FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

MEDIAÇÃO DIGITAL EM ARQUITETURA: *WORKFLOW* DE SUBSTITUIÇÃO DE ESQUADRIAS EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

Ana Caroline de Lima Santana

2024 **CAMPO GRANDE|MS**

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
FACULDADE DE ENGENHARIAS, ARQUITETURA E URBANISMO E GEOGRAFIA MESTRADO PROFISSIONAL EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

MEDIAÇÃO DIGITAL EM ARQUITETURA: *WORKFLOW* DE SUBSTITUIÇÃO DE ESQUADRIAS EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

ANA CAROLINE DE LIMA SANTANA

Trabalho de conclusão de curso para defesa de Mestrado Profissional apresentada na Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, para obtenção do título de Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade, na área de concentração Sustentabilidade.

Orientador: Prof. Dr. Gilfranco Alves.

CAMPO GRANDE
MAIO / 2024

Serviço Público Federal
Ministério da Educação
Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE MESTRADO

Aos onze dias do mês de junho do ano de dois mil e vinte e quatro, às oito horas, na Videoconferência, da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, reuniu-se a Banca Examinadora composta pelos membros: Gilfranco Medeiros Alves (UFMS), Juliano Veraldo da Costa Pita (IFSP) e Mayara Dias de Souza (UFMS), sob a presidência do primeiro, para julgar o trabalho da aluna: ANA CAROLINE DE LIMA SANTANA, CPF 04641711135, do Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade, Curso de Mestrado, da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, apresentado sob o título "MEDIAÇÃO DIGITAL EM ARQUITETURA: WORKFLOW DE SUBSTITUIÇÃO DE ESQUADRIAS EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL" e orientação de Gilfranco Medeiros Alves. O presidente da Banca Examinadora declarou abertos os trabalhos e agradeceu a presença de todos os Membros. A seguir, concedeu a palavra à aluna que expôs sua Trabalho de Conclusão de Curso. Terminada a exposição, os senhores membros da Banca Examinadora iniciaram as arguições. Terminadas as arguições, o presidente da Banca Examinadora fez suas considerações. A seguir, a Banca Examinadora reuniu-se para avaliação, e após, emitiu parecer expresso conforme segue: APROVADA, com recomendação para publicação.

Dr. Gilfranco Medeiros Alves (Orientador)

Dra. Andrea Naguissa Yuba (Interno) (Suplente)

Dra. Juliana Couto Trujillo (Externo) (Suplente)

Dr. Juliano Veraldo da Costa Pita (Externo)

Dra. Mayara Dias de Souza (Interno)

RESULTADO FINAL:

Aprovação(X) Aprovação com revisão( ) Reprovação( )

OBSERVAÇÕES:

Nada mais havendo a ser tratado, o Presidente declarou a sessão encerrada e agradeceu a todos pela presença.

NOTA MÁXIMA NO MEC UFMS É 10!!!

Documento assinado eletronicamente por **Gilfranco Medeiros Alves**, **Professor do Magisterio Superior**, em 12/06/2024, às 09:37, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

NOTA MÁXIMA NO MEC UFMS É 10!!!

Documento assinado eletronicamente por **Mayara Dias de Souza**, **Professora do Magistério Superior**, em 12/06/2024, às 10:01, conforme horário oficial de Mato Grosso do Sul, com fundamento no § 3º do art. 4º do Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.

A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufms.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **4863058** e o código CRC **6E81E464**.

COLEGIADO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE

Av Costa e Silva, s/nº - Cidade Universitária

Fone:

CEP 79070-900 - Campo Grande - MS

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, que me deu suporte neste desafio, aos meus pais, Onildo Santana e Genice Furtado, e a minha namorada Thays Vieira que me deu apoio nos períodos de estudo.

Agradeço também a meu orientador Gilfranco Alves, que deu todo o suporte e apoio intelectual e, em muitos momentos psicológico, para o desenvolvimento deste mestrado. Agradeço também toda a confiança e parceria ao longo da pesquisa, foram essenciais para que ela se desenvolvesse de um jeito leve e promissor.

Agradeço também as pessoas que contribuíram para essa caminhada nos dois últimos anos, à Natacha Figueredo colega e amiga, com quem dividi todos os altos e baixos desse desafio e à Mariel Selingardi que foi mais uma colega nesta caminhada.

Gostaria de agradecer aos professores que me ajudaram neste período, não só com as disciplinas, mas também com a disponibilidade e atenção, Profª. Mayara Dias, Profª. Juliana Trujillo e Prof. Alex Nogueira.

Agradecimentos a Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do MS (FUNDECT), à CAPES, a Faculdade de Engenharia Arquitetura e Urbanismo e Geografia (FAENG), o Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade (PPGEES), ao grupo de pesquisa algo+ritmo UFMS e a Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

RESUMO

A partir do cenário do déficit habitacional no Brasil, este estudo a borda e investiga o papel da mediação digital no processo de projeto arquitetônico para habitações de interesse social (HIS), tendo como ponto de partida a situação habitacional precária enfrentada pelas famílias de baixa renda. Assim, se investiga a customização em massa de componentes arquitetônicos em moradias destinadas a população de baixa renda, utilizando técnicas de *design* paramétrico e modelagem da informação (BIM). A partir do desenvolvimento de um *workflow* de substituição de esquadrias dentro das primeiras etapas de projeto arquitetônico, para ser implantado no programa Minha Casa Minha Vida (MCMV), em que se explora as potencialidades da interação entre arquiteto, usuário e *software*, tem-se o objetivo de aprimorar a qualidade das habitações populares. A metodologia da pesquisa e do *workflow* baseiam-se na Cibernética de Segunda Ordem, com foco no conceito de *feedback looping*, de modo a estabelecer um fluxo mais eficiente no processo de projeto. Para o desenvolvimento do experimento se tem o uso dos *softwares VisualARQ* e *Rhinoceros* 3D para a exploração das possibilidades práticas da pesquisa. Assim, coloca-se em foco a discussão da relevância da mediação digital e o fluxo de informações no processo de projeto arquitetônico. As reflexões desta pesquisa destacam o potencial do *workflow* de substituição de elementos arquitetônicos, especialmente em projetos de HIS, como os do programa MCMV, ao empregar a customização em massa. Busca-se contribuir para a discussão sobre a importância da mediação digital na elaboração de projetos, enfatizando o papel do *design* paramétrico e do BIM como impulsionadores e facilitadores de todo o processo.

Palavras-chave: Habitação de interesse social, *Design* paramétrico, BIM, Customização em massa, Cibernética de Segunda Ordem, Mediação Digital.

ABSTRACT

Based on the housing deficit scenario in Brazil, this study investigates the role of digital mediation in the architectural design process for social interest housing (HIS), starting from the precarious housing situation faced by low-income families. Thus, mass customization of architectural components in housing for the low-income population is explored using parametric design techniques and Building Information Modeling (BIM). Developing a window replacement workflow in the early stages of architectural design to be implemented in the Minha Casa Minha Vida (MCMV) program, where the potential of interaction between architect, user, and software is explored, aims to enhance the flexibility and quality of popular housing. The research methodology and workflow are based on Second-Order Cybernetics, focusing on the concept of feedback looping to establish a more efficient design process flow. The VisualARQ and Rhinoceros 3D software are used for practical exploration of research possibilities. Thus, the discussion focuses on the relevance of digital mediation and information flow in the architectural design process. The reflections of this research highlight the potential of the architectural element replacement workflow, especially in HIS projects like those of the MCMV program, by employing mass customization. The aim is to contribute to the discussion on the importance of digital mediation in project development, emphasizing the role of parametric design and BIM as drivers and facilitators of the entire process.

Keywords: Social Interest Housing, Parametric Design, BIM (Building Information Modeling), Mass Customization, Second-Order Cybernetics, Digital Mediation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Diagrama da metodologia da pesquisa. 19
Figura 2. Onde a CM acontece 24
Figura 3. Modelo e atividades da etapa de desenvolvimento do conceito em CM 24
Figura 4. Aspectos da CM em projetos de habitações 26
Figura 5. Projeto de habitação social *Quinta Monroy* quando entregue para a população, e depois da ocupação e personalização dos moradores 27
Figura 6. Modulação para escolha do usuário - *Resolution: 4 Architecture* 30
Figura 7. Plataforma de customização de tênis da *Nike - Nike By You, modelo de cores customizado pela autora;* 32
Figura 8. Site de customização e compra de computadores da *Dell*..... 33
Figura 9 - Mediação digital na pesquisa. 36
Figura 10. Evolução do desenvolvimento de projeto. 37
Figura 11. Interação BIM 39
Figura 12. Intercambio de projeto 2D e interoperabilidade BIM 40
Figura 13. *Revit vs VisualARQ* 43
Figura 14 - Planta de habitação rentista desenvolvida para a classe trabalhadora. 47
Figura 15. Fluxo de projeto MCMV..... 54
Figura 16 - Fluxograma da metodologia de projeto. 57
Figura 17 - *Softwares* pesquisados para o experimento. 58
Figura 18 - Fluxograma de retroalimentação das informações através da interação no *Workflow* proposto. 64
Figura 19 - Mapeamento proposto por Lawson. 65
Figura 20 - Fluxo de informações em um modelo compartilhado (ou federado), utilizado para a troca de informações entre as diferentes disciplinas em projetos BIM. 68
Figura 21. Fase em que o *Workflow* é aplicado dentro do ciclo de vida do edifício 72
Figura 22 - Fluxo de interação de projeto arquitetônico. 73
Figura 23 - Esquema ilustrativo do *workflow* de substituição de esquadrias.... 75
Figura 24 - Conceitos do *Workflow.* 75

Figura 25 - Detalhamento das fases do *workflow*..... 77
Figura 26 - Cartilha de projeto modelo da Caixa. 79
Figura 27 - Projeto modelo Caixa utilizado no experimento. 80
Figura 28 - Elementos analisados através da obra "Elements of Architecture" - Koolhaas - Bienal de Veneza de (2014). 82
Figura 29 - Fluxograma de *softwares* utilizados na pesquisa. 84
Figura 30 - Fluxograma com as opções de substituição para as esquadrias. .. 86
Figura 31 - Fluxograma das etapas de projeto arquitetônico padrão em BIM. . 88
Figura 32 - Interface do *software Rhino* e *VisualARQ* com a modelagem da habitação padrão. 90
Figura 33 - Modelagem das esquadrias no VisualARQ. 91
Figura 34 - Parâmetros cadastrados nos elementos. 93
Figura 35 - Organização da informação das esquadrias 94
Figura 36 - Formatação da tabela de esquadrias para extração das informações do modelo. 94
Figura 37 - Organização das possibilidades de variações das esquadrias 95
Figura 38 - Fluxograma de organização geral dos objetos paramétricos. 96
Figura 39 - Caixa de diálogo do *VisualARQ* com as propriedades dos elementos selecionados. 97
Figura 40 - Navegação pelo projeto para interação com o usuário. 98
Figura 41 - Detalhamento das esquadrias graficamente. 99
Figura 42 - Detalhamento do fluxo de interação e informações dentro do processo de projeto a partir da inserção do *workflow* de substituição de esquadrias..... 100
Figura 43 - Desenvolvimento do *workflow* no *Grasshopper*. 101
Figura 44 - Script do teste do *workflow* no *Grasshopper*..... 102
Figura 45 - Divulgação do *workshop*. 104
Figura 46 - Registros do desenvolvimento do *workshop* com os alunos. 105
Figura 47 - Gráfico com a porcentagem das opções escolhidas, referente a tabela 01. 106
Figura 48 - Gráfico da tabela 03. 108
Figura 49 - Divulgação *Digital FUTURES*. 110
Figura 50 - Divulgação do *workshop* da pesquisa. 111
Figura 51 - Desenvolvimento do *workshop* com os alunos online. 112

Figura 52 - QR *code* para acesso ao site da pesquisa..... 114

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Questionário aplicado para os alunos no *workshop* interno 106
Tabela 2. Questionário aplicado para os alunos no *workshop* interno 107
Tabela 3. Questionário aplicado para os alunos no *workshop* interno 108

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Três dimensões
2D	Duas dimensões
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
BIM	Building Information Modeling – Modelagem da informação da construção
CAD	*Computer* Aided *Design* – Projeto auxiliado por computador
CAIXA	Caixa Econômica Federal
CAM	*Computer* Aided Manufacturing – Manufatura auxiliada por computador
CM	Customização em massa
COHAB	Companhia de Habitação
HIS	Habitação de interesse social
MC	Mass customization
MCMV	Minha Casa Minha Vida
PP	Projeto Participativo
PMCMV	Programa Minha Casa Minha Vida
UFMS	Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 15
1.1 Contextualização e justificativa 15
1.2 Objetivos 17
1.3 Procedimentos Metodológicos 18
1.4 Estruturação da dissertação 20
2 EMBASAMENTO TEÓRICO 21
2.1 Customização em Massa 21
2.1.1 Conceituação 21
2.1.2 Customização em Massa em Habitações 25
2.1.3 Modularidade 28
2.1.4 Participação do Usuário 31
2.2.2 *Design* Paramétrico 35
2.2.3 BIM *(Building Information Modeling)* 37
2.3 Habitação de Interesse Social 44
2.3.1 Contexto Histórico 44
2.3.2 *Déficit* habitacional e os Programas Habitacionais 49
3 METODOLOGIA 56
3.1 Estruturação metodológica da pesquisa 56
3.2 Estruturação do *Workflow* via Cibernética de Segunda Ordem 59
3.2 Mapeamento de Projeto Arquitetônico 65
3.3 Metodologia de Projeto em BIM 67
3.3.1 Estruturação Metodológica do *Workflow* a partir do BIM 71
4 DETALHAMENTO DOS PROCESSOS E EXPERIMENTAÇÕES 74
4.1 Sistematização do *Workflow* em Projetos de HIS 74
4.2 Recortes da pesquisa 77
4.2.1 Projeto Modelo e Área de Atuação 78

4.2.2 Recorte dos Elementos Arquitetônicos 81
4.2.3 *Softwares* Utilizados 83
4.2.4 Opções de troca 85
4.2.4 Etapa de Projeto 88
4.3 Detalhes do método 90
4.3.1 Workflow no *Rhino* + *VisualARQ* 90
4.3.2 *Workflow* no *Rhino* + *VisualARQ* + *Grasshopper* 100
4.4 Possibilidades do *Workflow* 102
4.5 Validação do *Workflow* 103
4.5.1 Workshop interno UFMS 103
4.5.2 *Workshop Digital Futures* 109
5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS 113
5.1 Possibilidades do *workflow* e diretrizes futuras 114
REFERÊNCIAS 118

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização e justificativa

A crescente integração das tecnologias digitais no campo da arquitetura, engenharias e construção civil (AEC), tem redefinido os processos de projeto e produção, proporcionando ‘novas’ possibilidades para o desenvolvimento de projetos de grande escala. A busca por soluções inovadoras e eficazes, no contexto do desenvolvimento de projetos em habitações de interesse social (HIS) no Brasil, tem se mostrado uma necessidade diante dos desafios enfrentados pela população de baixa renda.

A falta de moradia adequada afeta milhões de pessoas, o *déficit* habitacional no país atualmente está próximo de 6 milhões de moradias, e se estipula que possa ultrapassar 10 milhões em alguns anos (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2021). Nesse sentido, a mediação digital por meio do *design* paramétrico e do *Building Information Modeling* (BIM) se destacam como peças fundamentais na concepção e execução de projetos arquitetônicos mais adaptáveis, flexíveis e eficientes.

Em países em desenvolvimento, especialmente na América Latina, como no Brasil, a rápida urbanização e o crescimento populacional contribuem para a formação de favelas e assentamentos informais, elevando o cenário de desigualdade social. A HIS emerge para assegurar moradia digna e elevar as condições de vida das famílias vulneráveis. No entanto, essas habitações possuem baixa qualidade em sua maioria, evidenciando um *déficit* habitacional quantitativo e qualitativo.

Os programas governamentais, ou privados, viabilizam a construção das moradias para a população de baixa renda. Atualmente, o principal programa habitacional em vigor no Brasil é o Minha Casa Minha Vida (MCMV). Os programas habitacionais, idealmente, deveriam priorizar critérios como sustentabilidade, acessibilidade, infraestrutura básica e localização adequada para melhorar as condições de vida dos moradores, mas essa não é a realidade observada.

Os resultados destas moradias desenvolvidas por programas habitacionais são edificações que, em sua maioria, não refletem as necessidades dos usuários, gerando políticas públicas incapazes de sanar a carência das camadas mais pobres da população (MARICATO, 2009). Esta pesquisa foi impulsionada a partir das inquietações geradas pelo estado atual da habitação de interesse social no Brasil. E tem o propósito de analisar como a mediação digital junto a customização em massa (CM) em projetos de arquitetura, podem contribuir para alcançar melhores resultados em projetos de HIS.

Como definição, a customização em massa refere-se à capacidade de atender às necessidades individuais dos clientes, ao mesmo tempo em que mantém a eficiência e os benefícios da produção em larga escala, advindas da revolução industrial. É uma abordagem que combina os princípios da produção em massa com a personalização, permitindo que os produtos sejam adaptados de acordo com as preferências e requisitos específicos de cada cliente. Soma-se a esta abordagem, o uso da mediação digital nos processos de projetos em arquitetura, possibilitando assim, a aplicação de tecnologias digitais com viés colaborativo para facilitar e aprimorar a comunicação e o fluxo de informações entre os profissionais, e também com os usuários.

A customização em massa juntamente com os processos de projetos digitais é proposta como uma estratégia para enfrentar os problemas qualitativos de futuras edificações de HIS, em um cenário de produção em massa. Pois entende-se, que o processo de projeto tradicional (como a maior parte desses empreendimentos são desenvolvidos), não abre possibilidades viáveis para a customização, uma vez que são feitos na base do ganho de escala por repetição, tanto nos projetos como nas obras. Tal cenário coloca não só a qualidade dessas habitações em cheque, mas também a desumanização dessas moradias, que são em sua maioria composta por ambientes desconectados das necessidades desses usuários, sendo pouco acolhedores e gerando a sensação de não pertencimento.

A partir deste cenário buscou-se viabilizar a CM de elementos arquitetônicos em projetos de HIS, com soluções que atendam às necessidades específicas dos moradores e promovam uma maior inclusão social através do *design* arquitetônico. Se propõe uma análise seguida de experimentação, com a

aplicação da mediação digital, especificamente do *design* paramétrico e do BIM, como potencializadores da customização em massa de elementos essenciais da habitação. Foi explorado como esses instrumentos digitais podem ser empregadas para otimizar o processo de projeto, tornando-o mais flexível, acessível e eficiente.

1.2 Objetivos

A principal motivação da pesquisa foi a criação e desenvolvimento do *workflow* de substituição de esquadrias para ser implementado nas primeiras etapas de projetos de HIS, para possibilitar a troca das características das esquadrias como - materiais, tamanhos e tipo de aberturas - a partir de um *set* de possibilidades para a escolha do usuário. Devido à extensão e duração da pesquisa, se restringiu as possibilidades de elementos arquitetônicos a serem utilizados no experimento, assim como as variações possíveis dentro deles, optando-se por focar exclusivamente nas esquadrias da edificação. O resultado da pesquisa é uma diretriz de projeto baseada na experimentação do *workflow* proposto. Portanto, a intenção do *workflow*, é que seja aplicável a todos os elementos da edificação, e que também seja replicável em outros *softwares.*

O *workflow* de substituição de esquadrias foi desenvolvido em um projeto modelo de HIS, pois a intenção da pesquisa não é criar um projeto do zero, no sentido de impor um modelo ‘ideal’ de habitação, mas sim, de desenvolver a pesquisa a partir de um modelo já estabelecido. Assim, foi utilizado o projeto modelo disponibilizado pela Caixa Econômica Federal (CAIXA). A pesquisa teve o foco nas habitações desenvolvidas para a faixa mais baixa do programa MCMV, a faixa 1, que inclui unidades unifamiliares. Se partiu da premissa que os programas habitacionais precisam ser aprimorados para possibilitar a produção de habitações com maior qualidade e tecnologia.

Foram utilizados no desenvolvimento do *workflow softwares* BIM e paramétricos. Assim, os experimentos foram realizados no *Rhinoceros* 3D *(MacNeel)* juntamente com o *plug-in VisualARQ (Assuni), n*a intenção de explorar programas de modelagem que tragam mais flexibilidade e

possibilidades, através do pensamento paramétrico com o suporte do *plug-in Grasshopper* 3D.

