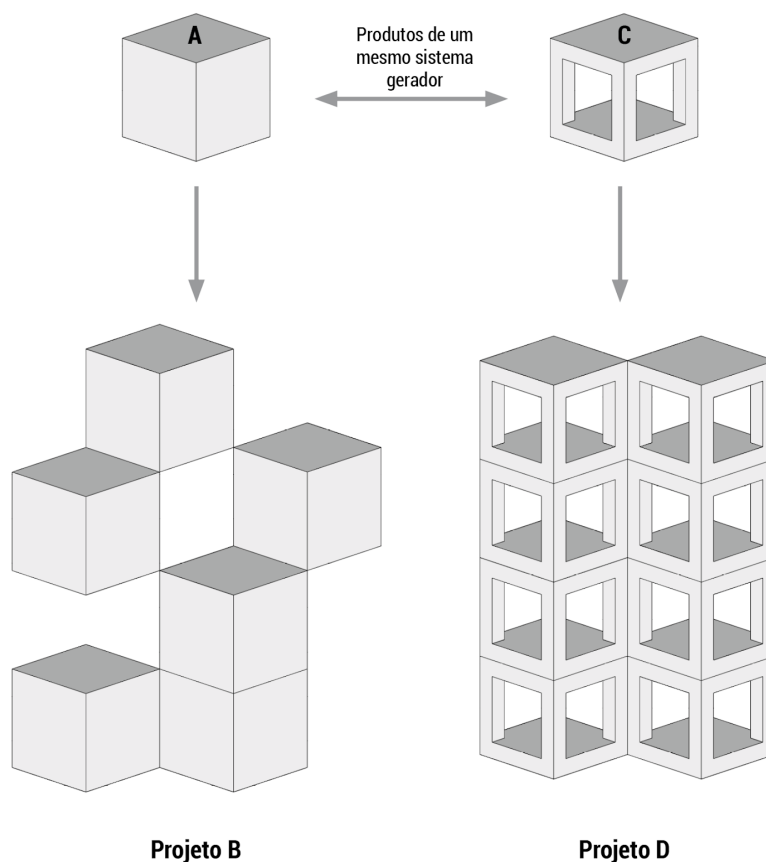
Com relação à *variabilidade* do *componente construtivo*, como apresentado pela teoria, ele se apresenta como um *componente construtivo padrão*, único. Nesse sentido, o seu *design* e a sua *fabricação* são igualmente *padronizados*, com a segunda sendo realizada a partir de um processo de *fabricação digital*. A *distribuição* é considerada *individualizada*, sendo distribuídos os componentes construtivos de

acordo com a demanda de cada empreendimento. O *arranjo*, por sua vez, é considerado *individualizado*, já que é a partir dele que é possível obter diferentes arranjos espaciais a partir da combinação dos elementos discretos. Pressupõe, como visto anteriormente na teoria e nos exemplos práticos, uma *montagem* e uma *desmontagem* totais, além da utilização de *processos automatizados* na etapa de arranjo, como braços robóticos.

Especialmente sobre o componente construtivo, é adequado estender um pouco a discussão sobre o componente único e padronizado. O processo de projeto computacional permite, principalmente quando utilizadas ferramentas paramétricas, a manipulação e alteração de todas as propriedades de determinado elemento, neste caso, é vislumbrada a transformação do elemento discreto. Associado a esse processo de projeto computacional é possível mencionar, ainda, a fabricação digital que admite, também, a fabricação de componentes altamente diferenciados mantendo, ainda assim, a eficiência da produção - é possível falar que o grande diferencial da fabricação digital é, justamente, a produção de elementos altamente diferenciados e não padronizados. A pergunta que se coloca, num primeiro momento, é: qual o sentido da utilização de um processo de projeto computacional para projetar o componente construtivo “único” e a utilização da fabricação digital que pressupõe a fabricação de componentes altamente individualizados se, no discretismo, o componente construtivo é altamente padronizado?

Embora isso não fique claro nem na teoria e nem nos exemplos práticos, é possível inferir que a utilização do processo computacional seja justificado e esteja vinculado a um processo de *metadesign* - similar ao utilizado na customização em massa - onde o projetista é encarregado de desenvolver um sistema responsável por gerar as propriedades do componente construtivo único, o qual pode ser alterado dependendo da demanda de cada projeto. Dessa forma, são utilizados somente componentes do tipo A num projeto B e componentes do Tipo C num projeto D, ambos diferentes, porém derivados de um mesmo sistema gerador de componentes construtivos discretos e únicos. Esse mesmo sistema é responsável, também, por prever o arranjo desses componentes.

Figura 48: A variabilidade no Discretismo



Fonte: Autor (2023)

Dito isto, é possível inferir que a justificativa da utilização da fabricação digital segue a mesma lógica: a possibilidade de fabricação de componentes discretos de maneira padronizada, mas com um processo de fabricação digital flexível o suficiente para permitir a sua reorganização completa para a produção de componentes construtivos discretos completamente distintos do primeiro.

Ainda assim, fica o questionamento do porquê a não utilização de componentes discretos diferentes, sendo que o processo de projeto computacional e a fabricação digital - nos quais o discretismo se apoia - permitem o arranjo e a fabricação de componentes construtivos altamente diferenciados mantendo a mesma eficiência, inclusive financeira. Essa parece, ainda, uma lacuna conceitual da lógica discreta.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A parte final da pesquisa busca sobrepor as temáticas estudadas e estabelecer paralelos entre os três processos de projeto vistos anteriormente - Open Building, Customização em Massa e Discretismo - tendo como foco principal uma discussão ancorada na variabilidade - tema principal desta pesquisa - além de considerar, quando pertinente, outros assuntos que orbitam as práticas projetuais aqui tratadas. As discussões de variabilidade a seguir se baseiam nos tópicos tratados anteriormente, porém agora sobrepostos. A partir da sobreposição das temáticas e das considerações finais a serem feitas, concluem-se as discussões pretendidas por esta pesquisa.