A partir desta estruturação são formulados os seguintes objetivos para a pesquisa:

Geral:

Desenvolver um *workflow* de substituição de esquadrias na etapa de anteprojeto em habitações de HIS, para o programa MCMV. O Workflow foi desenvolvido nos *softwares Rhinoceros* e *VisualARQ*, com a utilização do projeto modelo de habitação social disponibilizado pela Caixa Econômica Federal. Foram exploradas, assim, as possibilidades de substituição de esquadrias em suas dimensões, tipologia e materialidade, proporcionando a escolha do usuário e a customização em massa desses elementos. A partir da interação entre arquiteto, usuário e *software*, propõe-se um processo de retroalimentação de informações dentro do processo de projeto em BIM;

Específicos:

1. entender o fluxo e possibilidades de customização em massa em projetos de habitação de interesse social de baixa renda;
2. explorar as características e possibilidades do *workflow* em oficinas e *workshops*, gerando debate e feedbacks sobre o método;
3. compreender os possíveis impactos na qualidade das moradias;

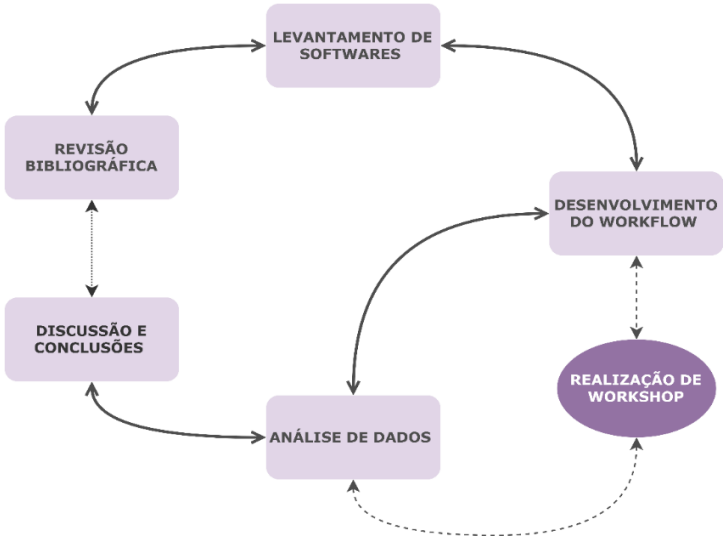
1.3 Procedimentos Metodológicos

A pesquisa se estruturou inicialmente nos conceitos da customização em massa, e das suas possibilidades em habitações. Seguido da revisão das possibilidades do BIM e do *design* paramétrico em projetos de arquitetura. Em conjunto, se analisou as características e evolução das habitações voltadas para o público de baixa renda. Essa revisão bibliográfica permitiu aprimorar e estruturar conceitualmente as intenções de pesquisa.

Metodologicamente, o estudo adotou alguns princípios a partir da abordagem da Cibernética de Segunda Ordem, focando especialmente no conceito de retroalimentação (*feedback looping),* no ciclo das informações ao

longo das fases do estudo. Isso permite retroceder e avançar em temas quando necessário, sem comprometer o fluxo e a estruturação da pesquisa (Figura 1).

Figura 1. Diagrama da metodologia da pesquisa.



Fonte: Autora, 2024.

Logo, em um primeiro momento, foi desenvolvida a revisão bibliográfica dos assuntos que englobam a pesquisa, elencados no parágrafo acima, assim como a revisão de *softwares* para o desenvolvimento do experimento. A partir deste embasamento teórico e da estruturação metodológica, se propôs o desenvolvimento do *workflow* para substituição de elementos arquitetônicos em habitações de interesse social como alternativa à problemática apontada. Após esta estruturação, foram desenvolvidos *workshops* sobre o tema da pesquisa, a fim de aprimorar e consolidar o *workflow* através da análise das discussões geradas e compreender as possibilidades e o alcance da proposta de pesquisa.

O *workflow* se estruturou metodologicamente em três conceitos; na Cibernética de Segunda Ordem, assim com a pesquisa de modo global, se baseando no *feedback looping* das informações a partir das escolhas do usuário. Em segundo lugar, nas definições de Lawson (2011) e Kowaltowski et al. (2011) com as etapas de projeto e o mapeamento dos caminhos da informação, para estruturar a etapa de projeto em que seria aplicado. Por fim, na metodologia e gestão BIM de projeto, que possibilitou que o método fosse aplicado de maneira

eficaz dentro do ciclo de vida do projeto, a partir da gestão unificada das informações.

1.4 Estruturação da dissertação

A dissertação foi estruturada em cinco capítulos, sendo o capítulo 1 a Introdução apresentada até aqui.

O capítulo 2 trata da fundamentação teórica que estruturou os temas da pesquisa, sendo desenvolvido os conceitos da customização em massa em projetos de habitação, entendendo suas possibilidades e abrangências. Trata também da retomada do processo de projeto e mediação digital, a fim de conceituar os elementos estruturantes da pesquisa com o *design* paramétrico e a metodologia Bim em processos de projeto. Finaliza com a definição e breve retomada história da habitação de interesse social no Brasil.

O capítulo 3 trata da metodologia desenvolvida na pesquisa de maneira global, e na estruturação do *workflow* proposto. Concentra-se primeiramente na Cibernética de Segunda Ordem, e em como seus conceitos são aplicados na pesquisa. Segue na conceituação dos mapeamentos de projeto para a aplicação do *workflow*, e por fim, propõe a aplicação do BIM como processo metodológico de projeto arquitetônico para a estruturação e aplicação do *workflow* no contexto da construção civil.

O capítulo 4 detenta o *workflow* na prática, no qual se expõe os recortes realizados para aplicação do experimento, e condicionantes dentro de cada etapa de sua estruturação. Descreve e analisa também, o desenvolvimento do *workflow* em *workshops*.

No capítulo 5, apresenta as conclusões da pesquisa, consolidando os principais pontos abordados e destacando as contribuições do trabalho, bem como a relevância do método proposto para o campo profissional e acadêmico. Foram relatadas as dificuldades encontradas durante o tempo da pesquisa, principalmente para o desenvolvimento do *workflow*. Entendendo também o potencial da mesma para futuros desenvolvimentos e desdobramentos.

Por fim, a lista de referências que foram utilizadas no desenvolvimento da dissertação.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

Neste o capítulo, foi desenvolvida a estruturação teórica da pesquisa, envolvendo os temas de CM (PINE, 1993; KOLAREVIC; PINTO, 2019; ROCHA, 2011; DALLA VECCHIA, 2021; TAUBE; HIROTA, 2017; KOLAREVIC; PINTO, 2016), mediação digital (WOODBURY, 2010; TRAMONTANO, 2012: EASTMAN, 2014; ANDRADE; RUSCHEL 2008; ALVES, 2014; KOLAREVIC, 2019) e HIS (FIX; ARANTES, 2009; VILLAÇA, 2009; CARDOSO; PINTO, 2015; MARICATO, 2000, 2001, 2014; BONDUKI, 2004, 2017; CARDOSO; ARGÃO, 2013; CARDOSO; ARAÚJO, 2006; AMORE, 2015; MOREIRA E LEME, 2011; RUBIN; BOLFE, 2014; KOWALTOWSKI et. al., 2015; ROLNIK, 2009), que estruturam a pesquisa e a criação do *workflow*. Assim, foram desenvolvidas as conceituações e debates a partir dos autores dessas áreas de pesquisa como, a fim de embasar a proposta da dissertação. Com o contexto da customização em massa em habitação, buscou-se relacionar a mediação digital em projetos, mais especificamente, com o design paramétrico e o BIM. Para uma compreensão abrangente da pesquisa, foram consultados artigos, teses, livros e manuais para identificar as principais definições que servirão como fundamentação teórica para o desenvolvimento do estudo.

2.1 Customização em Massa

2.1.1 Conceituação

A customização em massa (CM) é um conceito que envolve a produção de bens e serviços que são adaptados às necessidades e preferências individuais dos clientes, ao mesmo tempo, em que aproveita as vantagens das economias de escala típicas da produção em massa. Em essência, trata-se de combinar a personalização individual com a eficiência da produção em grande volume (PINE, 1993; KOLAREVIC; PINTO, 2019; ROCHA, 2011).

O conceito de customização em massa começou a ganhar destaque nas décadas de 1970 a 1990. O Livro "*Future Shock*": do futurista Alvin Toffler[1], publicado em 1970, foi um marco para CM e discutiu a ideia de produção personalizada como uma das implicações futuras da tecnologia (PILLER; KURMA, 2016). A CM foi conceituada como estratégia de negócios por Stanley Davis[2] em 1987 em seu livro *Future Perfect,* com a visão de mercado que estruturaria sistemas através da tecnologia para alcançar individualmente os usuários do mercado em uma escala industrial (DALLA VECCHIA, 2021). Joseph Pine[3] no livro "*Mass Customization: The New Frontier in Business Competition*" publicado em 1992, popularizou e a definiu a CM como a estratégia de se explorar uma maior variedade de produtos e individualização.

É essencial entender que a customização individual de produtos conforme as preferências pessoais dos clientes sempre foi uma opção dentro da cadeia econômica. Entretanto, quando comparada à produção em massa, ela se torna mais cara e impraticável, tanto para as empresas quanto para os consumidores (DALLA VECCHIA, 2021), pelo menos até a popularização das máquinas de fabricação digital. Para Piller e Kurma (2016, p. 41) “comparado a um sistema de produção em massa, a customização em massa é caracterizada por uma alta intensidade de interação”, cenário viabilizado pelo avanço da tecnologia e dos meios digitais.

É importante estabelecer a diferença entre os conceitos de customização e a personalização de elementos e produtos. Para Taube e Hirota “a customização, é aquela que acontece antes da entrega do produto, enquanto a

[1] Alvin Toffler (Nova Iorque, 4 de outubro de 1928 – Los Angeles, 27 de junho de 2016) foi um escritor e futurista norte-americano, doutorado em Letras, Leis e Ciência, conhecido pelos seus escritos sobre a revolução digital, a revolução das comunicações e a singularidade tecnológica. Fonte: Wikipedia: https://pt.wikipedia.org/wiki/Alvin_Toffler. Acessado em: 15/03/2024.

[2] Stanley M. Davis (nascido em 1941) é um autor e consultor empresarial conhecido por seu trabalho nas áreas de estratégia empresarial, gestão de mudanças e inovação. Davis é reconhecido por suas contribuições para o entendimento das transformações no mundo dos negócios decorrentes da tecnologia e da globalização. *OpenAI*. (2024). ChatGPT (3.5) [*Large language model*]. https://chat.openai.com. Acessado em: 15/03/2024.

[3] B. Joseph Pine II é um autor, palestrante e consultor de gestão internacionalmente aclamado para empresas Fortune 500 e para *start-ups* empreendedoras. Ele é co-fundador da *Strategic Horizons* LLP, um estúdio de pensamento dedicado a ajudar empresas a conceber e projetar novas formas de agregar valor às suas ofertas econômicas. Fonte: Columbia.edu: https://sps.columbia.edu/faculty/b-joseph-pine-ii. Acessado em: 15/03/2024.

personalização é aquela que é feita após a entrega do produto pelo próprio cliente” (TAUBE; HIROTA apud NOGUCHI, 2017, p. 225).

> Um sistema de personalização em massa tem um espaço de solução finito, todos os processos são realizados em uma arquitetura de produto e processo fixa caracterizada por processos flexíveis e responsivos, mas estáveis. Essa é também a principal diferença entre a customização em massa e o sistema de produção artesanal convencional: em um sistema de produção artesanal, não apenas os produtos são projetados sob encomenda para cada cliente, mas também os processos de cumprimento resultantes. Em um sistema de CM, os processos são fixos em um determinado intervalo: eles são projetados para produzir uma saída limitada a uma certa faixa de especificações representadas por um design modular consequente (PILLER; KURMA, 2006, p. 41).

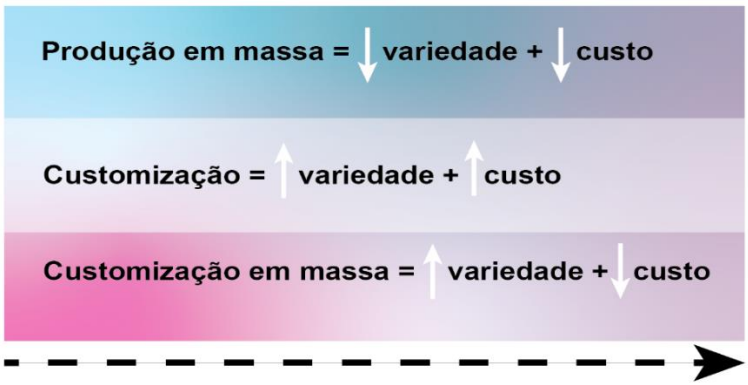
As etapas envolvidas na produção em massa de elementos customizáveis exigem meticulosidade em cada fase, seguindo padrões e métodos, embora flexíveis, para garantir eficiência. É essencial que essas etapas sigam um fluxo contínuo de produção, alinhado com as definições estabelecidas no *design*, a fim de assegurar rapidez e precisão no processo. Esses aspectos não apenas reduzem os custos de produção, mas também tornam possível a customização em massa, diferenciando-a da produção artesanal (PILLER; KURMA, 2006).

Contudo, ainda não há um consenso no campo da CM quanto a seus vários tipos de aplicações, resultando em diferentes perspectivas entre os pesquisadores, para sua abrangência. Perspectivas essas como; a caracterização da CM, a partir da sua presença apenas em produtos físicos, ou em serviços; o momento da customização, podendo ocorrer durante o *design* e a produção, ou após o recebimento do produto; o custo financeiro, sendo flexível ou delimitante no processo (PILLER; KUMAR, 2006; SILVEIRA; BORENSTEIN; FOGLIATTO, 2001; PINE 1993; PILLER 2004). Essa falta de consenso entre os autores demonstra a complexidade da CM.

Na figura 2 se tem a organização estrutural das etapas da CM, relacionando a variedade e custo, ilustrando a diferença entre produção em massa e customização em massa. Pode-se definir, no recorte desta pesquisa, que a CM é uma estratégia que proporciona aos clientes uma ampla seleção de produtos adaptados às necessidades individuais. Mantendo custos semelhantes aos da produção em massa. Isso é viabilizado através do uso de tecnologias da

informação, processos de trabalho flexíveis e estruturas organizacionais adaptáveis (PINE,1993).

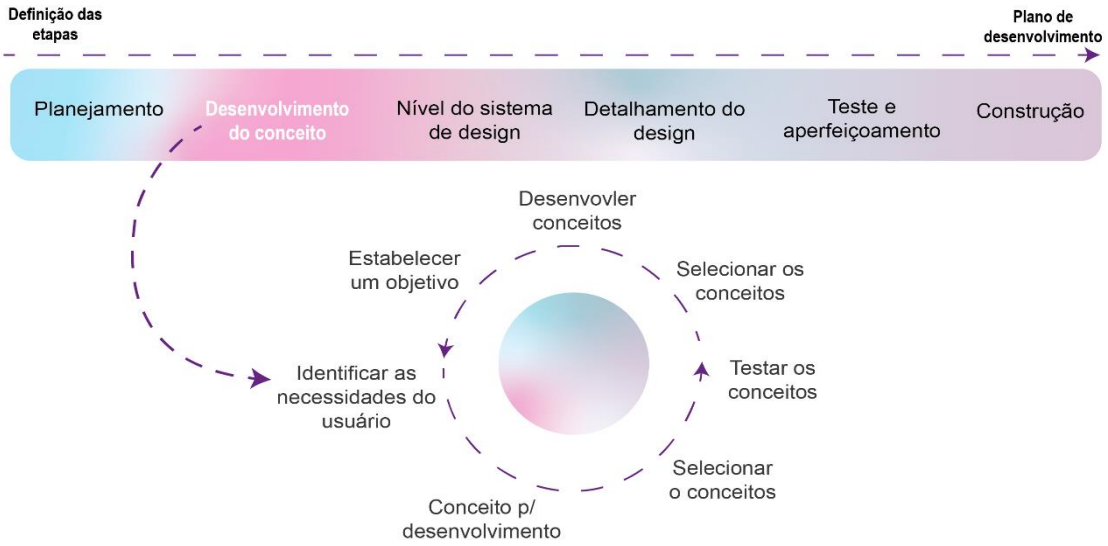
Figura 2. Onde a CM acontece



Fonte: Adaptado Taube e Hirota (2016, p. 255).

O desenvolvimento do ‘conceito’ dentro da CM é um processo intelectual e envolve uma série de etapas, desde a concepção até a comercialização. De acordo com Rocha (2011, p. 42), e como ilustra a figura 3, “um modelo genérico divide esse processo em seis estágios: planejamento, desenvolvimento do ‘conceito’, *design* do sistema*, design* detalhado, testes e refinamento, e aumento da produção”.

Figura 3. Modelo e atividades da etapa de desenvolvimento do conceito em CM



Fonte: Adaptado de Rocha (2011, p. 42).

O desenvolvimento do ‘conceito’ é essencial para determinar os tipos de personalização do produto. Nesta fase, são criadas alternativas de conceitos com base nas necessidades dos clientes e nas especificações do *design*. Os melhores conceitos são, então, selecionados para desenvolvimento. Esta conceituação é uma das estratégias que embasam esta pesquisa, voltada para o desenvolvimento do *workflow* de substituição de esquadrias. A necessidade do usuário proporciona as condicionantes e possibilidades para se criar o ‘conceito’ onde a CM, a partir da mediação digital de projeto, vai se desenvolver. Ou seja, as necessidades dos usuários ditam o desenvolvimento e estruturação metodológica em que o projeto é desenvolvido.

2.1.2 Customização em Massa em Habitações

A arquitetura se encaixa em uma noção hibrida nos aspectos conceituais que envolvem a CM, em que se pode ser considerada ao mesmo tempo um serviço e um produto. Não existe apenas um modelo de customização em massa, principalmente na arquitetura, em que variações nas cadeias de abastecimento, em métodos construtivos e projetuais podem impactar o processo. Os modelos de negócios adotados pelas indústrias de construção civil refletem as condições estruturais que influenciam diretamente a CM em projetos arquitetônicos, tais como a dinâmica do mercado, regulamentações e condicionantes culturais (BARLOW *et.* al. 2003, p. 138).

Ainda segundo Barlow *et*. al. (2003), a partir das análises de empreendimentos habitacionais pode-se estruturar aspectos da CM em habitações. Em um extremo, tem-se a "customização pura", que representa a produção em massa na qual o cliente se envolve apenas no final do processo, e no outro, tem-se a "personalização pura". Entre esses dois extremos existem; a customização segmentada, em que os módulos finais montados são produzidos em massa, mas há uma personalização dentro destes segmentos específicos; a padronização personalizada, em que são utilizados componentes padronizados para se pré-fabricar, com módulos de acordo com as necessidades do cliente; e a personalização personalizada, com a configuração de componentes e

submontagens padronizados conforme os requisitos específicos dos clientes no local (Figura 4).

Figura 4. Aspectos da CM em projetos de habitações

Fonte: Adaptado de Barlow et. al. (2003).

Alguns estudos de caso de pesquisadores da área, levantados na revisão bibliográfica, podem ser analisados para evidenciar o potencial da CM em projetos arquitetônicos, principalmente em projetos de habitação. No Japão, a indústria habitacional fornece casas personalizadas pré-montadas a partir de componentes padronizados ou sistemas modulares. Essas empresas atendem ao mercado residencial representando uma parte significativa da produção habitacional do país, e oferecem aos clientes uma ampla gama de opções de projeto e especificações para suas moradias (BARLOW *et.* al. 2003).

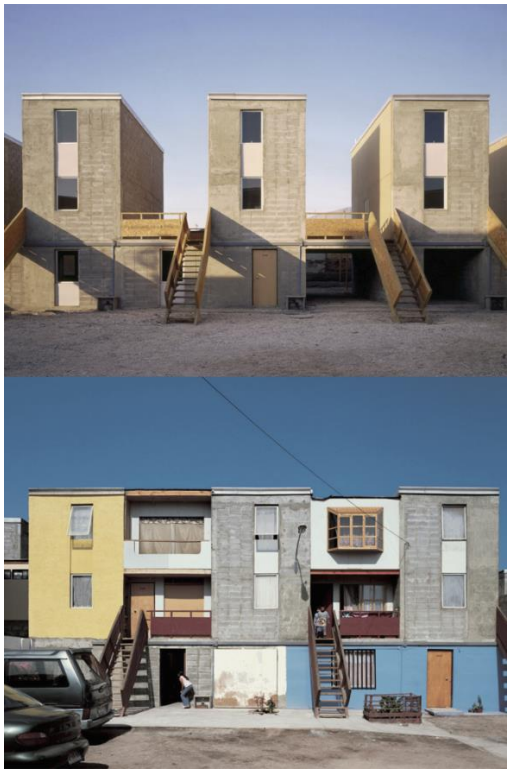
O projeto de HIS colaborativo desenvolvido por Alejandro Aravena[4] (Elemental) em Iquique no Chile, pode ser analisado por sua interação com os usuários dentro dos aspectos da CM e personalização. O projeto *Quinta Monroy* (figura 5) foi desenvolvido na comunidade de Iquique, que ocupava a região com moradias informais, e careciam de infraestrutura urbana. O escritório Elemental projetou habitações para realocar a comunidade, e priorizaram participação dos moradores no processo de desenvolvimento de suas futuras residências. Além disso, a meta era criar moradias adaptáveis às diversas configurações familiares da região. Um dos pontos que condicionaram o projeto foi a escassez de recursos financeiros destinados para cada habitação.

[4] Alejandro Aravena (Santiago, 22 de junho de 1967) é um arquiteto chileno. É o diretor executivo do escritório Elemental S.A. É conhecido mundialmente pela sua atuação em habitações de interesse social. À frente do projeto “Elemental”, já construiu mais de 2.500 unidades de baixo custo. Aravena recebeu o Prêmio Pritzker de 2016. Fonte: Wikipedia: https://pt.wikipedia.org/wiki/Alejandro_Aravena. Acessado em: 15/03/2024.

Nesse contexto, ao invés de construir centenas de habitações mínimas, devido às limitações financeiras, foram desenvolvidos projetos ‘parciais’ que ofereciam habitações de melhor qualidade. Foi entregue aos usuários a estrutura básica da casa, com a opção de expansão através da autoconstrução pelos próprios moradores. Adicionalmente, os residentes tiveram a oportunidade de escolher e selecionar elementos arquitetônicos de suas residências, de acordo com suas necessidades e o orçamento disponível. Como por exemplo, a escolha entre ter uma banheira, ou acesso a um sistema de aquecimento da água.

Para a maioria dos arquitetos por trás de tal projeto, a opção comum de escolha seria incluir o sistema de aquecimento de água. No entanto, a maioria dos moradores optou por ter uma banheira em suas residências. Essa escolha reflete o estilo de vida desses moradores, influenciado pela falta de privacidade durante os banhos nos assentamentos anteriores (URBANIZED, 2011).

Figura 5. Projeto de habitação social *Quinta Monroy* quando entregue para a população, e depois da ocupação e personalização dos moradores



Fonte: archdaily.com.br[5]

[5] Disponível em: https://www.archdaily.com/10775/quinta-monroy-elemental?ad_medium=office_landing&ad_name=article. Acessado em: 13/04/202.

Portanto, esta pesquisa se fundamenta na ideia de que até mesmo pequenas decisões relacionadas às habitações de interesse social podem ter repercussões significativas na qualidade de vida dos seus habitantes, assim como no projeto *Quinta Monoroy.*

2.1.3 Modularidade

A fabricação digital desempenha um papel crucial na viabilização e no avanço da customização em massa. Com o uso de tecnologias como; impressão 3D; usinagem CNC (Controle Numérico Computadorizado); e corte a laser, possibilitam a criação de produtos de forma rápida e eficiente, permitindo a personalização em larga escala. Segundo Kolarevic e Pinto (2016) as tecnologias para entregar economicamente a produção em massa de edificações estão presentes dentro do estudo de processos digitais de projeto. A partir do *design* paramétrico, fabricação digital, sites interativos para *design,* visualização, avaliação e estimativa e geração automática de produção e montagem dados através da metodologia BIM tornam a CM possível dentro da construção civil.

A sinergia entre customização em massa e fabricação digital na arquitetura e construção civil representa um avanço significativo no âmbito do *design* e execução de projetos arquitetônicos. Apesar da tecnologia disponível, ainda existe considerável resistência à sua utilização, como aponta Alves apud Oosterhuis (2014);

> “Agora nós temos uma tecnologia diferente. Nós temos tecnologia para customizar, ou seja, para produzir séries de objetos únicos, de componentes únicos. Não há como justificar que todos os elementos em um edifício sejam o mesmo. Não há justificativa para ter uma janela que se repete. Ou ter colunas que se repetem, ou qualquer coisa – cadeiras! Não há razão! Porque a produção em massa, na verdade, está aberta para a variação de parâmetros durante o processo de produção. Nós podemos produzir séries de componentes únicos (ALVES apud OOSTERHUIS, 2014 p.41).”

Além de abordar aspectos práticos, como a otimização do processo produtivo e a satisfação das necessidades dos clientes, também traz implicações

teóricas e conceituais relevantes. Como resultado, a customização em massa e a fabricação digital têm o potencial de promover avanços significativos no *design* arquitetônico, na eficiência construtiva e na sustentabilidade, principalmente em edificações voltadas para habitação. Essa área tem se tornado um campo de estudo dinâmico e promissor, acadêmica e profissionalmente.

A utilização de módulos com medidas padronizadas facilita a modificação de ambientes, uma técnica que possibilita um alto grau de customização. Na arquitetura, a técnica histórica do movimento modernista, no início do século XX, destacou-se pela eficiência e funcionalidade na produção em larga escala, adotando a produção industrial. Arquitetos como Le Corbusier e Walter Gropius exploraram construções modulares padronizadas, fabricadas em massa e montadas rapidamente. Apesar de oferecer um amplo acesso a possibilidades construtivas, essa abordagem foi marcada pela repetição de modelos padronizados, assim como afirma Khalili-Araghi e Kolarevic (2016);

> A produção em massa, como paradigma fordiano do século XX, foi abraçada pela indústria imobiliária com foco na acessibilidade e na produção de baixo custo. As habitações produzidas repetidamente, no entanto, foram reconhecidas como monotónicas e notadas pela sua incapacidade de proporcionar variedade (KHALILI-ARAGHI; KOLAREVIC, 2016, p. 633).

A fabricação digital viabiliza a construção modular, em que os componentes da habitação são pré-fabricados e depois montados no local de construção. Essa abordagem permite uma customização eficiente, uma vez que os módulos (peças) podem ser configurados conforme as necessidades e preferências individuais dos clientes. Ao contrário da produção em massa, que se baseia na repetição de um *design* padrão visando o lucro econômico, a customização em massa permite a personalização do *design*, viabilizada tanto pelas tecnologias de fabricação digital quanto pela demanda do mercado.

Logo, a construção modular não pode ser completamente considerada customização em massa, devido à falta de interação com o usuário e às limitadas opções de escolha e alteração de design no mercado atual. Diferente do exemplo do escritório *Resolution: 4 Architecture*[6] (Figura 6), em que a interatividade com

[6] Disponível em: https://www.re4a.com/prefab#/the-modern-modular/. Acessado em: 13/04/202.

o usuário, em uma plataforma online, o permite interagir com as possibilidades mesmo que modulares. Se tem uma gama de opções de ambientes e plantas pré-definidas modulares, que podem ser escolhidas e encaixadas pelo cliente.

Figura 6. Modulação para escolha do usuário - *Resolution: 4 Architecture*

Fonte: re4a.com

A modularização é uma alternativa dentro do processo de customização em massa de habitações. Segundo Kolarevic e Pinto (2016) a CM é uma opção pertinente para o setor habitacional de construção civil, pois as casas (e prédios em geral) são produtos únicos e altamente customizáveis. Ele também oferece a possibilidade de se ter a casa “à medida”, com uma geometria única, podendo se tornar eventualmente se tornar disponível para um segmento mais amplo da sociedade.

Em resumo, a pesquisa acadêmica sobre a customização em massa através da fabricação digital na habitação abrange uma ampla gama de tópicos, desde o *design* paramétrico, a sustentabilidade até a interação com o usuário. Essa área de estudo busca avançar nas possibilidades de personalização de residências, explorando as capacidades da fabricação digital para criar soluções habitacionais inovadoras, adaptadas às necessidades e preferências individuais dos clientes.

2.1.4 Participação do Usuário

No último século a sociedade, como um todo, vem se adaptando a utilização das tecnologias digitais, especialmente com o advento da *internet,* que a partir dos anos 1980 começaram a frequentar o cotidiano das pessoas. Atualmente podemos ver como cada passo dado pela maioria das pessoas é acompanhado das tecnologias digitais de alguma forma. O tempo todo, as pessoas estão conectadas no ciberespaço, com um celular na mão a partir do qual todos podem acompanhar notícias de todo o mundo, fazer comentários, se comunicar, trabalhar, criar etc. Ao mesmo tempo em que a informação é trocada na atmosfera digital, ela também é coletada de seus usuários e transformada em dados que ditam as tendências econômicas, sociais e políticas das comunidades.

O ciberespaço é um meio de comunicação e conexão dos computadores ao nível mundial, e para Lévy (1999) o universo de informações que ele abriga, assim como os seres humanos que navegam e alimentam esse universo. “Eu defino o ciberespaço como o espaço de comunicação aberto pela interconexão mundial dos computadores e das memórias dos computadores” (LÉVY, 1999, p. 43). A interatividade refere-se à capacidade de interação e troca de informações entre pessoas e sistemas. A interação homem - computador possui um ciclo fechado de troca de informações, diferente da interação entre livro e pessoa onde a interação segue apenas um sentido.

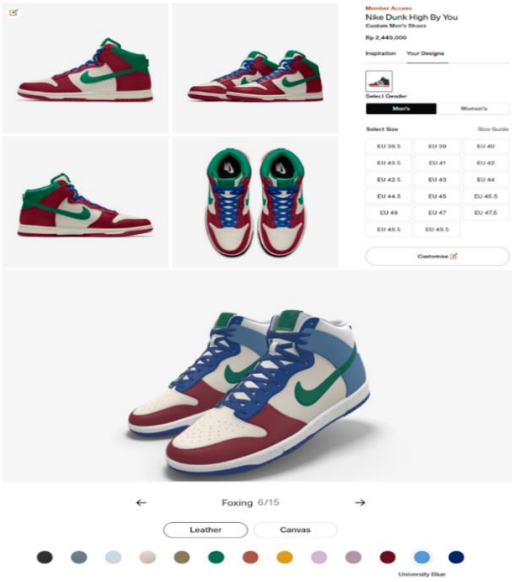
Nos anos 1990 houve uma grande tendência ditada pelos conceitos da CM trazendo a co-criação no *design* de produtos, as empresas começaram a envolver os clientes no processo de *design* e personalização de produtos, permitindo-lhes escolher cores, estilos e recursos. É fundamental ressaltar o papel das tecnologias digitais nesses processos. Através da *internet*, é possível criar plataformas de interação, enquanto os *softwares e design* permitem a elaboração de cada parte do modelo para seleção. Evolução que permitiu o salto da produção e massa para a customização em massa, como afirmam Piller e Kurma (2006).

> O fabricante precisa interagir com todos os clientes individualmente para obter informações específicas a fim de definir e traduzir suas necessidades e desejos em especificações de produto.

> Em muitos casos, esse processo de obtenção de informações vai além da troca de informações; torna-se um ato iterativo de co-criação e co-design entre cliente e vendedor, e implica em custos relativamente altos de comunicação. Somente as capacidades de comunicação de baixo custo recentemente adquiridas pela Internet proporcionaram oportunidades de redução dos custos de transação. Isso, por sua vez, possibilitou a personalização em massa em uma escala maior. (PILLER; KURMA, 2006, p. 41) Tradução nossa.[7]

A *Nike By You*, anteriormente conhecido como *NikeiD,* lançada em 1999 como uma plataforma online que permitia aos clientes personalizarem seus próprios tênis e calçados esportivos da *Nike*, é um exemplo de CM de produto possibilitado pela interação digital. Inicialmente, o serviço estava disponível apenas para alguns modelos de tênis, mas desde então expandiu para incluir uma ampla variedade de produtos (Figura 7).

Figura 7. Plataforma de customização de tênis da *Nike - Nike By You, modelo de cores customizado pela autora;*

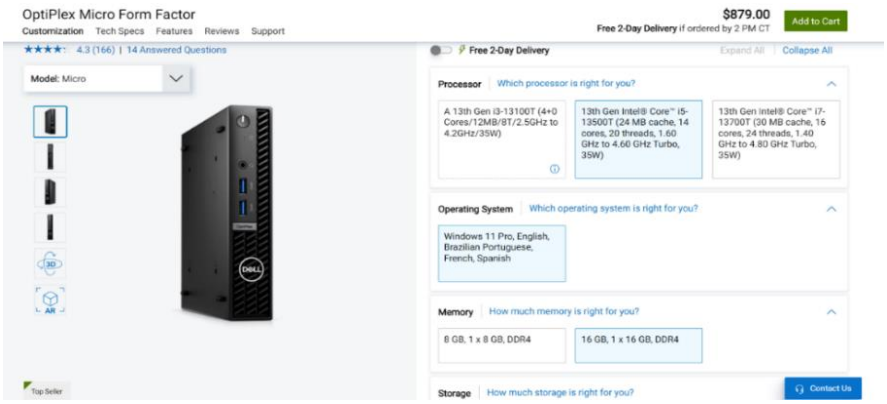


Fonte: *nike*.com (2023)

[7] ***Do original inglês:*** *Apart from customer co-design, modular product design is an essential part of a mass customization strategy, specifically for fabricated products. A mass customization system is characterized by a low production cost per unit normally associated with mass production. To reach this objective, a mass customization system has a finite solution space — all processes are performed within a fixed product and process architecture characterized by flexible and responsive but stable processes. 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.*

O *Nike By You* tornou-se uma parte significativa da estratégia da *Nike* para atender às preferências individuais dos clientes e proporcionar uma experiência personalizada. Outro exemplo é o caso da *Dell Customization*. A *Dell* tem sido pioneira em permitir a personalização de computadores há décadas. No entanto, uma iniciativa de CM desenvolvida pela *Dell* ocorreu em 1996, quando a empresa lançou seu programa *"Dell Made2Order*" (*Dell* Feito sob Encomenda), em que a interação do usuário online determinava as configurações do computador desejado (Figura 8).

Figura 8. Site de customização e compra de computadores da *Dell*



Fonte: dell.com (2023)

Atualmente a customização em massa é amplamente adotada em várias indústrias e produtos, como vestuário, calçados, eletrônicos, mobiliário, automóveis e muito mais. Permitindo que as empresas atendam às expectativas dos clientes por produtos exclusivos e personalizados, assim como afirma Franke, Schreier e Kaise (2010);

> O advento da *Internet* bem pode ter aumentado a importância prática dos efeitos "*I design my self*". Muitas empresas começaram a comercializar designs do usuário ao oferecer sites que permitem que os clientes desenhem suas próprias camisetas, relógios, cozinhas, computadores ou tênis, que o fabricante pode então produzir sob encomenda. Essa interação entre fabricantes e clientes é conhecida como conjunto de ferramentas de CM, configurador, menu de escolha, kit de design ou conjunto de ferramentas para inovação e design do usuário (FRANKE; SCHREIER; KAISE, 2010, p. 126. Tradução nossa[8]).

[8] **Do original inglês:** The advent of the Internet may well have augmented the practical importance of such "I designed it myself" effects. Many companies have started to commercialize

Com o avanço da tecnologia de automação, *CAD/CAM (Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing)* e impressão 3D, a customização em massa tornou-se mais acessível e viável para muitas indústrias. Assim, o processo digital como um todo desempenhou um papel fundamental no desenvolvimento e expansão da customização em massa, a partir das tecnologias digitais com a coleta de dados, plataformas digitais que possibilitaram uma maior interação entre os atores envolvidos no desenvolvimento do *design* de produtos e serviços.

A partir deste contexto, a apresentação do produto dentro das etapas do processo de CM é de extrema importância para seu sucesso. Os meios digitais, tanto quanto plataformas de interação, modelagem e criação para o desenvolvimento do *design* para CM, determinam como o usuário vai entender e absorver as opções de escolha do produto. Segundo Dalla Vechia, (2021, p. 64) "´[...] a representação de um produto dentro de aplicativos e *softwares* também é considerada um aspecto importante para reduzir o peso da escolha para os clientes, pois eles não poderão ver o produto real". Essa gama de 'ferramentas', onde os *softwares* e aplicativos se encaixam, é encarada pelos pesquisadores com '*toolkits*', são imprescindíveis para o processo de CM (DALLA VECHIA, 2021; PILLER; KURMA, 2006; FRANKE; SCHREIER; KAISER, 2010; BLAZEK, 2017; ULRICH, 2005).

É importante de discutir também que a interação intencionada pela CM pode ter seus pontos negativos na construção do produto desejado pelo usuário final. Muitas vezes, os clientes não têm uma perspectiva clara de suas preferências reais ou até mesmo não têm preferências definidas, então eles as constroem quando precisam tomar decisões (FRANKE; SCHREIER; KAISER, 2010). O que pode gerar uma insatisfação, e não atingir a intenção final da CM, por este motivo é importante se filtrar quando deve haver e quando não se deve haver a CM em certos tipos de produtos e serviços.

É fundamental realizar uma análise minuciosa das intenções por trás da aplicação dos conceitos de customização em massa, acompanhada pela definição clara das etapas metodológicas de interação entre os envolvidos no

---

user design by offering websites that enable customers to design their own individual T-shirts, watches, kitchens, PCs, or sneakers online, which the manufacturer can then produce to order.

processo. Isso permite compreender as necessidades do usuário e garantir a transparência das etapas de interação.

Esta pesquisa se apoia na interação proporcionada e imposta pelo processo de CM, como já debatido nas seções acima. A partir da inserção do usuário no processo de desenvolvimento de aspectos arquitetônicos de sua habitação, por meio de um processo sistematizado; o *workflow* de substituição de esquadrias, se espera alcançar esta customização e satisfação dos usuários. Para apoiar a dinâmica da interatividade que foi aplicada no *workflow*, a pesquisa se baseia também no conceito da metodologia BIM e da Cibernética de Segunda Ordem, que será desenvolvida no próximo capítulo.

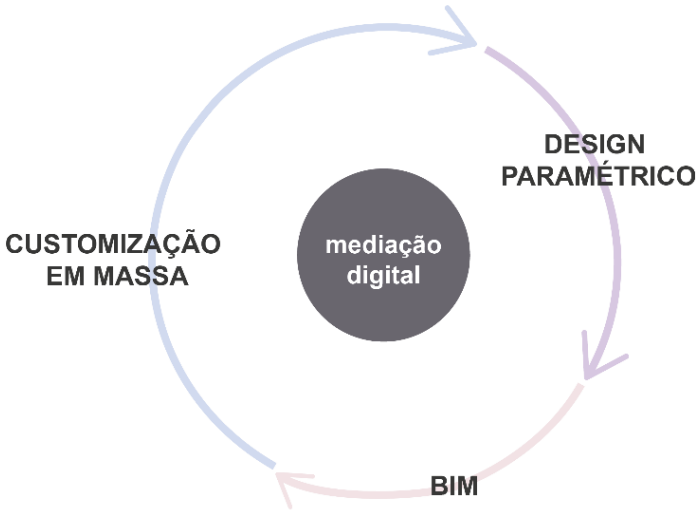
2.2.2 *Design* Paramétrico

O conceito de *design* digital nasce com a exposição "*Non-Standard Architectures*" realizada em 2003, no Centro Pompidou em Paris. O processo de projeto se caracterizou a partir deste ponto, pelo surgimento do conceito de *design* não-padrão; não-normativo; e não-repetitivo, se materializando a partir da mediação digital, Oxman (2006). A abordagem da arquitetura agora se apoia em processos digitais, ampliando as possibilidades de *design* e focando menos na representação e mais na essência do *design*, segundo Trujillo e Alves (2015). Os modelos digitais têm a capacidade de conectar o design à sua materialização, mesmo nas fases conceituais, otimizando o *design* em direção a um desempenho mais próximo da realidade. Os modelos digitais conseguem ligar o *design* à sua concretização, mesmo nas etapas conceituais, melhorando o *design* para alcançar um desempenho mais próximo da realidade a ser materializada.