A partir das bibliografias e dos exemplos práticos trazidos referentes a cada um das práticas projetuais exploradas nesta pesquisa, a variabilidade no processo de projeto é comum a todas as três práticas. Tanto no Open Building - prática projetual mais antiga e consolidada - quanto na Customização em Massa e no Discretismo - práticas mais recentes e que abrem margem, ainda, para extensa exploração - a variabilidade ocorre com o intuito de oferecer soluções projetuais distintas e flexíveis o suficiente para atender a demandas que são bastante heterogêneas, variando de usuário para usuário.

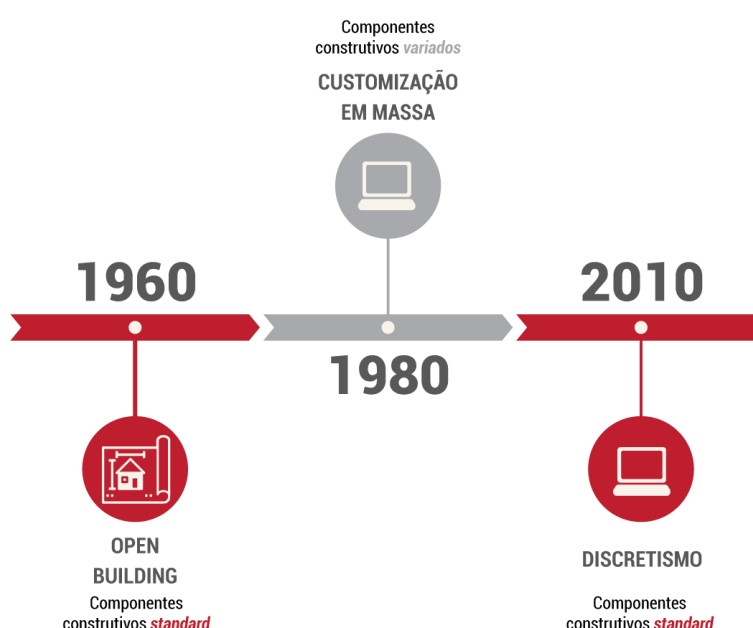
É importante ressaltar, inicialmente, as diferenças temporais existentes entre uma prática e outra, o que acaba impactando diretamente nas análises possíveis, tanto de cunho teórico quanto prático. Por conta disso, o Open Building aparece como um dos primeiros processos de projeto a sistematizar uma lógica de projeto baseada na variabilidade, sendo esta prevista, fomentada e com um processo de projeto desenhado para responder a tal variabilidade. De maneira semelhante, a Customização em Massa e o Discretismo trazem a variabilidade como elementos fundantes dessas práticas, embora cada um dos três processos explore a variabilidade de maneira mais profunda em diferentes etapas e componentes do processo de projeto.

Partindo disso, vale destacar o Open Building enquanto um processo mais robusto, consolidado, com teoria e prática quase completamente coincidentes, com os produtos - neste caso, os projetos arquitetônicos - respondendo de maneira bastante vinculada à teoria. De maneira contrária, no caso do Open Building e do Discretismo, é possível sugerir que estes processos estão em uma fase mais

experimental, ainda tentando coincidir o que é colocado na teoria reverberar de maneira mais direta na prática. Nesse sentido, no caso das duas últimas práticas projetuais, sugestiona-se que existe uma lacuna teórico-prática mais proeminente.

A consolidação do OB enquanto processo de projeto e o descompasso teórico-prático existente na CM e no discretismo podem ser justificados, inicialmente, a partir de duas óticas complementares: primeiro, o salto temporal existente entre as práticas, com o Open Building sendo a mais antiga delas, o que permitiu uma extensa exploração desta prática ao longo da historiografia da arquitetura, diferente das outras duas práticas projetuais; segundo, por uma questão relacionada à industrialização da construção civil. Como discutido anteriormente, é fato que a indústria da construção civil, a nível mundial, é ainda muito artesanal, o que compromete diretamente o avanço de práticas projetuais que se apropriam de processos computacionais de projeto e, nesse caso, principalmente, de fabricação. O Open Building, ao se apropriar de uma industrialização incipiente e, principalmente, não demandar exclusivamente da industrialização para a sua efetivação, consegue se desenvolver de maneira mais descomplicada e ser uma prática projetual mais tangível, até mesmo na contemporaneidade.

Figura 49: Linha do tempo contendo os processos de projetos e suas respectivas décadas de início, além da indicação da forma de fabricação dos componentes construtivos referentes a cada processo.



Fonte: Autor (2023)

A questão da industrialização se coloca de frente à ideia de Kolarevic e Duarte (2019) de que a customização em massa - e aqui, é possível incluir outros processos computacionais de projeto - é tecnologicamente e economicamente viável, porém social e culturalmente questionável. Considera-se que, de fato, é um consenso de que essas tecnologias já existem, porém são muito pouco acessíveis, falando, até mesmo, da ausência de indústrias preparadas para executarem projetos - não só os arquitetônicos - com altíssima capacidade de variabilidade e, conseqüentemente, de customização. Finalmente, a ideia de que uma indústria *standard* - que ancora tanto o Open Building quanto o discretismo - parece mais conveniente para a indústria da AEC - que na verdade é ainda pouco industrializada - é evidenciada quando os exemplos práticos do discretismo, prática projetual mais recente que a CM, parecem ser mais tangíveis e possíveis de serem colocados, em prática, do que no caso da customização em massa - vide os exemplos praticamente inexistentes de uma prática de customização em massa plena.

Apesar das considerações de uma evidente ausência de práticas relevantes de customização em massa e do discretismo, principalmente para habitação, e da consolidação do Open Building enquanto processo de projeto, são inegáveis as potencialidades de oferecimento de soluções de projeto infinitamente mais variadas - que incluem variações topológicas, dimensionais, formais e materiais - dos processos a partir de processo computacional de projeto. Associado à potencialidade oferecida pelo computador no processo de projeto, é necessário destacar, também, como a possibilidade de variabilidade é aumentada drasticamente quando os componentes construtivos que compõem a edificação podem ser, também, completamente distintos uns dos outros, algo que é limitado no caso do Open Building e do discretismo. Ao usar elementos padronizados - no caso do Open Building - ou componentes idênticos - no caso do discretismo - já existe, por si só, uma limitação imposta pelos componentes construtivos que, via de regra, são padronizados nestes casos e não possuem grande variabilidade. Os limites naturalmente impostos pela estandardização desaparecem completamente no horizonte da customização em massa. Assim, porém, apesar de o discretismo se apropriar de componentes construtivos *standard*, o fato de ser um processo computacional de projeto aumenta o número de soluções possíveis de ser entregue, justificado pela questão já abordada anteriormente na elaboração de um sistema gerador de componentes discretos.