A definição de processos de trabalho flexíveis e estruturas organizacionais adaptáveis para o seu desenvolvimento são imprescindíveis para o desenvolvimento da CM (PINE, 1993), assim como do *design* paramétrico aplicado ao projeto, e da metodologia BIM ao longo do ciclo de vida da construção. A mediação digital a partir do *design* paramétrico possibilita o desenvolvimento do projeto de maneira integrada (Figura 9). “O processo de projeto possibilitado pelo *Design* Paramétrico favorece a colaboração criativa e

pode ser alimentado por inputs sociais, parâmetros inseridos no sistema, de baixo para cima; *bottom-up*" (ALVES; PRATSCHKE, 2013).

Figura 9 - Mediação digital na pesquisa.



Fonte: Autora, 2024.

A modelagem paramétrica baseada em objetos teve seus primeiros estudos desenvolvidos em meados de 1980, e pode se definir que ela busca representar objetos por parâmetros e regras que determinam a geometria (EASTMAN et. al, 2011). O Processo de Projeto Paramétrico é um método baseado em técnicas de criação e modelagem digital, utilizando sistemas de programação para antecipar a tomada de decisões na fase inicial do processo de projeto. O *Design* Paramétrico vislumbra essa organização da informação e traz ao processo de criação a possibilidade da visualização desse conjunto de informações de maneira organizada (TRAMONTANO; SOARES, 2012).

Nesse método, os parâmetros são definidos como valores de variáveis que, ao serem modificados, fornecem características diferentes aos componentes, mantendo uma relação inicial com sua forma original. Isso permite explorar diferentes possibilidades de projeto e otimizar o resultado. O Processo de Projeto Paramétrico se baseia em técnicas avançadas de modelagem digital e programação para criar soluções arquitetônicas mais eficientes, flexíveis e adaptáveis.

> Design paramétrico é mais sobre uma atitude de espírito do que qualquer aplicação de software particular. Tem suas raízes na concepção mecânica, e como tal, empresta aos arquitetos pensamento e tecnologia. É uma maneira de pensar que alguns designers podem achar estranho, mas o primeiro requisito é uma atitude de espírito que busca expressar e explorar as relações. (WOODBURY, 2010 p. 1. Tradução nossa[9]).

No CAD 3D tradicional, cada aspecto da geometria de um elemento deve ser editado manualmente pelos usuários; já em um modelador paramétrico, as geometrias da forma e conjunto ajustam-se automaticamente as modificações do contexto e aos controles de alto nível do usuário (EASTMAN et. al., 2011).

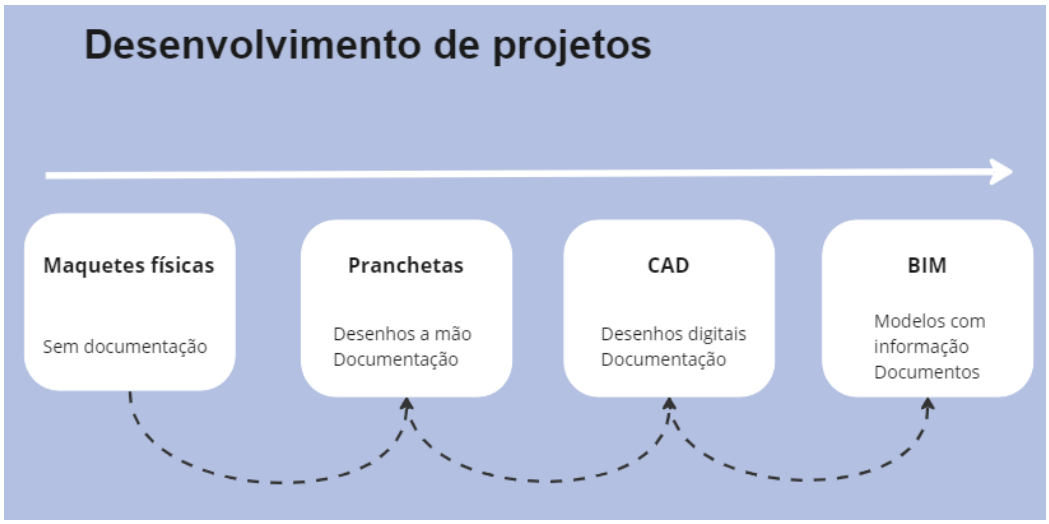
2.2.3 BIM *(Building Information Modeling)*

Com o avanço dos projetos na área de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), surgiu uma crescente necessidade de compartilhar informações do projeto entre diversos profissionais. No entanto, essa troca de informações precisa entre diferentes disciplinas e ferramentas tornou-se cada vez mais desafiadora. Com a demanda por rapidez, transparência e a adoção de novas tecnologias, a complexidade do compartilhamento de informações aumentou.

Apesar deste cenário consolidado, ainda há resistência na adoção do BIM não apenas no mercado, mas também nos cursos de graduação em arquitetura e engenharia. O desenvolvimento da metodologia nos últimos anos é um sinal positivo para o setor. Autores como Succar, Ruschel, Eastman, Oxman tem fomentado os debates sobre a utilização do BIM, estabelecendo melhorias e evoluções no processamento e interação dos aplicativos e profissionais, que, apesar de estabelecida, ainda pode-se dizer que é uma metodologia ‘nova’ e em constante evolução (Figura 10).

Figura 10. Evolução do desenvolvimento de projeto.

[9] **Do original em inglês**: Parametric ir more about an attitude of mind than any particular software application, It has its roots in mechanical design, as such, for architects it is borrowed thought and technology. It is a way of thinking that some designers may find alien, but the first requirement is an attitude of mind that seeks to express and explore relationships.



Fonte: Autora, 2024.

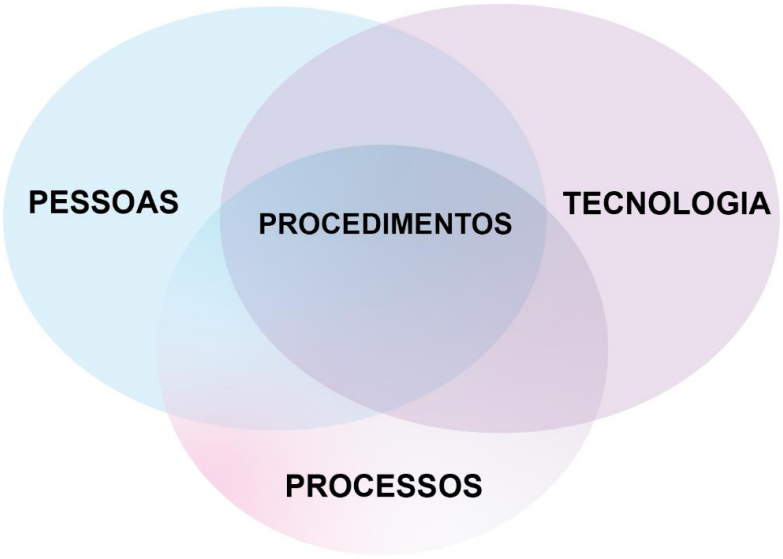
O BIM permite a colaboração e a coordenação eficientes entre diferentes disciplinas, facilitando o mapeamento precoce de conflitos e a tomada de decisões informadas. O ambiente digital proporciona a possibilidade de modelagem de objetos construtivos com um alto nível de detalhe e informações, podendo assim simular ambientes e fluxos, proporcionando a visualização e a manipulação 3D do modelo. A abstração do desenho do edifício e a compatibilização manual de projetos, que eram baseadas em uma representação bidimensional, dentro de um processo de trabalho associado ao uso de ferramentas ou sistemas CAD (*Computer Aided Design*), no contexto BIM são realizadas por modelos geométricos tridimensionais, ricos em informações do edifício (RUSCHEL, et. al., 2013).

> O desenvolvimento de projetos arquitetônicos com especificações técnicas mais precisas influência ainda mais a relação de consumo e a qualidade da edificação, para isso os projetistas dispõem de um número significativo de informações técnicas sobre produtos que deverá ser incorporado às atividades de projeto. Para facilitar essa associação de informações, a tecnologia BIM prevê a integração e a atualização de informações durante o ciclo de desenvolvimento de projetos arquitetônicos (SILVA JUNIOR; MITIDIERI, 2018, p.335).

A metodologia BIM se destaca no universo dos processos digitais em arquitetura, pois revolucionou a maneira em como os projetos são geridos através de programas de modelagem e de leitura de dados. Ela se baseia na

interação de profissionais com as tecnologias digitais através de procedimentos e processos de gestão da construção, envolvendo pessoas, tecnologia e procedimentos (Figura 11).

Figura 11. Interação BIM



Fonte: Adaptado CBIC, 2016.

A tecnologia BIM possibilita a elaboração de um modelo digital preciso da edificação constituído digitalmente, que, quando finalizado, pode incluir a geometria e os dados essenciais e pertinentes para sustentar a construção, a fabricação e o fornecimento de materiais cruciais para a execução do projeto, além de proporcionar o planejamento preciso da construção de cada elemento da obra. O emprego do BIM envolve procedimentos destinados à produção, comunicação e análise do modelo da construção.

Por meio de um conjunto de processos, todos os envolvidos na cadeia da construção colaboram para a criação de um modelo virtual único do edifício, evidenciando a interoperabilidade de projeto. Esse fluxo de informação dentro das partes do projeto, além de envolver diversos profissionais da área, também engloba todo o ciclo de vida do projeto (Figura 12). Desde a sua concepção até a sua demolição. Assim, todas as informações são cadastradas nos modelos digitais em uma plataforma de armazenamento de dados compartilhada com todos os profissionais, em diversos formatos.

Figura 12. Intercambio de projeto 2D e interoperabilidade BIM

Fonte: CBIC, 2016.

A interoperabilidade viabilizada pela gestão BIM permite que as informações em todas as fases de projeto sejam registradas e compartilhadas de maneira a minimizar a perda de dados ao longo de todo o ciclo de vida do projeto. O IFC[10] *(Industry Foundation Classes),* é um padrão aberto e neutro de *software* usado na indústria da construção para facilitar a interoperabilidade entre diferentes programas de modelagem de informações da construção (BIM). Ele define um conjunto de formatos de arquivo para representar informações sobre um edifício ou uma infraestrutura, permitindo a troca de dados entre diferentes plataformas sem perda de informações ou qualidade. Assim, o IFC ajuda a garantir a integração e colaboração eficaz entre os diversos participantes de um projeto de construção.

O modelo tradicional 2D, segundo Eastman et. al. (2011), repete o que se era feito manualmente, com a sobreposição de desenhos individuais numa mesa

[10] IFC: Em 1993, algumas das principais empresas do setor de construção do Estados Unidos da América iniciaram ações com o objetivo de implementar novas tecnologias da informação para a indústria da construção, sendo constituído, para tanto, a Industry Alliance for Interoperability em 1994. O referido grupo tornou-se uma organização pública no ano de 1996, alterando o seu nome para International Alliance for Interoperability - IAI, passando a promover o Industry Foundation Classes - IFC. Fonte: GOV: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/bim-no-dnit/base-de-conhecimento/termos-e-definicoes/termos-e-definicoes-bim. Acessado em: 14/05/2024.

de luz para identificação de conflitos, como no CAD 2D. Essa estratégia apresenta muitos erros, pois não se tem uma visualização completa do projeto, dificultando a compreensão dos detalhes, gerando consequências na obra como atrasos, retrabalhos, imprecisões no orçamento, e resulta que essas incoerências de projeto tenham que ser resolvidas na obra por pedreiros e construtores, empiricamente, sem que o projetista possa avaliar a melhor decisão técnica para o problema.

A utilização de uma base de dados e armazenamento confiável é tão importante quanto a padronização das informações, em função das complexidades envolvidas no processo. Logo, ter um sistema de classificação das informações dentro do projeto, com organização de arquivos, e *templates* com a padronização da nomenclatura dos componentes e arquivos, é tão importante quanto uma modelagem bem-feita do projeto.

A partir da organização das informações dentro do projeto base (arquitetônico), em conjunto com os complementares, é que se pode garantir a interoperabilidade plena. Este ponto talvez seja o maior entrave na aderência do BIM como método de projeto para os profissionais. Reestruturar a seus padrões e modo de projetar não é uma tarefa fácil, porém hoje em dia se tem vários métodos de transição que facilitam a implementação do BIM.

Atualmente *softwares* como *Revit da Autodesck, Archicad da Grashisoft* são os mais utilizados e difundidos no Brasil para a modelagem arquitetônica de projetos. O *VisualARQ da Assuni,* que funciona como um *plug-in* dentro do *software Rhino* ainda está buscando seu espaço no cenário nacional, e tem sua utilização mais evidenciada em estudos acadêmicos, como nas pesquisas de Veloso, Celani e Scheeren (2016).

A modelagem paramétrica baseada em objetos é uma das maiores influências para o surgimento do BIM. Com outras ferramentas que proporcionam a visualização 3D e 2D dos objetos, as análises dentro da modelagem, oferecem verificações através de relatórios do modelo que podem direcionar a evolução do projeto, além da capacidade de extração de informações e quantitativos do que é modelado, somados a possibilidades de geração de documentos do projeto segundo a linguagem arquitetônica. “A modelagem paramétrica baseada em objetos é uma grande mudança para a indústria da construção e está facilitando a mudança de uma tecnologia artesanal

baseada em desenhos, para uma baseada em modelos digitalmente legíveis" (EASTMAN et. al., 2011, p. 26).

No contexto do BIM o LOD (Level of Development) refere-se ao nível de precisão e detalhamento de um modelo 3D em suas várias fases de desenvolvimento. Ele especifica a quantidade de informação contida em cada elemento do modelo, ajudando a gerenciar expectativas e garantir a consistência entre todos os envolvidos no projeto, indo do LOD 100 ao 500. Esses níveis de desenvolvimento ajudam a garantir consistência e qualidade nos modelos BIM, facilitando a comunicação e colaboração entre os diferentes stakeholders ao longo do processo de construção.

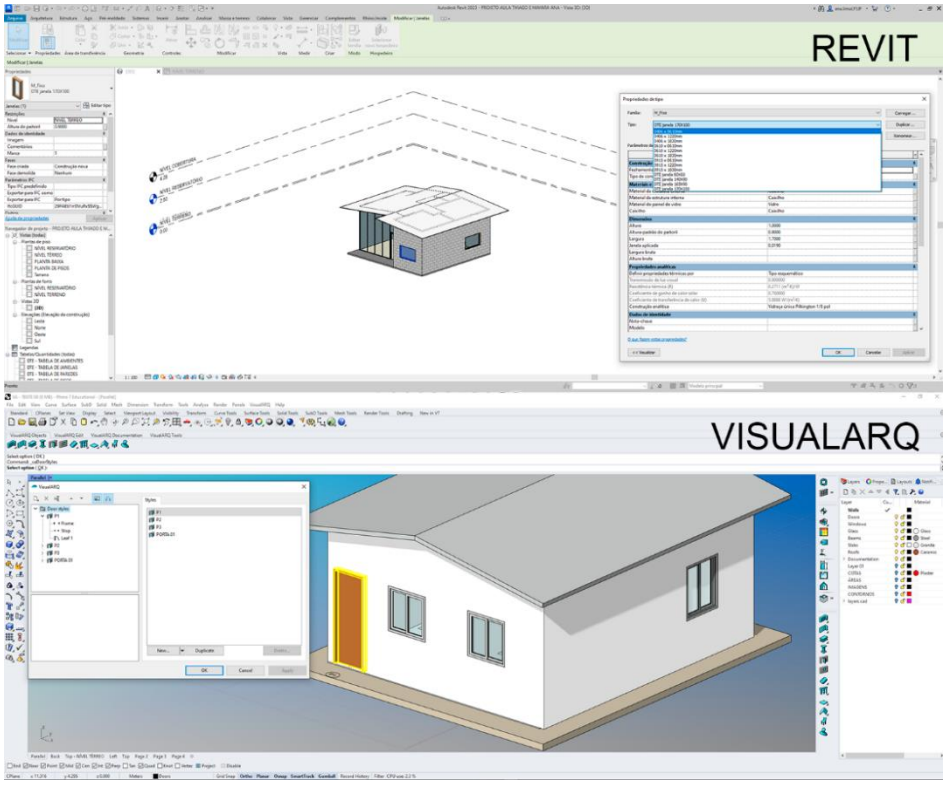
Ao contrário da metodologia tradicional de projeto baseados no CAD 2D e 3D tradicional, nos quais se tem o desenho representativo bidimensional dos objetos, o BIM é conceituado pela possibilidade de se agregar informações aos elementos modelados. Enquanto no CAD tradicional cada elemento tem de ser editado manualmente em cada parte do projeto em que ele aparece, a parametrização da modelagem no BIM proporciona a implementação de informações na geometria através de regras possibilitando a modificação automática a partir das mudanças impostas pelo projetista. "Duas principais "tecnologias" presentes no BIM o diferenciam dos sistemas de CAD tradicionais, são elas: modelagem paramétrica e interoperabilidade" (ANDRADE; RUSCHEL apud EASTMAN et al., 2008, p, 603).

O desenvolvimento de projetos em *softwares* BIM se baseia na criação de famílias que podem ser modificadas conforme as condicionantes e necessidades de projeto. A partir da criação da família de um objeto arquitetônico, seja ele parede, piso, cobertura, portas, janelas, mobiliário e outros, é criado um número de instancias desse objeto, e assim, quando há necessidade de redimensionamento ou modificação de materiais dentro do objeto, não se faz necessário alterar elemento por elemento, pois apenas os ajustes feitos na instancia geram uma atualização em todo o projeto. A parametrização dos objetos com informações de projeto, também permite a extração instantânea e precisa dessas informações, a partir de relatórios e tabelas que são gerados parametricamente.

> No caso de uma janela, por exemplo, estão contidos nos parâmetros e nas regras associadas a estes elementos como tamanho dos batentes, desenho das guarnições, sistema de abertura, número de folhas, mas também regras derivadas dos parâmetros relações de tamanho máximo de cada painel de vidro, número de montantes ou distância entre eles, altura e largura máxima e mínima. Isso permite que haja flexibilidade, pois não se determinam as dimensões e funções de um objeto individualmente, mas, sim, os parâmetros e regras que irão gerar os objetos individuais. Esta flexibilidade permite também que dados não geométricos sejam extraídos e exibidos — a mesma janela pode ter um custo por metro quadrado associado, exibido em tabelas orçamentárias ou em cronogramas de desembolso (PITA, 2021 p. 103).

Portanto, essa lógica pode ser aplicada em vários elementos possíveis de serem modelados em *softwares* BIM, assim como no *VisualARQ* e no *Revit* (Figura 13).

Figura 13. *Revit vs VisualARQ*



Fonte: Autora, 2024.

Por fim, cabe reforçar que esta pesquisa, a partir do conceito da parametrização e do BIM através do *software VisualARQ*, explora as possibilidades de melhorias no processo de projeto de habitações de interesse social. Acredita-se que o desenvolvimento do *workflow* baseado em trocas de

elementos arquitetônicos, com a tutoria do arquiteto e a interação do usuário na tomada de decisão em relação ao seu orçamento, pode possibilitar a produção de Habitações de Interesse Social com uma maior qualidade, para além da questão da quantidade.

2.3 Habitação de Interesse Social

2.3.1 Contexto Histórico

"Todo homem tem direito a um padrão de vida capaz de assegurar a si e sua família saúde e bem-estar, inclusive alimentação, vestuário, habitação, cuidados e serviços sociais indispensáveis" (Declaração universal dos Direitos Humanos, 1948). O direito à moradia digna foi reconhecido como direito humano global em 1948 com a Declaração Universal dos Direitos Humanos, na Resolução n° 4 de 1991 da Organização das Nações Unidas (ONU). Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) traçados pela ONU em 2015 com políticas públicas que visam melhorar aspectos da humanidade até 2023, têm como intuito garantir o desenvolvimento humano sustentável, com o acesso à habitação segura a todos, segundo a meta 11.1 da ODS 11[11]. No Brasil o direito real à habitação está garantido em constituição no Brasil no art. 1.831 do Código Civil.