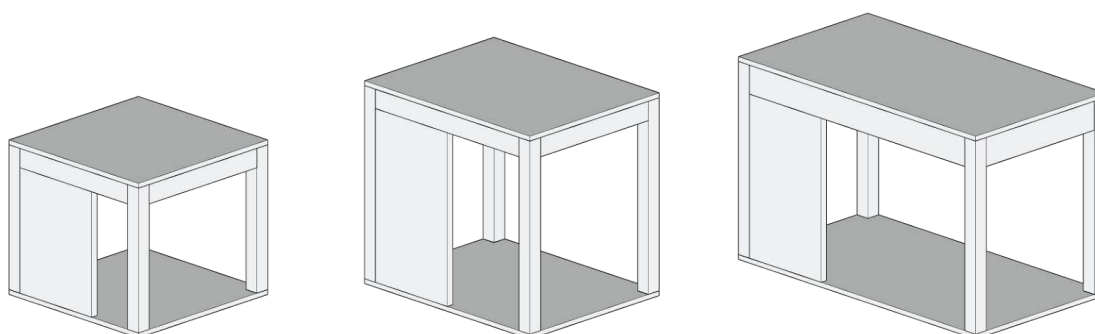
Relativo ao discretismo, destaca-se o caráter de desfuncionalização e multifuncionalidade aos quais os componentes discretos são atribuídos. Isso altera, de fato, a lógica de como entendemos, hoje, os componentes construtivos: vigas, pilares, lajes, alvenarias e até mesmo mobiliários como conhecemos são, completamente, dissolvidos - pelo menos na teoria. E aqui cabe uma problematização: o que pode ser, de fato, *discretizado*? É possível executar habitações completas a partir de componentes discretos, incluindo estruturas, vedações, coberturas, esquadrias e quaisquer outros elementos que compõem a habitação? A quais componentes construtivos a *discretização* se refere? Nesse sentido, o Open Building e a Customização em Massa parecem ser mais claros a que tipo de variabilidade eles servem, sobretudo por se apropriarem de componentes construtivos mais convencionais. Embora a Customização em Massa indique uma fabricação de componentes altamente variados, é sabido que uma edificação customizada em massa, muito provavelmente, vai se apropriar de pilares, vigas, lajes e vedações “convencionais”⁵² e não de elementos excessivamente multifuncionais. Essa desfuncionalização do componente construtivo discreto pode ser, portanto, uma lacuna justamente por não ser possível entender o que é, de fato, *discretizado*. Um caminho possível para isso seria definir a finalidade do elemento discreto: para função estrutural, de vedações e repartições, para mobiliários ou outros componentes mais específicos. Novamente, essa lacuna aparece por uma desarmonia do que apresenta-se na teoria - que sugere a construção de habitações completamente discretas - e os exemplos práticos - que não demonstram, de fato, habitações e que não apresentam, portanto, todas as variáveis e componentes existentes no projeto de uma habitação. Apesar disso, no caso do discretismo, a variabilidade se encontra, principalmente, nessa multifuncionalidade, onde um mesmo componente pode exercer inúmeras funções.

Cabe, ainda, uma comparação entre os elementos diferentemente estandardizados existentes no Open Building e no discretismo. Como já mencionado, ambas as práticas projetuais se apropriam de componentes construtivos padrão, porém no caso do OB essa padronização parte de uma lista de componentes construtivos - variados porém com um limite de variação - e que ainda

⁵² Essa insinuação é feita a partir, principalmente, dos exemplos práticos trazidos. Sugestiona-se, porém, que é possível que customização em massa se aproprie de elementos “desfuncionalizados” customizados e repense toda a lógica construtiva da habitação, como é sugerido no discretismo.

mantém uma lógica mais convencional desses componentes: vigas, pilares, paredes, mobiliários e outros componentes são pré-determinados no momento de projeto, arranjados de determinada forma no canteiro de obras e produzidos de maneira padronizada na indústria, limitados pela quantidade de componentes distintos que são oferecidos por aquela indústria. No discreto, em contrapartida, o componente discreto é, de fato, único. A ideia de padronização e do elemento único é levado ao extremo. As vigas, pilares, paredes e mobiliários encontrados no Open Building são, teoricamente, todos substituídos por uma aglomeração de um único componente discreto. Dito isso, é possível afirmar que a padronização de elementos se dá de maneira bastante distintas entre o Open Building e o Discretismo: no primeiro, existe um número limitado de componentes construtivos, diferentes, que exercem funções pré-estabelecidas na edificação - estrutural, fechamento, etc. - porém fabricados de maneira padrão, com um número limitado de possibilidade de variação e, no segundo, existe apenas um único elemento, sem possibilidade de variação e que exerce funções completamente diferentes na edificação, ou seja, um único elemento combinado com outros elementos idênticos exercem funções estruturais, de fechamento e etc.