Apesar desse contexto, a questão habitacional no país é complexa e abrange várias camadas históricas, que incluem questões políticas e sociais dentro da evolução urbana das cidades. Desde os primórdios das cidades brasileiras, a política urbana de segregação socioespacial tem sido uma presença constante. Logo, o habitar urbano sempre esteve acompanhado deste contexto sociopolítico, sendo representado pelo 'nó da terra' como afirmam Fix e Arantes (2009);

> Na ânsia de poder viabilizar o maior número de empreendimentos, o poder local ficará refém de uma forma predatória e fragmentada de expansão da cidade. O "nó da terra" permanecerá intocado e seu acesso se dará pela compra de terrenos por valores de

[11] ODS 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis - Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis. Fonte: GOV: https://www.ipea.gov.br/ods/ods11.html. Acessado em: 14/05/2024.

> mercado (ou ainda acima destes). O modelo de provisão mercantil e desregulada da moradia irá sempre procurar a maximização dos ganhos por meio de operações especulativas (FIX; ARANTES, 2009, p. 6).

De acordo com Raquel Rolnik (2009, p. 35): “[...] o desenvolvimento urbano no Brasil é afetado pela lógica política tradicional, estruturada no clientelismo, na patronagem e controle por coalizões de interesses empresariais, reinventados no contexto urbano e metropolitano brasileiros”. Para entendê-la é necessária analisar como se dão os processos decisórios reais sobre os investimentos urbanos, e sua relação com o sistema político e modelo federativo no país. A população de baixa renda é diretamente afetada por essa realidade, pois a desigualdade no acesso à terra resulta na marginalização espacial dos mais pobres, tornando extremamente difícil a obtenção da moradia digna.

Esse cenário tem uma justificativa histórica. Há uma grande desfiguração na cultura popular da maioria das cidades brasileiras em relação ao direito à cidade e a ocupação urbana pela sociedade. A prática de relegar à população de baixa renda às periferias urbanas é uma ação intencional, influenciada diretamente e indiretamente pelo Estado, por meio de suas políticas sociais falhas.

Essa abordagem é financiada pelos mais ricos, que controlam grandes capitais financeiros e impulsionam a especulação imobiliária. Além disso, é consentida pelas camadas sociais médias e baixas, que são influenciadas pela cultura higienista e conservadora, muitas vezes manipuladas pela falsa sensação de segurança. O lugar de residência na cidade possui uma significância social considerável, influenciando diretamente o estilo de vida e as oportunidades das pessoas, assim como afirma Villaça (2009);

> Cada homem vale pelo lugar onde está; o seu valor como produtor, consumidor, cidadão depende de sua localização no território. Seu valor vai mudando incessantemente, para melhor ou para pior em função das diferenças de acessibilidade (tempo, frequência, preço) independentes de sua própria condição. Pessoas com as menos virtualidades, a mesma formação, até mesmo o mesmo salário, tem valor diferente segundo o lugar em que vivem: as oportunidades não são as mesmas. Por isso, a possibilidade de se mais ou menos cidadão depende, em larga proporção, do ponto do território onde se está (VILLAÇA apud SANTOS, 2009, p. 75).

É crucial destacar os efeitos e impactos da produção capitalista no espaço urbano, os quais afetam diretamente o direito à cidade. Neste contexto, a terra se tornou uma mercadoria altamente valorizada, acessível apenas a poucos privilegiados, enquanto deveria ser um direito fundamental de todos os cidadãos.

> "´[...] as formas capitalistas de uso e ocupação do solo urbano, construídas historicamente pelos principais sujeitos que produzem o espaço; proprietários dos meios de produção, e fundiários, capital financeiro, promotores imobiliários e segmentos da classe trabalhadora (CARDOSO; PINTO, 2015, p.3)."

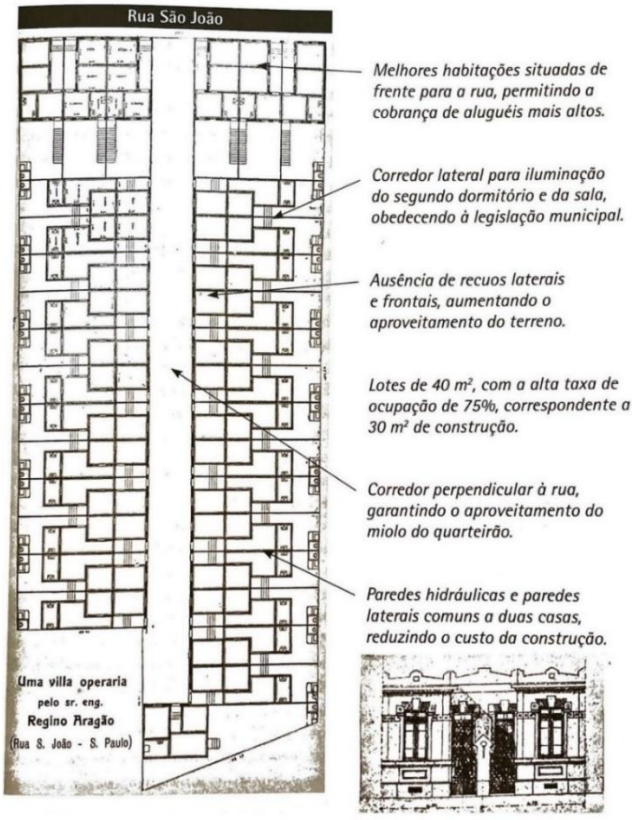
Assim como afirmam Cardoso e Pinto acima, é de maneira desigual que se dá lógica de acumulação do solo, tratado como uma mercadoria. Impulsionada diretamente pelas próprias políticas urbanas desenvolvidas pelo Estado, com legislações urbanas e planos diretores produzidos sob interesses específicos, colocando o setor privado a frente da resolução imobiliárias e de infraestruturas urbanas. A política urbana foi pautada pela atuação do setor privado, que priorizou os benefícios econômicos em detrimento da distribuição de renda e da redução das desigualdades sociais, sendo que "a valorização imobiliária é consequência do desenvolvimento" (MARICATO, 2014, p. 79).

Neste contexto, onde o acesso à terra e infraestrutura é ditada por conflitos e desigualdade, se tem a habitação de interesse social. O Brasil tem suas raízes históricas no início do século XX, quando o país passou por significativas transformações urbanas e demográficas. Com o crescimento das cidades devido ao desenvolvimento das indústrias, atraindo os trabalhadores do campo para o meio urbano, os primeiros problemas territoriais relacionados a forma de morar e viver nas cidades surgiram.

Entre 1800 e 1900, ao se deslocar para áreas urbanas, a classe trabalhadora depara-se com a ineficácia da administração pública e a ganância de seus empregadores. "O Brasil, como os demais países da América Latina, apresentou intenso processo de urbanização, especialmente na segunda metade do século XX "(MARICATO, 2000, p. 21). O rápido crescimento demográfico das cidades não foi influenciado apenas pela troca do rural pelo urbano, mas também pela chegada em massa de imigrantes em busca de trabalho e oportunidades em território brasileiro.

A partir deste cenário se tem as crises habitacionais, em que a classe trabalhadora era mal alojada, se amontoava em quartos sem janelas, ou piso, com banheiros comunitários. As habitações desses trabalhadores eram geralmente das próprias indústrias, que as alugam para os trabalhadores, ou de terceiros que as construíam para lucrar com o aluguel (BONDUKI, 1998). Assim surgiu a produção rentista, na intenção de lucrar a partir da racionalização da construção de habitações mínimas com cortiços improvisados, casa de cômodos, como mostra a Figura 14.

Figura 14 - Planta de habitação rentista desenvolvida para a classe trabalhadora.



Fonte: Bonduki, 1998.

A insalubridade dos locais levou a disseminação de doenças entre a população, como epidemias de febre amarela, gerando muitas mortes. Somente após a intervenção pública com a fiscalização desses locais, desenvolveu-se um plano sanitarista. As indústrias e promotores imobiliários foram obrigados desenvolver melhores habitações para acomodar os trabalhadores de uma maneira mais digna. Assim surgiram as vilas urbanas de trabalhadores, com

casas desenvolvidas diretamente para esse segmento social. A partir daí já se tinha a segregação socioespacial da população operária com a população de classe social altas (BONDUKI apud MATOS, 1998), influenciada pelos pensamentos modernistas e higienistas no conceito do espaço urbano ideal.

> As reformas urbanas, realizadas em diversas cidades brasileiras entre o final do século XIX e início do século XX, lançaram as bases de um urbanismo moderno “à moda” da periferia. Eram feitas obras de saneamento básico e embelezamento paisagístico, implantavam-se as bases legais para um mercado imobiliário de corte capitalista, ao mesmo tempo em que a população excluída desse processo era expulsa para os morros e as franjas da cidade. Manaus, Belém, Porto Alegre, Curitiba, Santos, Recife, São Paulo e especialmente o Rio de Janeiro são cidades que passaram, nesse período, por mudanças que conjugaram saneamento ambiental, embelezamento e segregação territorial (MARICATO, 2000, p. 22).

O estado começou a atuar na produção das habitações para os trabalhadores, entendendo seu papel direto na formação do setor habitacional das cidades, no contexto da mudança das condições habitacionais dos setores de baixa renda (BONDUKI, 1998). Surgem as primeiras experiências de financiamentos para estas moradias através de órgãos federais, como Institutos de Aposentadoria e Pensão, a Lei do Inquilinato, a Fundação da Casa Popular e o Banco Nacional de Habitação (MARICATO, 2001).

O surgimento da habitação como um tema social impulsionou uma nova proposta para as cidades contemporâneas, envolvendo a arquitetura e urbanismo, e a produção habitacional. Tal mudança foi baseada no movimento modernista, a partir do qual a ideia era atender à grande demanda por moradias nas cidades, especialmente entre a classe operária por meio da edificação em série, com padronização e pré-fabricação. Essa abordagem visava oferecer moradias dignas e acessíveis a um público crescente, transformando como as cidades se desenvolviam (BONDUKI, 2004).

A partir desta retomada histórica, se estabelece uma base teórica para a realidade da HIS no Brasil. Destaca-se como é impactada pela questão fundiária, pela especulação imobiliária e pela influência do setor privado no desenvolvimento dessas habitações, nas quais que se tem o lucro como maior objetivo, e não no interesse dos usuários. O *déficit* habitacional quantitativo é escancarado a partir desta realidade, isso somado ao déficit qualitativo dessas

moradias. Essas condições orientam e justificam esta pesquisa, que busca encontrar soluções no processo de projeto para melhorar as habitações, considerando as necessidades dos usuários.

2.3.2 *Déficit* habitacional e os Programas Habitacionais

As Habitações de Interesse Social baseadas em políticas de financiamento habitacional possuem um histórico no Brasil contemporâneo, que pode ser dividido de maneira breve em duas grandes iniciativas ao longo do tempo, e que influenciaram diretamente o atual cenário habitacional do país. Sendo eles; o Banco Nacional de Habitação, o BNH, ao longo do período militar, e o Programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) iniciado no segundo mandato do governo de Luiz Inácio Lula da Silva (Lula) em 2009, ativo até os dias de hoje.

Ao discutir o programa MCMV, é importante mencionar o papel do BNH na política habitacional brasileira, já que suas experiências influenciaram o programa atual. Entre os feitos do BNH e o início do MCMV se tem um período em que a política habitacional pairou por vários órgãos administrativos, sem uma produção significativa para a população. Este cenário de incertezas foi acompanhado por grandes instabilidades políticas e principalmente econômicas do período de 1986 a 1994, e até a criação do Ministério das Cidades em 2003, no qual se teve o reagrupamento dos debates sobre a habitação no país, através principalmente, do Fórum Nacional de Reforma Urbana (CARDOSO; ARGÃO, 2013).

O BNH a partir de 1966 a 1986 liderou as iniciativas de financiamento habitacional para a população de baixa renda por fundos com o FGTS, estabelecendo a faixa de renda da população como base para a escala dos investimentos e liberação de subsídios para a construção de conjuntos habitacionais no país. O principal objetivo do BNH era prover recursos financeiros para a construção de habitações populares, visando atender a uma parcela significativa da população que enfrentava carências habitacionais.

Além disso, o BNH introduziu o Sistema Financeiro da Habitação (SFH), um modelo que buscava viabilizar o acesso à casa própria por meio de financiamentos de longo prazo e juros mais acessíveis. Segundo Maricato (2000,

p. 23) “[...] é com a implementação do SFH em 1964, que o mercado de promoção imobiliária privada, baseado no edifício de apartamentos, consolida-se por meio de uma explosão imobiliária”. Essa abordagem teve um impacto significativo na estruturação do mercado imobiliário brasileiro.

> “Infelizmente o financiamento imobiliário não impulsionou a democratização do acesso à terra por meio da instituição da função social da propriedade. Essa era a proposta da reforma urbana preconizada pelos arquitetos no Congresso do IAB – Instituto de Arquitetos do Brasil – de 1963. A atividade produtiva imobiliária não subjugou as atividades especulativas, como ocorreu nos países centrais do capitalismo. O mercado não se abriu para a maior parte da população que buscava moradia nas cidades. Ele deu absoluta prioridade às classes médias e altas… Por outro lado, as iniciativas de promoção pública – os conjuntos habitacionais populares – também não enfrentaram a questão fundiária urbana” (MARICATO, 2000, p. 23).

Embora tenha sido uma iniciativa para resolver os problemas habitacionais em todo o país, refletindo as intenções modernistas de produção em larga escala, a iniciativa também ofereceu várias lições sobre o que não se fazer em termos urbanísticos, arquitetônicos e econômicos (AMORE, 2015; CARDOSO; ARGÃO, 2013; MARICATO, 2009). Os projetos do período do BNH são caracterizados por alimentar a urbanização desordenada, concentrando-se nos grandes centros e aumentando a disparidade entre as regiões urbanas e rurais, além do impacto ambiental pela falta de planejamento na implantação dessas habitações em locais muitas vezes inapropriados, como afirmam Moreira e Leme (2011);

> Com deficiência, o BNH apresentava pressupostos rígidos e centralizados, de administração autoritária, com um déficit relacionado à incorporação de processos alternativos de produção da moradia, a adoção da casa própria como única forma de acesso à moradia, entre outros. O resultado foi a exclusão de parcelas significativas da população de baixa renda do atendimento da política habitacional (MOREIRA E LEME apud CARDOSO, 2011, p. 16).

Arquitetonicamente, os projetos desenvolvidos no período se caracterizavam por uma pobreza na qualidade habitacional, tanto projetual como material. Além disso, causaram grande segregação socioespacial para a população de baixa renda. Ainda segundo Moreira e Leme (2011);

> O período em que vigorou o BNH representou uma política equivocada e mal-empregadas, mas ao se tratar do programa como um todo, sua importância é fundamental, uma vez que existia o conjunto de ações que determinava a política. O programa sofria pela incapacidade no atendimento à população de baixa renda (0 a 3) salários-mínimos, e quando o atendimento era feito, o alto índice de inadimplência demonstrava a inadequação política do programa (MOREIRA E LEME apud AZEVEDO, 2011, p. 20).

Com o seu fim em 1986, acompanhado do fim da Ditadura Militar, crises econômicas que tornaram o cenário nacional instável. Devido ao aumento dos juros e à alta inflação, as iniciativas de financiamento para habitações de interesse social sofreram uma queda, principalmente em função da instabilidade institucional. Depois que o Banco Nacional de Habitação (BNH) foi extinto, o Brasil enfrentou desafios, muitas pessoas estavam com dificuldades para pagar suas casas, e o problema do déficit habitacional ainda não tinha sido resolvido. A questão das moradias continuava sendo um problema, então alternativas surgiram para lidar com os problemas por meio de planos desenvolvidos diretamente pelos estados, cidades e municípios (RUBIN; BOLFE, 2014).

A partir de meados da década de 1990, a política habitacional passa por mais instabilidades, com desequilíbrios recorrentes entre captação e despesas. Essa situação só será superada a partir dos anos 2000, quando volta a ocorrer um equilíbrio entre depósitos e retiradas de fundos como o FGTS, e quando os rendimentos das aplicações financeiras do Fundo passam a compensar os *déficits* passados (CARDOSO; ARGÃO, 2013).

É importante destacar também, que em 1988 tornou-se obrigatório o desenvolvimento dos planos diretores para os municípios a partir da Constituição Federal, para manejar a questão fundiária. A partir deste período destaca-se uma sequência de acontecimentos essenciais para a construção do cenário habitacional atual; em 1990 se teve o Plano de Ação Imediata para a Habitação (PAIH) e em 1995 no governo de Fernando Henrique Cardoso, se tem a volta do uso do FGTS para financiamentos da habitação; em 1996 a Secretaria de Política Urbana desenvolve o Plano Nacional de Habitação; em 2000 se tem o Projeto Moradia; e em 2001 se tem o programa Pró-Moradia e o Programa de Arredondamento Residencial (PAR) (RUBIN; BOLFE, 2014; AMORE, 2015; CARDOSO; ARGÃO, 2013).

A partir de 2002 se tem o primeiro mandato de um presidente com a perspectiva política social após a ditadura. Com a eleição de Lula, a pauta tomou força, e os debates sobre planos reais para o enfrentamento do *déficit* habitacional somados a infraestrutura urbana tomaram força. Além disso, o debate envolveu atores do corpo técnico, movimentos sociais de habitação, autores e professores especialistas no assunto durante o primeiro Fórum de Habitação Social do Brasil. Em 2003 foi criado o Ministério das Cidades que absorveu institucionalmente a pauta, tendo como meta em seu planejamento soluções reais para o *déficit* habitacional no país.

Em 2004 se tem a Política nacional de habitação (PNH) e a criação do Sistema Nacional de Habitação (SNH), colocando em discussão a realidade fundiária do país a partir da habitação social. O Estatuto da Cidade, a lei nº 11.124/2004, que institui o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social (SNHIS) e o Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social (FNHIS), além da Lei da Assistência Técnica e o Plano Nacional de Habitação (PNH) - recentemente formulado - permitiram avançar significativamente em outras direções. Em 2007 é lançado o programa de Aceleração do Crescimento (PAC) para estimular a economia focando em obras de infraestrutura e habitação (AMORE, 2014).

> Através da conversão da Medida Provisória nº 459/2009 na Lei nº 11.977, de 7 de julho de 2009, foi lançado o Programa Minha Casa, Minha Vida destinado a famílias com renda bruta de até R$ 1.395,00, gerido pelo Ministério das Cidades e operacionalizado pela Caixa Econômica Federal. Tem por objeto a aquisição de terreno e construção de unidades habitacionais, que depois de concluídas são vendidas às famílias que possuem renda familiar mensal de até R$ 1.395,00 (MOREIRA; LEME, 2011, p. 18).

Com a intenção de alcançar mais de um milhão de moradias construídas em todas as regiões do país, o Programa Minha Casa Minha vida foi lançado em 2009, em contexto a sua criação se tem em 2008 a crise econômica mundial, com início no Estados Unidos. Assim, o programa nasce não só com o objetivo de atender a população de baixa renda, mas também de enfrentar a crise e de criar condições não só para expandir o mercado habitacional, "...que já passava por um boom imobiliário desde 2005" (AMORE, 2014, p. 33). Além de combater o *déficit* habitacional do país, que ultrapassava 5 milhões de moradias (Fundação

João Pinheiro), também serviria como um investimento para enfrentar a crise econômica. Segundo Bonduki (2009, p. 8) “a crise econômica e a disposição do governo em dinamizar a construção civil atropelaram o Plano Nacional de Habitação, pactuado como uma estratégia de longo prazo para atacar um problema crônico”.

O programa acabou se afastando da ideia original de abordar o problema habitacional como uma questão social fundamental e tratou superficialmente as questões relacionadas à posse da terra em sua primeira versão. Chamou atenção por conquistar um patamar de investimentos e subsídios nunca visto dentro do setor de HIS, alcançando muitas famílias e conquistando aceitação popular.

Contudo, o programa acabou expandindo muito as classes sociais contempladas, “beneficiando segmentos de classe média e gerando mercado para o setor privado, com risco reduzido” (BONDUKI, 2009, p. 13), o que acabou gerando uma distribuição de moradias que não atingiu as principais faixas que caracterizavam o *déficit* habitacional.