Figura 50: Padronização no Open Building

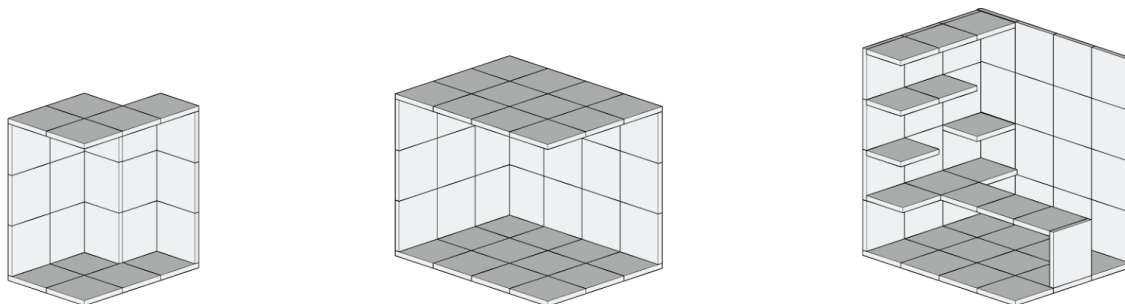


Fonte: Autor (2023)

O diagrama acima sugere como se dá a padronização no Open Building: elementos padronizados, com uma pequena variação entre eles que incluem, nesse exemplo, uma variação do dimensionamento dos componentes - pilares, vigas, lajes e fechamentos - porém essa variação pode não se resumir a uma variação de dimensionamento. Este esquema sugere um cenário de um catálogo, por exemplo, onde existem elementos variados, porém com uma pequena possibilidade de

escolha. Essa quantidade de elementos padrão pode variar, obviamente, de caso em caso, porém seguindo uma quantidade e modelos padrão, sem a possibilidade de customizar esses componentes construtivos.

Figura 51: Padronização no Discretismo



Fonte: Autor (2023)

Em contrapartida, o diagrama acima sugere como se dá a padronização no Discretismo: componentes construtivos discretos, altamente padronizados e repetidos para formarem um número de soluções a partir do arranjo distinto desses componentes. Destaca-se, também, a desfuncionalização e a multifuncionalidade que esses componentes discretos exercem nos exemplos acima. Salienta-se que, apesar de no discretismo existir apenas um único elemento que se repete a de infinito, o processo de projeto é computacional, permitindo arranjos infinitos dos elementos e, conseqüentemente, grande variabilidade de soluções. Ressalta-se, porém, que não há como precisar se as soluções entregues pelo Open Building são mais numerosas do que as entregues pelo discretismo e vice-versa, considerando, ainda, que o Open Building pode ser, também, um processo computacional de projeto.

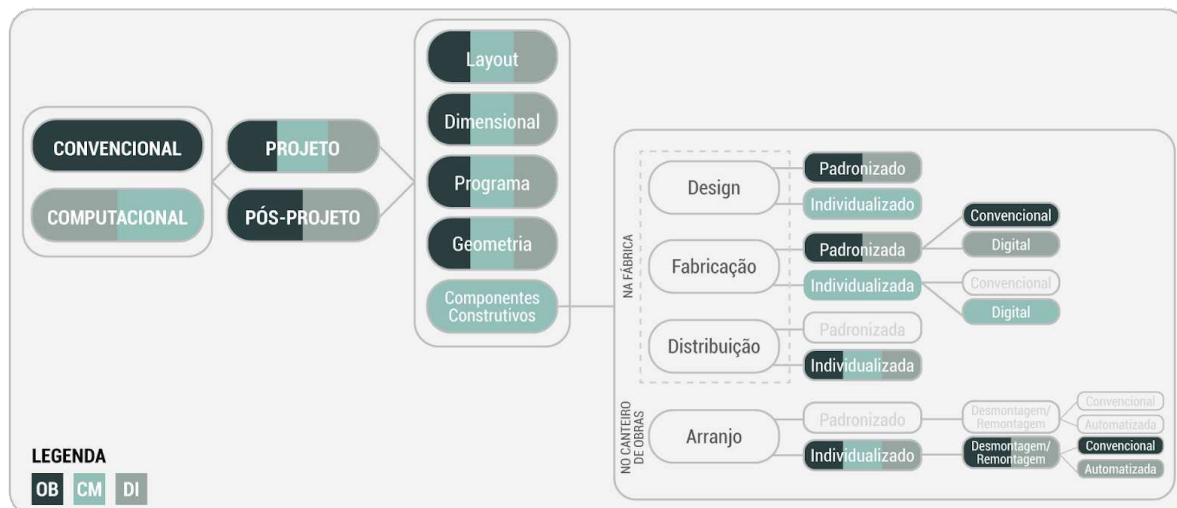
A partir das discussões apresentadas, é possível inferir que, principalmente, a variabilidade, outrora antecipada pelo Open Building, graças às tecnologias digitais de projeto e fabricação, é facilitada no horizonte da customização em massa e do discretismo. Sumariamente, pretende-se resolver a mesma questão - a entrega de soluções altamente variadas - mas com ferramentas e processos distintos. De maneira equivalente, a participação do usuário é prevista no Open Building, na Customização em Massa e no Discretismo; o Projeto Paramétrico é a ferramenta contemporânea que viabiliza uma extensa gama de soluções de projeto na Customização em Massa e no Discretismo, desejada e prevista já no Open Building,

porém agora geradas de maneira automatizada; e a Fabricação Digital, finalmente, é o procedimento de fabricação contemporâneo que mais se aproxima e torna viável a fabricação daquilo que foi projetado a partir de uma lógica paramétrica, que pode ser comparado, no contexto do Open Building, aos elementos industriais pré-fabricados da década de 1960. Isso significa que as três práticas projetuais se apropriam do que há de mais tecnológico em seu contexto específico, tanto para projeto quanto para fabricação.

É evidente que o pretendido aqui não é colocar em xeque os processos computacionais de projeto nem tampouco desqualificar a sua relevância no contexto contemporâneo e a sua importância na geração de soluções personalizadas de forma automatizada a partir do design algorítmico-paramétrico e posterior fabricação através da fabricação digital no âmbito da customização em massa e do discretismo. O foco da discussão, aqui, pretende entender se o raciocínio arquitetônico, que envolve a solução de determinados problemas e os caminhos percorridos para solucionar esses problemas, trazem algum “ineditismo”.

Nessa perspectiva, é possível inferir que sim, os avanços tecnológicos - aqui falando, especificamente, dos processos computacionais de projeto e fabricação - trazem novas formas de se pensar o processo de projeto - aqui, a Customização em Massa e o Discretismo - ainda que para resolver uma mesma questão - a variabilidade - prevista no Open Building, o que inclui: o processo de projeto através de ferramentas computacionais, que permite uma extensa gama de resultados, totalmente variados, das soluções projetuais; fabricação customizada/individualizada dos componentes construtivos, o que agrega nas soluções projetuais variadas; essa fabricação, a partir da fabricação digital, oferece um produto *non-standard* - no caso da Customização em Massa - com mesmo custo, rapidez e eficiência da produção padrão; a participação do usuário de maneira mais autônoma através de interfaces digitais (sites, aplicativos e outros) com visualização simultânea e controle de todos os aspectos referentes ao projeto, incluindo o financeiro. Esses são alguns dos avanços trazidos pelas tecnologias mais recentes de projeto e fabricação que, no horizonte do Open Building, por exemplo, era inexistente ou, no mínimo, menos acessível.

Figura 52: Diagrama que sobrepõe os diagramas-síntese dos capítulos anteriores sobre a variabilidade em arquitetura em cada um dos processos de projeto estudados.



Fonte: Autor (2023)

O diagrama-síntese afinal apresenta um resumo do que foi visto ao longo dos capítulos porém, agora, de maneira sobreposta. Através do diagrama é possível observar que o *Open Building* possui um processo de projeto considerado *convencional* em seu contexto enquanto a *customização em massa* e o *discretismo* se apoiam em um processo de projeto *computacional*. Nas 3 práticas projetuais é prevista a *variabilidade* numa etapa de projeto, porém, em teoria, a previsão da exploração da variabilidade *pós-projeto* concluído é observada apenas no *Open Building* e no *discretismo*. *Open Building*, *Customização em Massa* e *Discretismo* compartilham a exploração da variabilidade em instâncias de *layout*, *dimensional*, *programa* e *geometria*, porém apenas a *Customização em Massa* explora a variabilidade - que pode ser considerada praticamente infinita - dos *componentes construtivos*.

Sobre os componentes construtivos fabricados para a indústria da habitação, especificamente, o diagrama acima sobrepõe o funcionamento da linha de produção nas três práticas projetuais. Como discutido anteriormente, *Open Building* e *Discretismo* compartilham um design *padronizado*, porém com “padrões” distintos: o primeiro, um conjunto de elementos ligeiramente distintos, porém *standards* e o segundo um único elemento, de fato. No caso da *Customização em Massa*, porém, o design desses componentes é exponencialmente *individualizado*, o que significa que o design pode ser completamente diferente, componente por componente. A

fabricação segue a mesma lógica: *padrão* para o *OB* e o *DI* e altamente *customizado* na *CM*, seguindo a mesma lógica do *design*. A *distribuição* pode ser considerada *individualizada* para todas as três práticas, considerando que, para cada solução projetual, existe uma demanda específica de distribuição, ainda que essa distribuição seja de produtos padronizados: a quantidade de componentes, por exemplo, precisa ser individualizada de acordo com cada demanda distinta.

Finalmente, especificamente na indústria da arquitetura, o *arranjo* dos componentes construtivos merece destaque. Isso porque nessa indústria, na maioria dos casos, os componentes construtivos são arranjados no canteiro de obras ou, em casos muito específicos, em fábrica. Isso significa que, após fabricados, esses elementos precisam ser montados e, a partir daí, a habitação - no caso específico de projetos habitacionais - está pronta para uso. Subentende-se, portanto, que uma unidade habitacional é montada a partir de componentes construtivos industrializados e abre margem para uma análise no sentido de que o produto - nesse caso, a casa - pode não chegar plenamente finalizado para o usuário final. É aqui que o arranjo possui relevância: no Open Building, na Customização em Massa e no Discretismo, os componentes podem, em maior ou menor grau, ser arranjados e rearranjados de maneiras distintas e essa característica - o (re)arranjo - é fundamental quando se pensa numa lógica de fabricação padronizada, especialmente. É a partir, principalmente, do arranjo variável dos componentes que é possível ter soluções variadas a partir de componentes standardizados. Esse fato fica evidente no caso do Open Building e do Discretismo que se apropriam de componentes padronizados e, ainda assim, oferecem possibilidade de soluções projetuais variadas. Pelo caráter de individualização existente na customização em massa, é possível que um arranjo variado dos componentes seja mais complexo, a depender do nível de especificação de cada componente construtivo, o que significa que, quanto mais individualizado e customizado for componente, mais difícil pode ser arranjá-lo de maneiras distintas.

De maneira conclusiva, esta pesquisa buscou apresentar possibilidades, potencialidades e limitações de processos de projeto que se fundamentam a partir da lógica de variabilidade. Apesar de o tópico final estabelecer paralelos e comparações, a partir da teoria e dos exemplos práticos trazidos, é possível vislumbrar um horizonte no qual esses processos possam ser combinados, sobrepostos, extraindo as potencialidades de cada um e diluindo limites muito

rígidos existentes entre cada processo. Dessa forma, Open Building, Customização em Massa e Discretismo poderiam ser combinados com o intuito de entregar soluções nas quais a variabilidade, tanto de um ponto de vista de processo de projeto quanto de componentes construtivos, pudesse ser elevada a um nível superior, oferecendo resultados variados e altamente individualizados para cada demanda específica dos usuários.

Algumas possibilidades de combinação dos processos estudados são: o Open Building sendo associado a uma lógica de customização em massa e/ou discretismo, no qual o preenchimento pudesse ser executado a partir da lógica da CM ou do Discretismo e o suporte a partir de componentes discretos, por exemplo, além de se apropriar de um processo de projeto altamente digital, facilitando a visualização dos resultados por parte dos usuários, principalmente. A Customização em Massa extraindo potencialidades da lógica do Open Building, incorporando de maneira mais direta questões relacionadas ao nível público e comum das edificações além de se apropriar, como no caso do Discretismo, da alta potencialidade de recombinação de componentes construtivos - ainda que estes pensados a partir de uma lógica de individualização - suas montagens, desmontagens e elevada oportunidade de arranjos distintos. Por fim, o discretismo se aproximando de uma realidade mais palpável e direcionada à habitação como o Open Building e a Customização em Massa, talvez se encaminhando para uma maior especificação dos componentes, um pouco menos generalista, desfuncionalizada e multifuncionalizada. O elemento discreto poderia, por exemplo, ser direcionado à construção do suporte ou, até mesmo, do preenchimento, no qual poderiam ser exploradas as suas potencialidades de rearranjo de maneira facilitada.