> “A implementação de uma política habitacional regida por uma lógica empresarial trouxe reflexos diferenciados para a construção do espaço urbano, assim como para a eficácia da política de habitação como mecanismo de redução das desigualdades socioespaciais” (CARDOSO; ARAÚJO, 2006, p. 5).

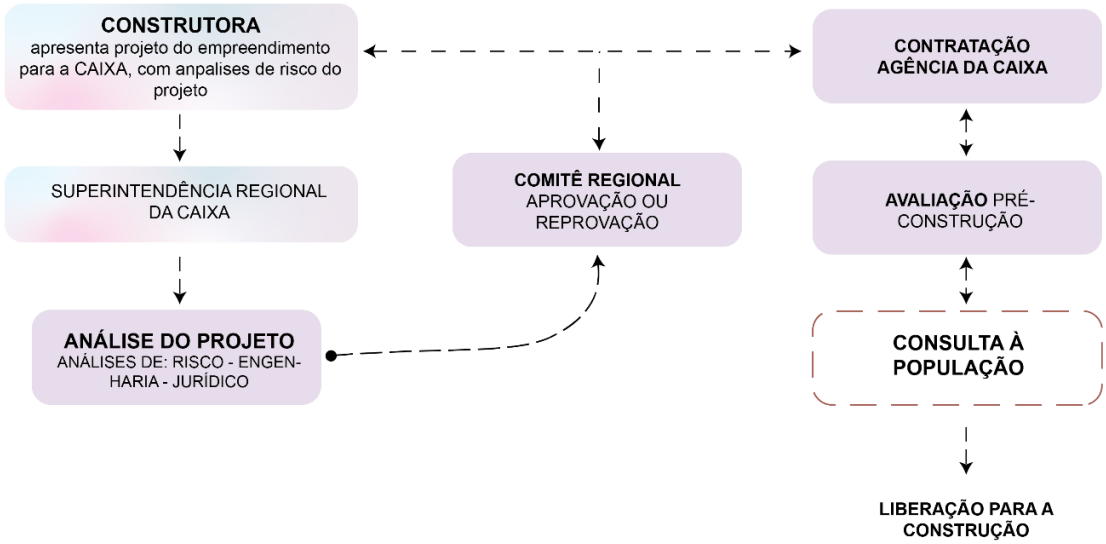
Outro ponto muito debatido sobre o desenvolvimento das habitações do programa MCMV, é a qualidade das habitações entregues para os moradores. Aqui pode-se pontuar não apenas a qualidade espacial das habitações, com ambientes mal dimensionados e pequenos, mas também com características construtivas e de acabamento de pouca qualidade, pouca flexibilidade nos projetos, além de problemas de conforto ambiental. Segundo Kowaltowski *et*. al.;

> Descrições da HIS no Brasil, especialmente nas grandes áreas metropolitanas, incluem elementos de uma arquitetura não humanizada, como monumentalidade, alta densidade de ocupação, falta de paisagismo e de acuidade estética por meio do uso excessivo de objetos artificiais, bem como preocupação descomedida com a segurança em oposição à proteção. A monotonia do espaço, das cores e dos detalhes são elementos arquitetônicos que também apontam neste sentido, prevalecendo ainda a falta de manutenção dos edifícios e dos terrenos (KOWALTOWSKI et. al., 2015, p.4).

A localização dos empreendimentos habitacionais também surge como um problema grave, geralmente localizados longe dos centros urbanos, em locais com pouca infraestrutura urbana, um problema herdado dos projetos de habitação desde o BNH. Portanto, apesar dos números alcançados, o país ainda enfrenta um alto nível de *déficit* habitacional, que atualmente pode ser considerado quantitativo, mas também qualitativo.

O programa funciona em parceria com a Caixa Econômica Federal (CAIXA), e tem a responsabilidade de atender a demanda e necessidades de habitações da população através das etapas; a união distribui os recursos pelas regiões do país através das necessidades e demanda das mesmas, e os projetos são apresentados para justificar a necessidade. Posteriormente o Estado e Municípios fazem o papel de registrar os moradores que estão na fila por uma casa.

Figura 15. Fluxo de projeto MCMV



Fonte: Autora, 2024.

Em paralelo, construtoras submetem projetos de HIS para os núcleos regionais da CAIXA para que seus empreendimentos sejam viabilizados. Há possibilidade, em alguns casos, de parcerias entre cooperativas e movimentos sociais para os desenvolvimentos dos projetos, sendo uma vertente menos desenvolvida em quantidade. Por fim, é a Caixa que contrata e supervisiona a

obra desses empreendimentos, além de viabilizar a sua comercialização através de subsídios da união e longos financiamentos (Figura 15). Portanto, fica na mão de construtoras, que visam apenas o lucro, a criação e execução desses projetos. Segundo Fix e Arantes (2009);

> Uma produção “por oferta” significa que a construtora define o terreno e o projeto, aprova junto aos órgãos competentes e vende integralmente o que produzir para a Caixa Econômica Federal, sem gastos de incorporação imobiliária e comercialização, sem risco de inadimplência dos compradores ou vacância das unidades (FIX; ARANTES, 2009, p. 9).

Apesar de seguir diretrizes, cartilhas, manuais e normas da ABNT e da própria CAIXA para garantir o mínimo de qualidade, a realidade mostra que as habitações deixam a desejar, principalmente em termos de conforto, flexibilidade e qualidade.

A contextualização dos programas habitacionais no Brasil, especialmente o Programa MCMV, é fundamental para esta pesquisa, que se concentra na aplicação do *workflow* nesse programa específico devido à sua amplitude e histórico. A produção em larga escala do MCMV possibilita uma aplicação mais abrangente do conceito de CM em HIS. Embora programas habitacionais de menor escala, como projetos desenvolvidos por cooperativas, por estudos acadêmicos, e iniciativas sociais, e outros, possam ser viabilizados na utilização do *workflow*. Optou-se em focar apenas no MCMV devido à sua escala e capacidade de atingir um grande número de pessoas, e por sua relevância enquanto política pública habitacional.

Portanto, a proposta desta pesquisa surge da necessidade de lidar com os desafios enfrentados no contexto habitacional brasileiro. Ao longo de anos de desenvolvimento de soluções habitacionais para combater o *déficit* habitacional, dentro de vários governos e propostas políticas, como apresentado nesta sessão, fica claro que não há soluções simples ou rápidas. Portanto, o objetivo é propor melhorias e ampliar as possibilidades dentro do que já está em andamento e estabelecido como o programa MCMV, visando alcançar aqueles que mais necessitam, utilizando os conhecimentos e tecnologias disponíveis na arquitetura e na mediação digital.

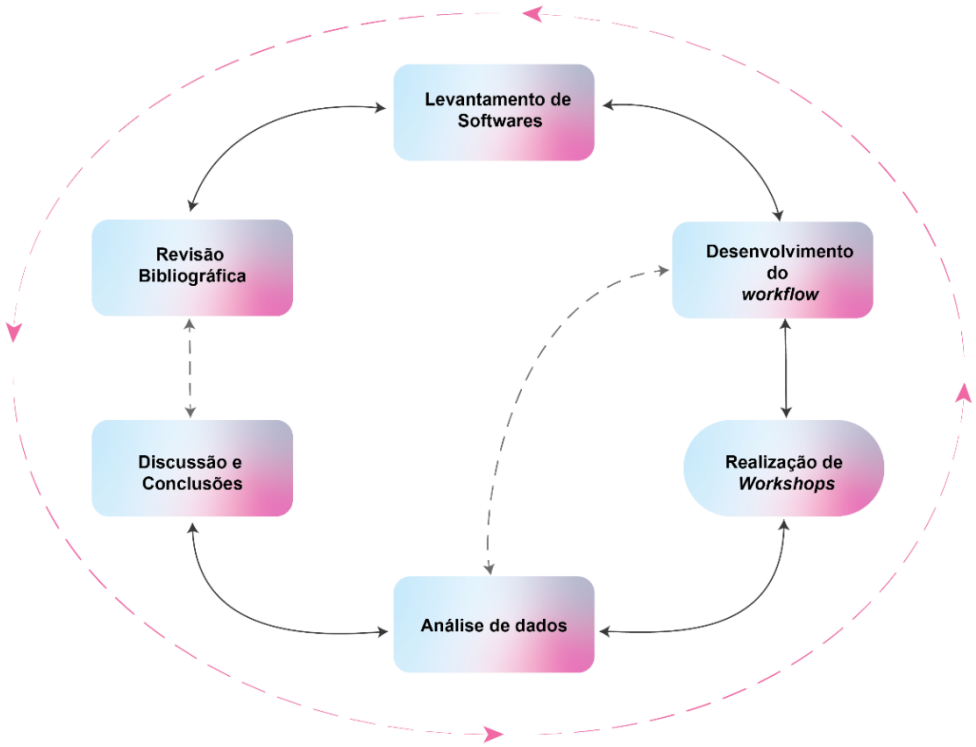
3 METODOLOGIA

Neste capítulo será tratada a metodologia por trás do desenvolvimento da pesquisa. A estruturação teórica da pesquisa se baseou de forma geral em conceitos advindos da Cibernética de Segunda Ordem. Será detalhada também a estruturação metodológica do *workflow* proposto, que também possui a Cibernética de Segunda Ordem como estruturante das relações entre os atores envolvidos no experimento (CELANI, 2003; WIENER, 1968; FOERSTER, 1974 e 1981; GLANVILLE, 2004; PASK, 1961; ALVES, 2014). Os mapeamentos de projeto direcionam os recortes do *workflow* dentro das etapas de projeto, assim como a metodologia BIM (LAWSON, 2011; KOWALTOWSKI, 2011; JÚNIOR; CELANI, 2018; ANDRADE; RUSCHEL, 2011; EASTMAN, 2014; PILLER; KURMA, 2016).

3.1 Estruturação metodológica da pesquisa

A pesquisa se estabelece metodologicamente, a partir Cibernética de Segunda Ordem, mais especificamente do conceito de *feedback looping*. A retroalimentação das informações no modelo teórico proporciona a evolução dos temas analisados e debatidos. A construção de cada tema envolvendo as vertentes da pesquisa, estruturam-se a partir da liberdade no resgate dos temas anteriores, tendo uma circularidade no caminho das informações, sem barreiras que as impeçam de avançar ou retroceder. A figura 16 retrata os fluxos estruturais da pesquisa, na qual as setas entre os temas representam a fluidez contínua das informações, tanto para ‘frente’ quanto para ‘trás’. A partir das necessidades encontradas de, em alguns momentos, retroceder ou ajustar um tema da pesquisa.

Figura 16 - Fluxograma da metodologia de projeto.



Fonte, Autora, 2024.

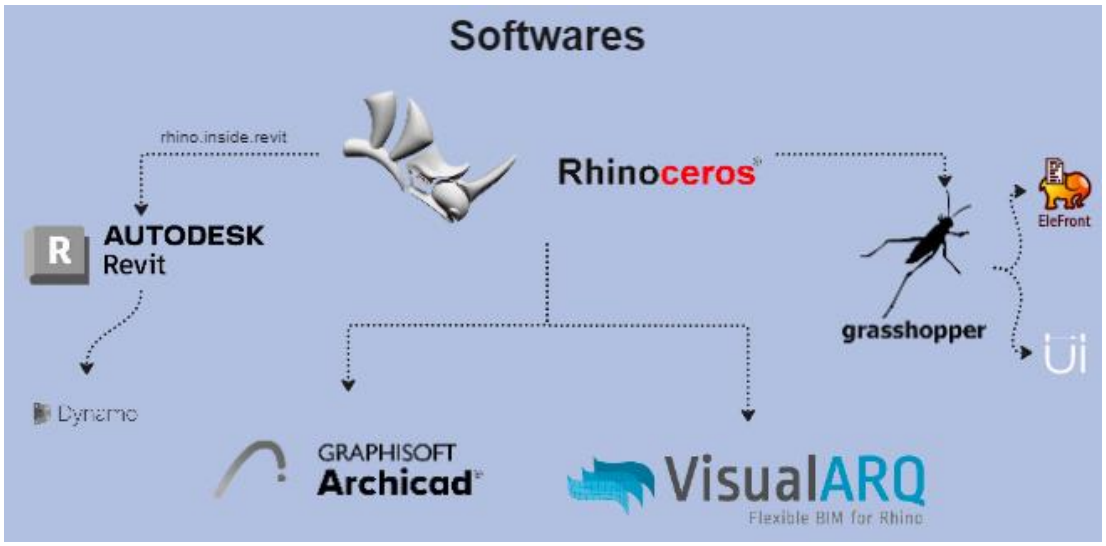
A pesquisa tem como objetivo desenvolver diretrizes para automatizar processos de projeto em HIS, com o propósito de trazer melhores resultados projetuais e maior proximidade do usuário com sua habitação. Conforme a figura 16, a pesquisa se estruturou em um primeiro momento a partir de uma revisão bibliográfica, no qual foram levantados o estado da arte dos temas estruturante, desenvolvidos no primeiro capítulo. Tais temas estruturantes são a customização em massa, a mediação digital a partir do *design* paramétrico e do BIM, e a conceituação da HIS.

Na sequência, foram selecionados os *softwares* que que possibilitariam a mediação digital de projetos arquitetônicos a partir do BIM, e do *design* paramétrico. É relevante ressaltar a influência da familiaridade da autora com os *softwares* de seu domínio, assim como a influência do grupo de pesquisa Algo+ritmo da Universidade federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), ambiente no qual a pesquisa se desenvolve.

Portanto, com a premissa de manter o objetivo de uma modelagem paramétrica, e das possibilidades de uma modelagem fluida e geometricamente mais precisa, optou-se pela utilização do *Rhinoceros* 3D como *software* base. Tal escolha se baseou também no potencial BIM que o *VisualARQ* agregaria a essa modelagem no próprio *Rhino,* uma vertente subutilizada devido à baixa adoção pelos usuários da AEC.

A estratégia utilizada minimiza a necessidade de se migrar de um *software* para outro, como é muito usual quando se utilizam programas de modelagem paramétricos que possibilitam *designs* fora do padrão formal, tais como a produção de geometrias complexas. Embora a pesquisa se concentre em uma arquitetura rígida e geométrica, como as desenvolvidas em projetos de HIS, a exploração das capacidades do *software* escolhido, abre caminho para futuras investigações. Outro ponto analisado, foram as possibilidades de se modelar por meio da programação visual com o *Grasshopper*, *plug-in* que possui uma conexão direta com o *Rhino e VisualARQ*, possibilitando a automatização de processos dentro da modelagem. Outros *softwares* foram analisados para pesquisa, assim como *Revit* e *Dynamo (Autodesck)* e *Archicad (Graphisoft*) e sua conexão direta com *Rhino* e *Grasshopper*, porém não foram utilizados para o desenvolvimento do *workflow* (Figura 17).

Figura 17 - *Softwares* pesquisados para o experimento.



Fonte: Autora, 2024.

A partir destes conceitos estruturados, a pesquisa partiu para o desenvolvimento do *workflow*, com o objetivo de gerar uma diretriz dentro do processo de projeto de habitações de interesse social, mais especificamente em projetos do Programa Minha Casa Minha Vida. Com a exploração das possibilidades dos *softwares* utilizados e dos objetivos da pesquisa foi desenvolvido o *workflow* de substituição de esquadrias.

Para explorar suas possibilidades e promover debates e validações sobre o método, foram estruturadas dentro do planejamento da pesquisa a realização de *workshops*, com o intuito de analisar da sua relevância e potencial dentro dos contextos específicos abordados e dos *softwares* empregados. Assim como planejado, dois *workshops* foram desenvolvidos, sendo o primeiro (realizado na UFMS) um protótipo para o segundo, em nível internacional, realizado no *Digital Futures*, os quais são detalhados no próximo capítulo.

A partir do desenvolvimento do *workflow,* já se pode ter uma base para análise de resultados obtidos, gerando possibilidades de ajustes e evolução. Com o desenvolvimento dos *workshops* outra camada de análise pode ser adicionada para ajustes do método. Como já debatido neste capítulo, este cenário de constante ajustes na estruturação teórica da pesquisa foi baseada na retroalimentação de informações construídas durante o percurso e evolução do estudo, a partir de conceitos advindos da Cibernética de Segunda Ordem.

3.2 Estruturação do *Workflow* via Cibernética de Segunda Ordem

Ao contrário da realidade de poucos anos atrás, hoje as tecnologias digitais influenciam diretamente o modo de vida do ser humano, contexto que não poderia estar longe da arquitetura. Antes mesmo de se tornarem populares entre as pessoas, as tecnologias digitais já eram comuns nos estudos teóricos de métodos de *design* nos anos 1960. A partir do desenvolvimento teórico de

autores como Christopher Jones[12] em meados dos anos 1970, e logo depois com Nigel Cross[13] nos anos 1980-1990.

Buscava-se estabelecer métodos para o processo projetual de *design* a partir da visão computacional. O *Design Research Society* estruturou os passos dentro do desenvolvimento do *design* a partir da cognição deste processo. Houve também a implementação da inteligência artificial aplicada ao projeto, com a intenção de criação de modelos de processos cognitivos, e as gramáticas da forma em 1970 por George Stiny[14] (CELANI, 2011).

As teorias de Cibernética de Primeira Ordem e de Segunda Ordem são marcos importante não só para o *design.* Na estruturação desses pensamentos teóricos se abre novas perspectivas sobre o processo de projeto. Impulsionados pelo fluxo de informações e as relações estabelecidas entre os atores envolvidos no projeto (WIENER, 1968; FOERSTER, 1974 e 1981; GLANVILLE, 2004).

A Cibernética de Segunda Ordem tem sua origem a partir da revisão da teoria da Cibernética em meados de 1968 a 1975 por Heinz Von Foster[15] com a publicação do livro *Cybernetics of Cybernetics* (GLANVILLE, 2004). Antes de explorar mais detalhadamente o conceito da Cibernética de Segunda Ordem, que é uma das bases metodológicas desta pesquisa e do experimento em questão, é fundamental entender sua origem dentro do contexto da própria Cibernética.

A Cibernética é uma disciplina interdisciplinar que surgiu na década de 1950 e se concentra no estudo dos sistemas, processos de comunicação e

---

[12] Christopher Jones: John Chris Jones nasceu em 1927 em Aberystwyth, País de Gales. Após o serviço militar, graduou-se em Engenharia pela Universidade de Cambridge. Envolveu-se com métodos enquanto trabalhava como designer industrial para uma grande empresa de engenharia elétrica de Manchester, a AEI (Associated Electrical Industries), em 1950. Fonte: Vigha: http://www.vigha.com. Acessado em: 14/05/2024.

[13] Nigel Cross: Nigel Cross é um acadêmico britânico, pesquisador de design e educador, professor emérito de estudos de Design da Open University, Reino Unido, e editor-chefe da revista Design Studies.[1] Ele é uma das figuras principais da pesquisa em design e da comunidade acadêmica de design, além de importante membro da Design Research Society. Fonte: Wikipédia: https://pt.wikipedia.org/wiki/Nigel_Cross. Acessado em: 14/05/2024.

[14] George Stiny: George Stiny é um teórico americano de design e computação. Ele co-criou gramáticas de formas com James Gips. Fonte: Wikipédia: https://en.wikipedia.org/wiki/George_Stiny. Acessado em: 14/05/2024.

[15] Heinz Von Foster: Heinz von Foerster (Viena, 13 de novembro de 1911 — Pescadero, California, 2 de outubro de 2002) foi um cientista austríaco-americano que combinou a física com a filosofia. Von Foerster foi um dos arquitetos da cibernética. Fonte: Wikipédia: https://pt.wikipedia.org/wiki/Heinz_von_Foerster. Acessado em: 14/05/2024.

retroalimentação. A Teoria Cibernética foi estabelecida por Norbert Wiener[16] em seu livro Cibernética, em 1948 que a conceituava como “a ciência de controle e comunicação o da comunicação entre humanos e máquina” (PASK, 1961, p.15. Tradução nossa[17]).

Segundo o pensamento de Wiener a partir dos conceitos da Cibernética, a sociedade só pode ser entendida considerando as diferentes formas de comunicação, principalmente todas as formas de controle e comunicação entre máquinas e humanos. O termo Cibernética se origina da palavra *kubernetes* e que significa “piloto”, e Wiener assim a descreve: “Daí Cibernética, que derivei da palavra *Kubernetes*, ou piloto. A mesma palavra grega de que eventualmente deriva da palavra governador” (ALVES apud WIENER, 2014, p.137).

A Cibernética pode ser definida também, sob a ótica da regulação e da comunicação por *feedbacks* para atingir um objetivo ou meta *(goal)* enquanto é observada e regulada externamente (ALVES, 2014). Para Pask apud Beer (1961) a Cibernética é como a ciência de controlar e organizar qualquer conjunto tratado como uma unidade orgânica. Pask apud Ashby (1961) também conceitua a Cibernética não segue um modelo disciplinar convencional, tendo grande subjetividade em seu desenvolvimento, o que levou a uma rápida evolução de seus conceitos (PASK, 1961).

Buscando compreender e modelar o funcionamento de sistemas, sejam eles mecânicos, biológicos, sociais ou computacionais, a cibernética lida com a ideia de controle, comunicação e regulação nos sistemas, e seu escopo inclui tanto os sistemas observáveis quanto os sistemas que observam e interagem com outros sistemas.

A partir dos estudos da Cibernética se teve uma evolução em sua conceituação, originando a revisão de seu pensamento através de von Foester, que propôs a inclusão do observador no sistema observado, chegando-se assim à Cibernética de Segunda Ordem (ALVES, 2014). A partir desse momento, passou-se a considerar o observador como parte integrante do sistema

[16] Norbert Wiener: Norbert Wiener (Columbia (Missouri), 26 de novembro de 1894 — Estocolmo, 18 de março de 1964) foi um matemático estadunidense, conhecido como o fundador da cibernética. Fonte: Wikipedia: https://pt.wikipedia.org/wiki/Norbert_Wiener. Acessado em: 14/05/2024.

[17] **Do original em inglês:** “the science of control and communication in the animal and the machine...”

observado, em vez de um elemento externo. Glanville (2004) distingue precisamente a evolução e diferença ente a primeira e a segunda ordem e seu texto;

> A distinção entre a cibernética de primeira e segunda ordem depende de uma mudança de atitude em relação ao observador que, na cibernética de segunda ordem, é compreendido como estando tanto dentro do sistema sendo descrito quanto sendo afetado por ele. Ou seja, a fronteira do que está sendo observado já não é a mesma. Onde havia, no caso da cibernética de primeira ordem, uma fronteira crucial entre o observador e o sistema e objetivo, no caso da cibernética de segunda ordem, não há tal fronteira. Isso significa que não há mais a separação do objetivo e do sistema em relação ao observador, que antes era considerada essencial para a determinação pelo observador de que existe um objetivo. Quando o observador está dentro da fronteira (em oposição a fora dela), embora ele possa ou não discernir um objetivo, não podemos saber qual qualidade da observação que permitiu a atribuição dos papéis, sistema e objetivo, foi alterada, pois o observador interno é mantido dentro da fronteira, e, portanto, o relacionamento que existia entre os diferentes elementos já não se aplica. O observador já não está observando a mesma distinção, e as consequências de sua observação são diferentes, pois sua observação já não está "sob seu olhar frio" (GLANVILLE, 2004, p. 1384. Tradução nossa[18]).

Na Cibernética de Segunda Ordem, há uma ênfase especial na consideração do observador como parte integrante do sistema. Isso significa que o processo de observação e intervenção ativa do observador afeta dinamicamente o comportamento do sistema. A reflexividade e a autorreferência, são conceitos-chave nesse contexto. A Cibernética de Segunda Ordem reconhece que os sistemas são, muitas vezes, auto-organizados e adaptáveis. Portanto, a compreensão de sistemas complexos (o processo de projeto é um

[18] ***Do original do inglês:*** *"The distinction between the first- and second-order cybernetics depends on a change in attitude to the observer who, in second-order cybernetics, is understood to be both within the system being described and affected by it. That is to say, the boundary of what is being observed is no longer the same. Where there was, in the case of first order cybernetics, a crucial boundary between the observer and the system-and-goal in the case of second-order cybernetics there is no such boundary. This means that there is no longer the separation of the goal and system from the observer that there had previously been, and which was deemed essential to the determination by the observer that there is a goal. When the observer is within the boundary (as opposed to outside it), while he may or may not discern a goal, we cannot know which quality of the observation that allowed the giving of the roles, system and goal, has been changed, for the internal observer is maintained within the boundary, and so the relationship that existed between the different constituents no longer pertains. The observer is no longer observing the same distinction, and the consequences of his observing are different for his observing is no longer "under his cold gaze."*

sistema complexo) requer uma abordagem que leve em conta a interação dinâmica entre o observador e o sistema observado.

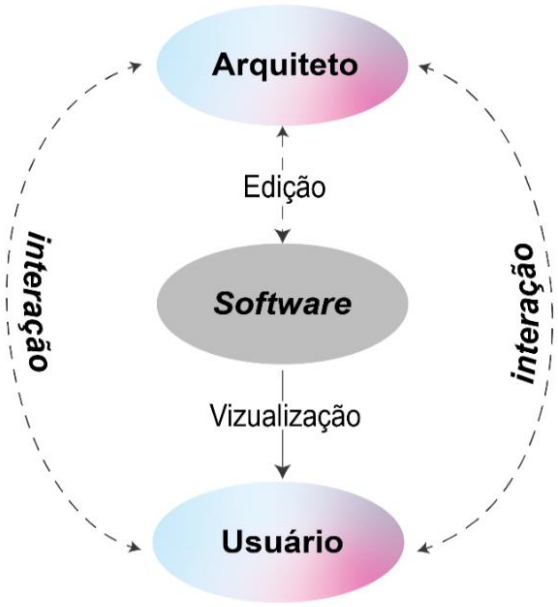
Essa abordagem avançada da Cibernética é especialmente relevante em campos como inteligência artificial, teoria dos sistemas, biologia, sociologia e gestão organizacional. As interações complexas e os elementos subjetivos desempenham um papel crucial na compreensão global do funcionamento dos sistemas.

Assim, a Cibernética de Segunda ordem na Arquitetura, se destaca com a participação ativa do observador (arquiteto, usuários) no processo de projeto. Ela enfatiza a adaptação e auto-organização dos espaços, encorajando uma abordagem interdisciplinar que considera o contexto social. Isso resulta em projetos mais interativos, que evoluem com as necessidades dos usuários ao longo do tempo, incorporando a flexibilidade e considerando a complexa interação entre pessoas, máquinas e o ambiente construído.

Portanto, a partir do estabelecimento dos conceitos da Cibernética de Segunda Ordem, como por exemplo, o *feedback looping*, foi que se estruturou metodologicamente esta pesquisa, tanto em seu desenvolvimento teórico, quanto o experimento proposto.

A pesquisa aplicou, então, tais conceitos de duas formas, com a estruturação geral teórica do estudo, e também no desenvolvimento do *workflow*. O mesmo foi estruturado a partir do conceito da retroalimentação das informações em um ciclo de ações, como ilustra o fluxograma da Figura 18, que demonstra precisamente as interações dentro da proposta do *workflow* de substituição de esquadrias.

Figura 18 - Fluxograma de retroalimentação das informações através da interação no *Workflow* proposto.



Fonte: Autora, 2024.

Nas fases iniciais do projeto arquitetônico, especialmente durante o estágio de anteprojeto, o *workflow* emerge como um meio de facilitar a interação entre três protagonistas essenciais: o arquiteto, o *software* e o usuário.[19]

O *workflow* se estrutura metodologicamente em um primeiro momento a partir da modelagem dos elementos para escolha, por meio do arquiteto e do *software*. Com os elementos modelados parametricamente no *Rhino*, e com suas informações cadastradas na interface BIM do *VisualARQ* pelo arquiteto, o *workflow* está estruturado para a interação com o usuário. É a partir deste momento que se tem um ciclo de etapas onde a informações se retroalimentam (*feedback loopings*) para se chegar em um objetivo final (*goal*). O usuário acessará as variações das esquadrias por meio do auxílio profissional do arquiteto, em princípio, que por sua vez usará a interface digital do *software* para apresentar as possibilidades e definir o item a ser escolhido junto ao usuário.

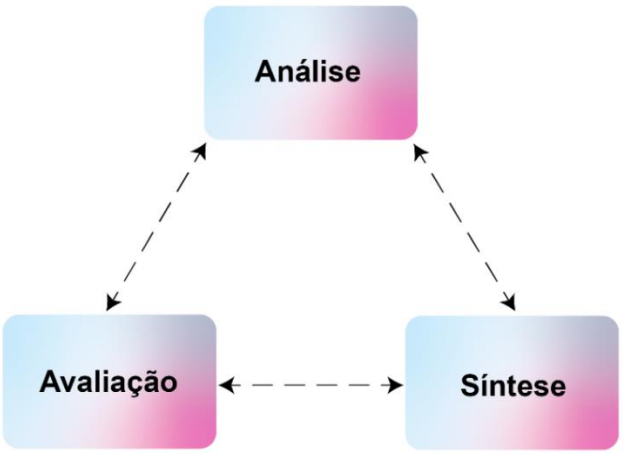
[19] Esta dinâmica será examinada em detalhes no Capítulo 4, onde se é explorado detalhadamente as etapas subjacentes ao workflow.

A retroalimentação das informações dentro do sistema possibilita que a interação criada chegue a um resultado final (GLANVILLE, 2004), conforme as premissas da Cibernética de Segunda Ordem que estruturam esta proposta de *workflow*. Após as escolhas finais do usuário, o arquiteto pode dar continuidade ao projeto, indo para as próximas etapas de seu ciclo de vida. A modelagem das esquadrias é realizada dentro do *software VisualARQ*, a partir do qual é possível fazer a substituição em poucos comandos no projeto modelo de habitação popular proposto.

3.2 Mapeamento de Projeto Arquitetônico

Para estruturar a composição do *workflow* dividiu-se em três, as vertentes de análise do processo de projeto: primeiramente os mapeamentos das etapas de projeto propostos por Lawson (2011) para entender o fluxo de criação no processo de projeto; e em segundo a metodologia BIM de projeto para se estabelecer a ordem das etapas e fluxo das informações. Se estruturou também, após a definição das etapas de projeto a serem envolvidas no *workflow,* a Cibernética de Segunda Ordem como organizadora do fluxo das informações entre os atores envolvidos no *workflow*, como mencionado na sessão anterior.

Figura 19 - Mapeamento proposto por Lawson.



Fonte: Adaptado Kowaltowski et al. (2011).

Assim, os conceitos de mapeamento do processo de projeto trazidos por Lawson (2011) e revisados por Kowaltowski et al. (2011) (Figura 19) servem de base para organizar e detalhar metodologicamente estas etapas, entendendo o potencial de cada uma delas na estruturação do *workflow* de substituição de esquadrias.

Para os profissionais envolvidos nas etapas de projeto de uma edificação, o processo de projeto pode parecer algo intuitivo, principalmente para os arquitetos. Porém, a metodologia no processo de projeto é algo a ser observado com mais atenção, por não ser algo tão simples como se imagina. Envolve vários caminhos possíveis na criação, desenvolvimento e detalhamento de uma. Esses caminhos são percorridos havendo saltos de uma etapa para outra, além de não ser um processo linear, no qual as etapas podem ir e voltar com as informações absorvidas através das soluções adicionadas ao projeto e da comunicação entre projetistas.

O mapeamento de processos da obra de Lawson, se baseia em metodologias estabelecidas, como o manual de RIBA de 1965. Com as reflexões de Kowaltowski *et al.* (2011), e assim percebe-se que as etapas de processo de projeto não são uma receita de bolo, e podem variar conforme o profissional e com o objeto de estudo.

> "Embora pareça lógico que as atividades listadas (fases de projeto) deveriam realizar-se na ordem mostrada no mapeamento, a realidade é muito mais confusa, o que o mapeamento faz é nos dizer que os projetistas têm de reunir informações sobre o problema, estudá-lo, imaginar uma solução e desenhá-la, embora não necessariamente nessa ordem" (Kowaltowski *et* al., 2011, p.43).

Outro ponto importante a se destacar, mas nem sempre lógico para os projetistas da área, é o ponto de partida de um projeto, no qual se tem a percepção convencional de que se deve obrigatoriamente começar do geral para o particular, Kowaltowski *et* al*.* (2011). Porém, cada projetista pode ter seu método, e pode começar, por exemplo, do detalhe para as organizações gerais. A partir da análise desses mapeamentos, fica claro que o norteador das etapas de projeto são os 'entregáveis', "[…] podemos ver o plano de trabalho como realmente é: uma descrição não do processo, mas dos produtos do processo" (Kowaltowski et al., 2011, p. 44).

Portanto, a pesquisa se propõe a estabelecer a noção cíclica das etapas, e o caminho das informações, a partir do fluxo no desenvolvimento de projeto. As informações caminham para se complementar, mesmo que tenham de voltar uma etapa do projeto, como representado na figura 18, em que análise, síntese e avaliação se retroalimentam e as alterações e escolhas podem ser feitas de forma viável durante as fases de desenvolvimento do projeto.

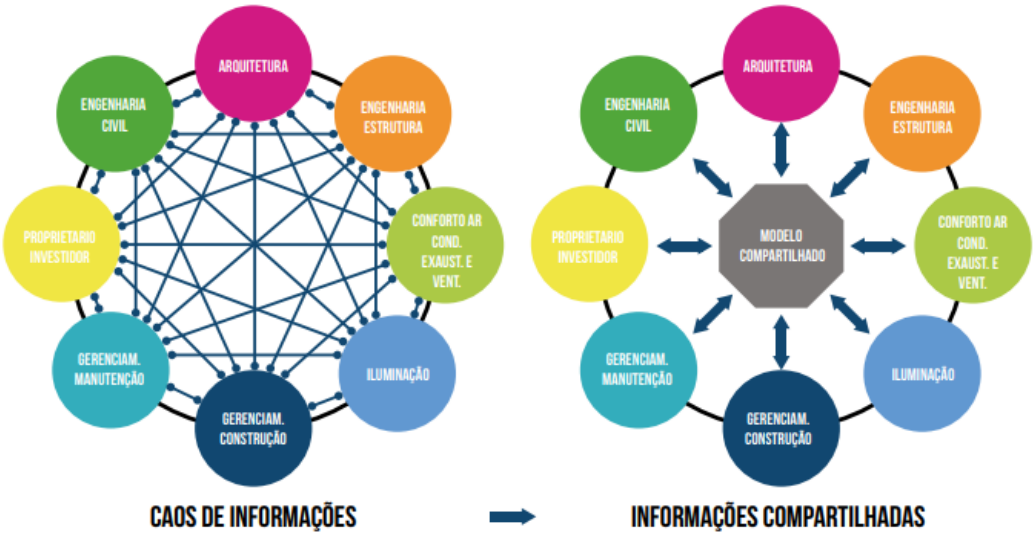
Apesar de se chegar no conceito de que as fases de projeto são cíclicas e não lineares, é possível estabelecer um *framework*, a partir do qual seria desejável seguir uma ordem de começo, meio e fim, a partir do método do projetista. Para esta pesquisa, se analisou a importância das primeiras etapas de projeto, como fundamentais para o desenvolvimento das ideias e exploração das possibilidades de *design* envolvendo materiais e técnicas.

A partir desta visão, optou-se por posicionar o *workflow* de substituição de esquadrias nas primeiras etapas de projeto arquitetônico, com o intuito de possibilitar as alterações a partir do desenvolvimento de projeto e modelagem mais iniciais. Entende-se que em uma etapa inicial, é necessário um conhecimento prévio e mínimo para a tomada de decisão sobre as escolhas envolvendo materiais e técnicas, possivelmente até com uma gama de detalhes de projeto já estruturados, configurando-se assim, a etapa de anteprojeto como a mais apropriada para o desenvolvimento do *workflow*.

3.3 Metodologia de Projeto em BIM

Para contextualizar a proposta do *workflow* de customização em massa no processo de *design* arquitetônico, foram observadas as práticas convencionais de projeto atuais, com foco especial nas metodologias digitais utilizadas na concepção de edifícios comuns a projetos de HIS. Esse levantamento concentrou-se na abordagem BIM *(Building Information Modeling),* na qual as fases do projeto seguem uma sequência de informações integradas em modelos compartilhados (Figura 20).

Figura 20 - Fluxo de informações em um modelo compartilhado (ou federado), utilizado para a troca de informações entre as diferentes disciplinas em projetos BIM.



Fonte: CBIC Volume 1, 2016.

Esse método se apoia na interoperabilidade dos modelos BIM de projeto entre arquitetos, engenheiros, construtores e fabricantes (JÚNIOR; CELANI, 2018), permitindo a troca confiável de informações entre diferentes etapas e disciplinas de projetos de edificações, assim como afirma Andrade e Ruschel (2009);

> O conceito BIM, de acordo esta definição, envolve tecnologias e processos que devem ser usados na produção, comunicação e análise dos modelos de construção. Esse tem como meta a busca por uma prática de projeto integrada, num sentido em que todos os participantes da AEC convirjam seus esforços para a construção de um "modelo único" de edifício. A utilização de uma prática baseada no BIM pode ter um papel decisivo na melhoria das fases do projeto, auxiliando na geração de propostas coerentes com as solicitações dos clientes, na integração dos projetos, entre si e com a construção, na redução do tempo e do custo da construção (ANDRADE; RUSCHEL, 2009, p. 603).

Por meio desta interação digital de projeto a customização em massa de unidades habitacionais é possível em várias escalas. A automatização dos processos e a interoperabilidade das informações garante a precisão na fabricação destes elementos. Segundo Eastman *et* al. (2014, p. 40) "as ferramentas BIM para projeto de edifícios focam em objetos no nível da

arquitetura, mas um conjunto diferente de ferramentas para criação e edição tem sido desenvolvido para modelar no nível de fabricação".

A mediação digital neste estudo, é de estrema relevância, especialmente no âmbito dos projetos de arquitetura. Tanto a parametria quanto a metodologia BIM desempenham papéis essenciais para viabilizar a implementação do *workflow* proposto neste contexto.

Em um ambiente de execução de projeto seguindo a metodologia tradicional (CAD), ou mesmo em uma abordagem não digital, a organização do *workflow* proposto não seria praticável, pois não possibilitaria uma customização em massa eficiente, tornando-se impraticável em um contexto realista. O processo se tornaria praticamente manual e individual para cada caso, fugindo da proposta da automatização, rapidez, assertividade e uma adaptabilidade ao restante do fluxo de trabalho.

Assim como afirmar Piller e Kurma (2016) apenas com o advento recente das comunicações de baixo custo pela Internet, tornou-se possível explorar oportunidades de redução nos custos. Em contraste com um sistema de produção em massa, a customização em massa é marcada por uma intensa interação proporcionada pela mediação digital.

> "O fabricante precisa interagir com todos os clientes individualmente para obter informações específicas, a fim de definir e traduzir suas necessidades e desejos em especificações de produtos. Em muitos casos, esse processo de licitação vai além da troca de informações; torna-se um ato iterativo de co-criação e co-*design* entre cliente e vendedor, e envolve custos de comunicação relativamente altos. Somente as capacidades de comunicação de baixo custo recentemente adquiridas pela Internet proporcionaram oportunidades de redução dos custos de transação. Isso, por sua vez, possibilitou a personalização em massa em uma escala maior" (PILLER; KURMA, 2016 p. 41. tradução nossa[20]).

Logo, sem as tecnologias atuais e processos bem definidos, ou somente com a produção tradicional em CAD, a personalização seria possível, mas não

[20] **Do original inglês**: The manufacturer has to interact with all customers individually to obtain specific information in order to define and translate their needs and desires into a product specification. In many cases, this elicitation process is much more than an exchange of information; it becomes an iterative act of co-creation and co-design between customer and seller, and it entails relatively high costs of communication. Only the recently acquired low-cost communication capabilities of the Internet provided opportunities for reduced transaction costs. This, in turn, enabled mass customization on a larger scale.

de modo integrado à produção em massa. Em projetos arquitetônicos essa realidade exigiria detalhamentos e atualizações minuciosos de elemento por elemento, com base nas decisões dos usuários. Isso não só geraria um imenso retrabalho para os projetistas, mas também teria um alto custo, demandaria prazos mais longos e estaria suscetível a erros. Assim como afirma Eastman *et* al. sobre os conceitos da modelagem de projeto BIM que possibilitam a CM;

> Com a modelagem da informação da construção, cada instancia de objeto da construção - sua forma, propriedades e posicionamento no modelo - é definida somente uma vez. A partir do arranjo geral das instâncias de objetos da construção, desenhos, relatórios e conjuntos de dados podem ser extraídos. Devido a essa representação não redundante da construção, todos os desenhos, relatórios e conjuntos de dados para análises são consistentes se retirados da mesma versão do modelo da construção. Essa capacidade por si só já resolve uma fonte significante de erros e garante a consistência interna de um conjunto de desenhos. Com desenhos de arquitetura 2D normais, qualquer modificação ou edição deve ser transferida manualmente a múltiplos desenhos pelo projetista, resultando em erros humanos potenciais pela não atualização de todos os desenhos corretamente (EASTIMAN et. al., 2011, p. 48).