Este trabalho possui, como objetivo final, contribuir na discussão acerca de processos de projetos contemporâneos nos quais a variabilidade é elemento indissociável. Para isso, a pesquisa focou em apresentar três processos de projetos distintos, explorando a teoria e a prática associadas a eles, quando possível, com uma análise focada nas unidades habitacionais coletivas ou, ao menos, vislumbrando a sua aplicação nesse contexto.

Diante disso, conclui-se que existe, primeiramente, uma demanda de variabilidade na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção que justifica a existência de processos de projetos ancorados na variabilidade e o aprofundamento nos estudos referentes a esses processos. Percebeu-se, ao longo da pesquisa,

como essa variabilidade se manifesta de maneiras distintas em cada um dos processos estudados, porém tendo como base a entrega de soluções altamente variadas para as distintas demandas dos usuários.

Dessa forma, a partir da definição dos três processos de projetos aqui tratados, foram verificados os estados da arte de cada um deles, associados a exemplos práticos - nos quais pretendia-se verificar a aplicabilidade da teoria, na prática - e, principalmente, entender onde cada processo se iguala e se diferencia do outro, tendo como bases o processo de projeto em si e a sua relação com a indústria da construção civil. A pesquisa contribui, finalmente, para um melhor delineamento de cada um dos processos de projeto junto aos seus exemplos práticos e, a partir disso, possibilitar uma sistematização de cada um das práticas projetuais para, posteriormente, sobrepô-las e verificar similaridades e diferenças no horizonte da variabilidade. Considera-se relevante destacar, também, o fato de que, ao sobrepor as práticas projetuais estudadas, os limites comumente associados aos processos de projeto como altamente distintos, se desfazem, ao passo que é possível perceber semelhanças entre cada um deles.

A principal limitação encontrada foi, com exceção do capítulo que trata do Open Building, encontrar exemplos práticos nos quais a teoria seja plenamente aplicada à prática. Sugestiona-se, também, que trabalhos futuros executem revisões bibliográficas sistemáticas, a partir das quais seria possível, também, averiguar uma variável quantitativa da produção acadêmica de cada um dos processos de projeto estudados.

Finalmente, recomenda-se que, para trabalhos futuros, sejam propostos projetos - ainda que em fase de estudo/experimental - que sobreponham os três processos de projeto de forma prática, fazendo um paralelo teórico-prático que apresente as estratégias projetuais utilizadas e como elas podem ser sobrepostas e aplicadas em um experimento com demandas de usuários, terrenos, contextos e outras condicionantes de projeto, concretas.

Referências

AGO, V. Series and Other Unit-Based Alternatives: Notes on Contemporary Digital Operations. **Architectural Design**, v. 89, n.2, p.110-117, mar./abr. 2019.

ANDERSON, C. **Makers: The New Industrial Revolution**. New York: Crown Business, 2012.

AVALONE, M. C.; FETTERMANN, D. de C. Demandas de customização em edifícios residenciais no Brasil: uma análise de agrupamentos empírico-qualitativa com base no sistema Skeleton/Infil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 20, n. 2, p. 489-503, abr./jun. 2020. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212020000200411>

BARMAN, S.; CANIZARES, A. E. A Survey of Mass Customization in Practice. **International Journal of Supply Chain Management**, v. 4, n. 1, p. 65-72, março 2015.

BENROS, D.; DUARTE, J. P. An integrated system for providing mass customized housing. **Automation in Construction**, Lisboa, v. 18, p. 310-320, Maio 2009. ISSN 0926-5805.

BIANCONI, F.; FILIPPUCCI, M.; BUFFI, A. Automated design and modeling for mass-customized housing. A web-based design space catalog for timber structures. **Automation in Construction**, n. 103, p. 13-25, 12 março 2019. ISSN 0926-5805.

BONATTO, F.; MIRON, L.; FORMOSO, C. Avaliação de Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social Com Base na Hierarquia de Valor Percebido pelo Usuário. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 1, p. 67-83, jan./mar. 2011.

BRANDÃO, D. Q. Disposições Técnicas e Diretrizes Para Projeto de Habitações Sociais Evolutivas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 73-96, abr./jun. 2011.

BRITO, J. N. D. S.; FORMOSO, C. T.; ECHEVESTE, M. E. Análise de Dados de Reclamações em Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social: estudo no Programa de Arrendamento Residencial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 151-166, out./dez. 2011.

CAETANO, I.; SANTOS, L.; LEITÃO, A. Computational design in architecture: Defining parametric, generative, and algorithmic design. **Frontiers of Architectural Research**, v. 9, n. 2, p. 287-300, 2020.

CARBONE, C.; EID MOHAMED, B. Evaluating the utility core in the prefabricated building industry: past, present and future. **Enquiry: A Journal for Architectural Research**, v. 14, n. 1, p. 37–47, 17 dez. 2017.

CARPO, M. **The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence**. Cambridge, Massachusetts : The MIT Press, 2017.

CARPO, M. Particled: Computacional Discretism, or The Rise of the Digital Discrete. **Architectural Design**, v. 89, n.2, p.86-93, mar./abr. 2019.

CELANI, G. PUPO, R.T. Prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção: definições e estado da arte no Brasil. **Cadernos de pós-graduação em arquitetura e urbanismo**, v. 8, n.1, p.31-41. 2008.

CHOI, S., STAHL, D., WHINSTON, A. B. **The Economics of Electronic Commerce**. Indianapolis: MacMillan Technical Publishing, 1997.

CLAYPOOL, M. From Digital to the Discrete. **107th ACSA Annual Meeting Proceedings**, 2019b.

CLAYPOOL, M. Our Automated Future: A Discrete Framework for the Production of Housing. **Architectural Design**, v. 89, n.2, p.46-53, mar./abr. 2019a.

CLAYPOOL, M. The Discrete Turn: A reconsideration of architecture's ontology. *In*: BUTCHER, M.; O'SHEA, M. (org.). **Expanding Fields of Architectural Discourse and Practice**. UCL Press, 2020, p.394-413.

CLAYPOOL, M.; RETSIN, G.; GARCIA, M.J.; JASCHKE, C.; SAEY, K. . Automation And Discrete: Exploring New Potentials for Streamlining Production in Architectural Design. **Journal of Architectural Education**, v.75, n.1, p.108-114, 2021.

CIUFFOLINI, M. A.; SHIMBO, L. Z. Políticas Urbanas e Habitacionais e Seus Efeitos Sociais: um estudo do Programa “Minha Casa Minha Vida” no Brasil e na Argentina. *In*: BONELLI, M.

D. G.; LANDA, M. D. V. (Orgs.). **Sociologia e Mudança Social no Brasil e na Argentina**. São Carlos: Compacta, 2013.

DA SILVEIRA, G., BORESTEIN, D., FOGLIATTO, F.S. Mass Customization: Literature Review and Research Directions. **International Journal of Production Economics**, 72, 1-13, 2001.

DAVIS, S. M. **Future Perfect**. 1ª. ed. Boston: Addison Wesley, 1987.

DUARTE, J. P. Customizing Mass Housing: A Discursive Grammar for Siza's Malagueira Houses. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, p. 536. 2001.

FETTERMANN, D. C.; TORTORELLA, G. L.; TABOADA, C. M. **Mass Customization Process in Companies from the Housing Sector in Brazil**. In: Cortés-Robles G., García-Alcaraz J., Alor-Hernández G. (eds). *Managing Innovation in Highly Restrictive Environments*. Cham: Springer, 2019. E-book.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GILMORE, J.H., PINE II, B. J., The Four Faces of Mass Customization. **Harvard Business Review**, n. January–February 1997, 1 jan. 1997.

HABRAKEN, N.J. **Supports**: an alternative to mass housing. UK: The Urban International Press, 2011.

HABRAKEN, Nicholas John. **N. J. Habraken explains the potential of the Open Building approach in architectural practice**. Interview. In: *Open House International*, V. 37, N.4, December, 2012, *Adapting Buildings to Climate Change*; e In: São Paulo: Vitruvius, 052.04, 13/12/2012. Entrevista concedida a Denie Morado Nascimento.

HART, C. W. L. Mass customization: conceptual underpinnings, opportunities and limits. **International Journal of Service Industry Management**, West Yorkshire, v. 6, n. 2, p. 36-45, 1995.

KAPLAN, A. M.; HAENLEIN, M. Toward a Parsimonious Definition of Traditional and Electronic. **The journal of product innovation management**, 2006. 168-181.

KENDALL, S. Developments Toward a Residential Fit-Out Industry. In: 16th INTERNATIONAL CONFERENCE ON "OPEN AND SUSTAINABLE BUILDING". **Proceedings[...]** CIBW104 - Open Building Implementation and TECNALIA, 2010.

KENDALL, Stephen. **Reflections on the History and Future of the Open Building Network**. Jul. 2015. Disponível em: <<http://open-building.org/ob/hist.html>>. Acesso em 15 dez. 2022.

KENDALL, S. **Open Building intensive with prof. Kendall: how to design open buildings – brief**. Johannesburg: UJ-UNIT2, 2015a. Disponível em: <<http://uj-unit2.co.za/open-building-intensive-with-prof-kendall-how-to-design-open-buildings-studio-at-denver-and-mtech2-site-applications>>. Acesso em 03 jan 2023.

KENDALL, S.; TEICHER, J. **Residential Open Building**. New York: E & FN Spon, 2000.

KHALILI-ARAGHI, S.; KOLAREVIC, B. Captivity or Flexibility: Complexities in a Dimensional Customization System. **eCAADe 2016 : proceedings of the 34rd International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe**, Oulu, v. II, p. 633-642, agosto 2016.

KOLAREVIC, B. **Mass customization and design democratization**. GEGRADI Prograu FAUrb UFPEL. 05 out. 2021. 1 vídeo (1h:10min). *[Live]*. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=_BDZN6MlaxM&t=305s. Acesso em: 22 dez. 2022.

KOLAREVIC, B. Metadesigning customizable houses. In: KOLAREVIC, B.; DUARTE, J. P. **Mass customization and design democratization**. 1ª. ed. Abingdon: Routledge, 2019. Cap. 10, p. 117-128.

KOLAREVIC, B.; DUARTE, J. P. From massive to mass customization and design democratization. In: KOLAREVIC, B.; DUARTE, J. P. **Mass customization and design democratization**. Abington : Routledge, 2019. Cap. 1, p. 1-12.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. 5. reimp. São Paulo: Atlas, 2007.

LAMOUNIER, Rosamônica da Fonseca & MORADO NASCIMENTO, Denise. **Open Building in Brazil: is it possible?** In: XXV World Congress of Architecture, Durban UIA 2014:

Architecture Otherwhere. Proceedings. p.834-847. Disponível em <http://www.uia2014durban.org/get_involved/documents.htm>. Acesso em 22 nov. 2022.

LAMPEL, J., MINTZBERG, H., Customizing Customization. **Sloan Management Review**, v. 38, n. 1, p. 21–30, 1996.

LEACH, N. There Is No Such Thing as a Digital Building: A Critique of the Discrete. **Architectural Design**, v. 89, n.2, p.136-141, mar./abr. 2019.

LIMA, L. P.; FORMOSO, C. T.; ECHEVESTE, M. E. S. Proposta de Um Protocolo Para o Processamento de Requisitos do Cliente em Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 21-37, abr./jun. 2011.

MCCARTHY, I.P. Special issue editorial: The what, why and how of mass customization. **Production Planning and Control**, v. 10, n.4, p.347-351, jun. 2004.

MANNING, R.V. Soft Discrete Familiars: Animals, Blankets and Brick. Oh My!. **Architectural Design**, v. 89, n.2, p.118-123, mar./abr. 2019.

MONTANER, J. M. **Do diagrama às experiências, rumo a uma arquitetura de ação**. Tradução de Maria Luisa de Abreu Lima Paz. 1ª. ed. São Paulo: Gustavo Gili, 2017.

MOREL, P. The Origins of Discretism: Thinking Unthinkable Architecture. **Architectural Design**, v. 89, n.2, p.14-21, mar./abr. 2019.

NOGUCHI, M. A Proposed Choice Model for the Delivery of Mass Custom Homes. In: INTERNATIONAL HOUSING RESEARCH CONFERENCE, Toronto, 2004. **Proceedings...** Toronto: CUCS, 2004.

OXMAN, R. Thinking difference: Theories and models of parametric design thinking. **Design Studies**, v. 52, p. 4-39, 2017.

PILLER, F., KOCH, M., MOESLEIN, K.M., SCHUBERT, P. Overcoming Mass Confusion: Collaborative Customer Co-Design in Online Communities. **Journal of Computer-Mediated Communication**, v. 10, n. 4, jul 2005.

PILLER, F.; KUMAR, A. For Each, Their Own: the strategic imperative of mass customization. **Industrial Engineer**, p. 40-45, 2006.

PINE II, B. J. **Mass Customization**: the new frontier in business competition. Boston: Harvard Business School Press, 1993.

PINE II, B. J. Customering: the next stage in the shift to mass customization. In: KOLAREVIC, B.; DUARTE, J. P. **Mass customization and design democratization**. Abington: Routledge, 2019. Cap. 2, p. 13-28.

PIROOZFAR, P. A. E.; PILLER, F. T. Mass customisation and personalisation in architecture and construction: An introduction. In: **Mass Customisation and Personalisation in Architecture and Construction**. 1st. ed. 9780203437p. 3–14, 2013.

PRODANOV, Cleber.; FREITAS, Ernani de. **Metodologia do trabalho científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013.

RETSIN, G. Discrete Assembly and Digital Materials in Architecture. **Proceedings of the 34th International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe (eCAADe)**, v.1, n.34, p. 143-151, 2016.

RETSIN, G.; GARCIA, M.; SOLER, V. Discrete Computational For Additive Manufacturing. In: MENGES, A.; SHEIL, B.; GLYNN, R.; SKAVARA, M. **FABRICATE 2017**. 1ª. ed. London: Institute for Computational Design and Construction, 2017. Cap. 10, p. 178-183.

RETSIN, G. Discrete Timber Assembly. In: BURRY, J.; JENNY, S.; SHEIL, B.; SKAVARA, M. **FABRICATE 2020**. 1ª. ed. London: Institute for Computational Design and Construction, 2017, p. 264-271.

RETSIN, G. Toward Discrete Architecture: Automation Takes Command. **ACADIA Proceedings**, 2019a.

RETSIN, G. Bits and Pieces: Digital Assemblies: From Craft to Automation. **Architectural Design**, v. 89, n.2, p.38-45, mar./abr. 2019b.

RETSIN, G. Discrete Architecture in the Age of Automation. **Architectural Design**, v. 89, n.2, p.6-13, mar./abr. 2019c.

RIFKIN, J. **The Third Industrial Revolution**. New York: Palgrave Macmillan, 2011.

SALVADOR, F.; HOLAN, P. M. D.; PILLER, F. Cracking the code of mass customization. **MIT Sloan Management Review**, Cambridge, 2009. 70-79.

SCHEEREN, R.; LIMA, D.L.C. O manifesto do Parametricismo: perspectivas acerca de um "novo estilo global" para o design da arquitetura e do urbanismo. **VIRUS**, São Carlos, n. 11, 2015. [online] Disponível em: <<http://www.nomads.usp.br/virus/virus11/index.php?sec=4&item=5&lang=pt>>. Acesso em: 16 Jan. 2023.

SCHUMACHER, P. Parametricism: A new global style for architecture and urban design. **Architectural Design**, Londres, v. 79, n. 4, p. 14-23, jul/ago 2009.

SCHUMACHER, P. **The Autopoiesis of Architecture**, Volume II: a new agenda for Architecture. Chichester: Wiley, 2012.

SCHWAB, K. **Shaping the Future of the Fourth Industrial Revolution**. New York: Crown Publishing Group, 2016.

TANNEY, J. The modular design: The mass customization of the single family home. In: KOLAREVIC, B.; DUARTE, J. P. **Mass customization and design democratization**. 1ª. ed. Abingdon: Routledge, 2019. Cap. 13, p. 157-174.

TAUBE, J.; HIROTA, E. H. Customização em massa no processo de provisão de Habitações de Interesse Social: um estudo de caso. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 253-268, outubro-dezembro 2017. ISSN 1678-8621.

van Stralen, M., "Mass Customization: a critical perspective on parametric design, digital fabrication and design democratization", p. 142-149 . In: . São Paulo: Blucher, 2018. ISSN 2318-6968, DOI 10.5151/sigradi2018-1770

VELOSO, P.; CELANI, G.; SCHEEREN, R. From the generation of layouts to the production of construction documents: An application in the customization of apartment plans. **Automation in Construction**, n. 96, p. 224-235, Outubro 2018. ISSN 0926-5805.

YABLONINA, M.; MENGES, A. Distributed Fabrication: Cooperative Making with Larger Groups of Smaller Machines. **Architectural Design**, v. 89, n.2, p.62-69, mar./abr. 2019.

ZHENG, L. Meta-Utopia and the Box: Two Stories about Avante-Garde Projects. **Architectural Design**, v. 89, n.2, p.130-135, mar./abr. 2019.

ZIPKIN, P. The Limits of Mass Customization. **MIT Sloan Management Review**, Cambridge, 2001. 80-87.

ZHAO, H. et al. "Why do we not buy mass customised products?" – An investigation of consumer purchase intention of mass customised products. **International Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 10, n. 2, p. 181-190, 2019. ISSN 2217-2661.