Dessa forma, estabelece-se uma relação direta entre a customização em massa (CM) e os projetos arquitetônicos mediados digitalmente, em que se observa o potencial da CM em projetos, por meio dos recursos oferecidos pela metodologia BIM em conjunto com o *design* paramétrico, e a influência da interação proporcionada por essas plataformas. Portanto, a viabilização da proposta desta pesquisa, *workflow* de substituição de esquadrias em HIS, é possível graças aos avanços tecnológicos em *hardware* e *software*, assim como também, aos progressos nas pesquisas de mediação digital em projetos, como o BIM, desde a modelagem até a fabricação digital.

Logo, a proposta do *workflow* se baseia na relação direta da CM e da mediação digital de projetos em arquitetura, com foco em projetos de HIS, em uma escala amplificada a partir da intenção da sua inserção nos projetos do programa MCMV.

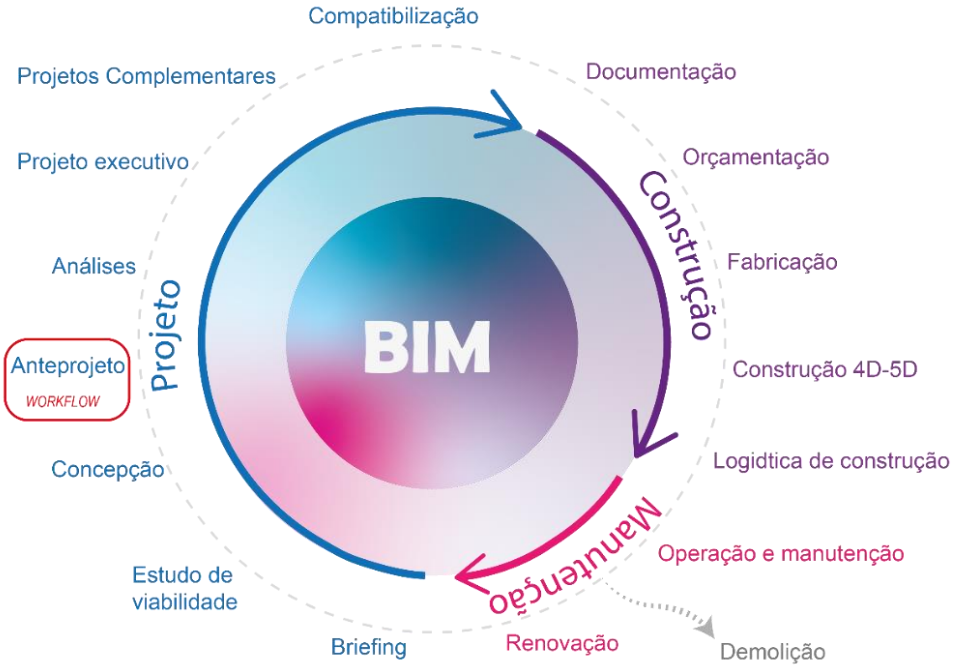
3.3.1 Estruturação Metodológica do *Workflow* a partir do BIM

É possível estabelecer a estruturação do *workflow* com base nas etapas de projeto formal da metodologia BIM, comuns ao mercado da construção no desenvolvimento de projetos arquitetônicos de edificações nos últimos anos (RUSCHEL *et* al., 2013). O *workflow* esta estruturado dentro da gestão de projeto BIM, que traça de maneira clara as fases entregáveis ao longo do ciclo de vida do projeto e construção. “O BIM é abrangente demais, a boa prática deixa claro que a sua implementação deve ser feita através do estabelecimento de um projeto formal, minimamente estruturado e documentado” (CBIC Volume 1., 2011, p. 16).

> BIM pode ser compreendido como um processo de manutenção de um repositório de todas as informações relevantes a um edifício ou construção do projeto, ao longo das diferentes fases do ciclo de vida do projeto. O processo geralmente se inicia com a concepção arquitetônica em forma mais livre e modelos topológicos. Num processo cíclico e recursivo de análise, síntese e avaliação o modelo é transformado e aos poucos é melhor definido e assim tipado (ANDRADE; RUSCHEL, 2011). As informações podem ser usadas em combinação ou separadamente, mas não de forma isolada, no sentido de que elas estarão sempre sujeitas a alguma integração e ao cruzamento de dados (RUSCHEL et al., 2013, p. 42).

A figura 21 representa o ciclo de vida da construção de maneira geral, estruturado formalmente por meio da metodologia BIM. Vale ressaltar que cada projeto arquitetônico pode ter sua particularidade necessitando de ajustes em suas fases em alguns casos quando necessário. Destacam-se, portanto, três principais fases rotineiramente encontradas no desenvolvimento de projetos na construção civil: pré-obra, obra e pós-obra. Esta pesquisa focará em um recorte específico dentro da fase de pré-obra, mais precisamente na etapa de projeto, para a estruturação do *workflow*.

Figura 21. Fase em que o *Workflow* é aplicado dentro do ciclo de vida do edifício

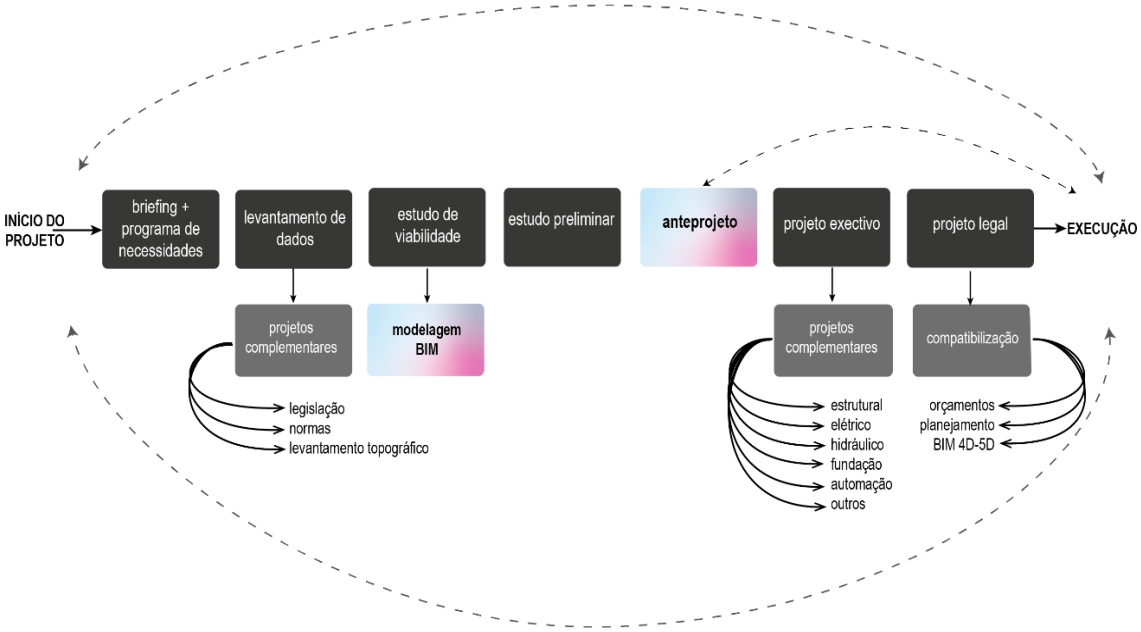


Fonte: Autora, 2024.

Portanto, a fim de garantir um fluxo e informações assertivo no processo de projeto, o *workflow* se implementou dentro de um ciclo de projeto formal em BIM, concentrando-se, então, na etapa de desenvolvimento de projeto, sendo aplicado na fase de anteprojeto, como mostra a Figura 21.

Com base na estruturação teórica dos mapeamentos das etapas de projeto, debatido na seção anterior, juntamente com o conceito do fluxo de informação em projetos BIM. Identifica-se a etapa de anteprojeto como a mais adequada para o desenvolvimento da proposta de *workflow*. A partir destas análises, nesta fase específica, há uma maior facilidade para alterar elementos e características do projeto, bem como para atualizar sua modelagem e informações (Figura 22).

Figura 22 - Fluxo de interação de projeto arquitetônico.



Fonte: Autora, 2024.

O *workflow* foi desenvolvido para atender às necessidades de habitações de interesse social no programa MCMV. Isso torna viável a aplicação do método proposto em construtoras que trabalham com projetos para esse programa habitacional e que utilizam o gerenciamento em BIM para o desenvolvimento de seus projetos.

4 DETALHAMENTO DOS PROCESSOS E EXPERIMENTAÇÕES

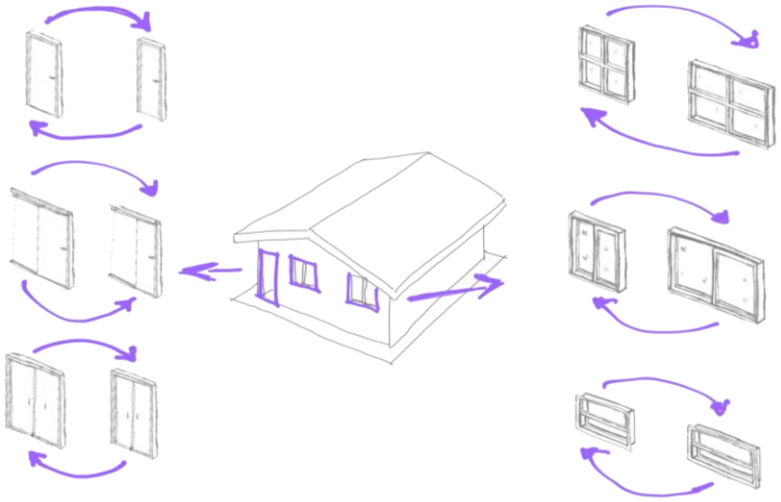
O propósito deste capítulo é introduzir o conjunto sistemático de fluxos e atividades realizadas na estruturação do experimento ***workflow* de substituição de esquadrias**. Primeiramente o *workflow* é apresentado de forma ampla, seguindo para o detalhamento das suas etapas e escolhas envolvendo suas partes. Após a descrição sistemática do método será apresentado o desenvolvimento do *workflow* em dois *workshops* realizados durante o período da pesquisa e assim passando para discussões e análises geradas pelo método desenvolvido.

4.1 Sistematização do *Workflow* em Projetos de HIS

O *workflow* foi realizado em forma de experimento em ambiente virtual, com a intenção de criar um método sistematizado para substituição de esquadrias em projetos de edificações de interesse social, visando implementá-lo em uma etapa no processo de projeto dessas edificações, mais especificamente em projetos do programa MCMV do Governo Federal brasileiro.

O *workflow* (Figura 23) se desenvolve a partir da perspectiva do uso da mediação digital para automatizar os processos dentro do desenvolvimento de projeto arquitetônico, com o intuito de possibilitar um certo grau de participação do usuário no desenvolvimento do projeto de sua habitação. Acredita-se que uma das principais vantagens a serem obtidas a partir do *workflow* seja a capacidade de escolha de elementos arquitetônicos, a partir de um *design* com automatizações geradas com as necessidades do morador, considerando onde o investimento pode ocorrer, e proporcionando um maior sentimento de pertencimento através da customização em massa de elementos arquitetônicos.

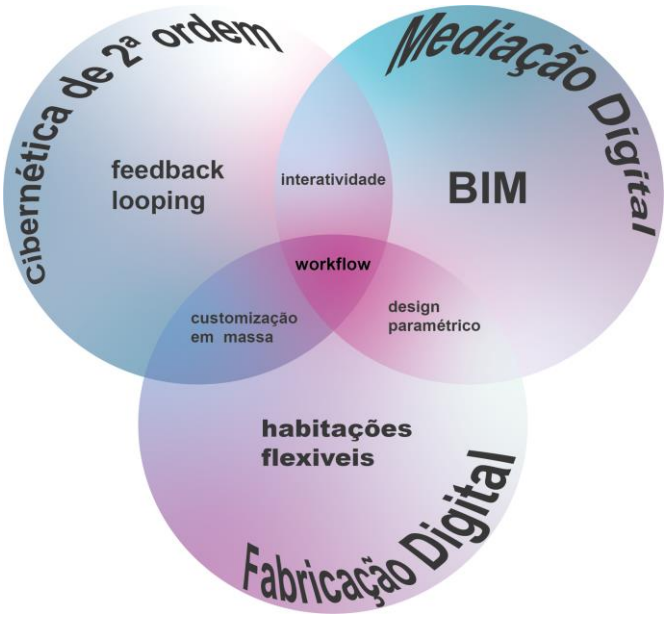
Figura 23 - Esquema ilustrativo do *workflow* de substituição de esquadrias.



Fonte: Autora, 2024.

O método se apoia nos conceitos (Figura 24) da mediação e fabricação digital para o desenvolvimento do projeto em todo seu ciclo de vida, além de se alimentar da cibernética de segunda ordem no desenvolvimento metodológico geral da pesquisa e da montagem do *workflow* a partir do *feedback loops* gerado pelas informações dentro do processo. A interação entre os atores participantes do método tem papel fundamental para o seu desenvolvimento.

Figura 24 - Conceitos do *Workflow.*



Fonte: Autora, 2024.

De forma geral, o *workflow* foi estruturado para explorar as possibilidades de customização em massa dos elementos arquitetônicos da habitação. O usuário terá uma gama de escolhas possíveis na perspectiva de cada elemento. Essas escolhas não são infinitas e nem geradas generativamente para esse experimento, elas são desenvolvidas a partir da curadoria do arquiteto projetista. Cabe a ele filtrar as possibilidades dentro do contexto de condicionantes do projeto, influenciados pelo clima, região, características estéticas da arquitetura do empreendimento, cadeia produtiva local, terreno, localização, normas, legislação, características culturais e de conforto ambiental.

As opções de substituição criadas no *workflow* visam aprimorar a qualidade das habitações, incorporando as necessidades dos moradores e aproximando-os das decisões relacionadas às suas moradias. Pretende-se enfrentar tanto o *déficit* habitacional quantitativo quanto o qualitativo, produzindo mais projetos e de melhor qualidade.

A mediação digital de projeto possibilitará a viabilidade da escolha do usuário através do *software* e do arquiteto. A fabricação digital desses elementos proporciona a materialização desses objetos para a obra. A partir do desenvolvimento de parâmetros de projeto criados dentro da modelagem dos elementos em ambiente digital, é possível que a customização dos mesmos de seja feita em grande escala.

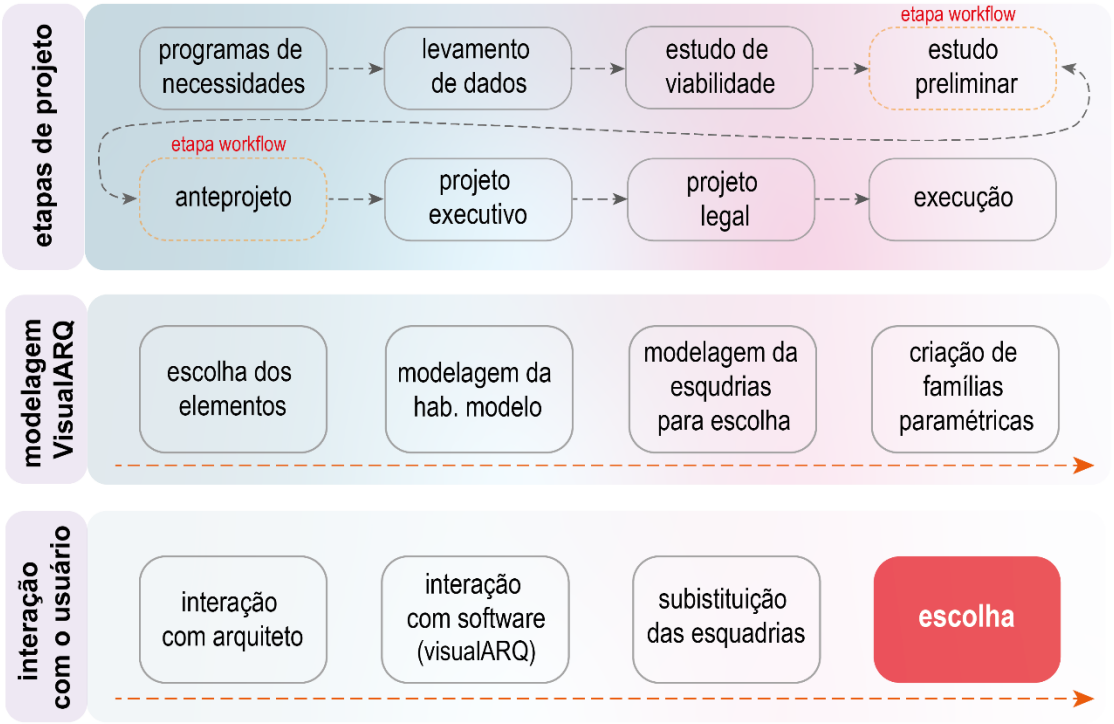
> Nos edifícios, os componentes individuais podem ser personalizados em massa para permitir a variação ideal em resposta às diferentes condições locais, tais como componentes estruturais de formato e tamanho únicos que lidam com diferentes cargas estruturais da maneira mais otimizada, formatos e tamanhos de janelas variáveis que correspondem às diferenças na orientação e nas visualizações disponíveis. Os processos de produção orientados digitalmente introduzirão uma lógica diferente de serialidade na arquitetura, baseada na variação local e na diferenciação em série (KOLAREVIC, 2003, p. 84. tradução nossa[21]).

A partir do desenvolvimento de parâmetros de projeto criados dentro da modelagem dos elementos em ambiente digital, a customização deles é possível

[21] **Do original em inglês:** In buildings, individual components could be mass-customized to allow for optimal variance in response to differing local conditions in buildings, such as uniquely shaped and sized structural components that address different structural loads in the most optimal way, variable window shapes and sizes that correspond to differences in orientation and available views. The digitally-driven production processes will introduce a different logic of seriality in architecture, one that is based on local variation and differentiation in series.

de ser feita em grande escala. Peças produzidas em massa são estruturadas e usadas na pré-produção, ou diretamente, na construção como partes de edifícios (KOLAREVIC, 2003).

Figura 25 - Detalhamento das fases do *workflow*.



Fonte: Autora (2024).

O *workflow* segue uma sequência metodológica que passa primeiramente (1) pela escolha da etapa onde ele vai ser desenvolvido, após se tem (2) a modelagem da habitação e dos elementos e seus parâmetros para possibilitar a substituição, e por fim (3) a interação do usuário com a interface e com o arquiteto para a escolha e definição de seu projeto, como detalha a Figura 25.

4.2 Recortes da pesquisa

Devido ao tempo disponibilizado pela pesquisa, alguns recortes foram necessários para a montagem do experimento. Nas próximas seções serão detalhados esses recortes, seguido do passo a passo desenvolvido na montagem do *workflow*.

4.2.1 Projeto Modelo e Área de Atuação

A pesquisa teve início com a delimitação do escopo, focando nas possibilidades de projeto voltadas para habitações de interesse social destinadas a usuários de baixa renda, dentro do contexto do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV). A seleção do programa habitacional em questão é motivada pelo substancial investimento de recursos para o desenvolvimento de projetos e construção de edificações em todo o país. Foi trabalhada apenas a Faixa 1 do programa, em que se encontra o maior *déficit* habitacional, visando alcançar as populações de menor poder aquisitivo, sendo concebidas exclusivamente em tipologias unifamiliares.

A partir desta definição, foram realizadas buscas por um padrão de projetos populares de HIS desenvolvidos pelo programa MCMV, com o intuito de se utilizar um projeto modelo para a realização do experimento. Optou-se pela adoção de um projeto já existente, uma vez que a pesquisa não se concentra na criação de uma nova arquitetura ou *design* por meio do método proposto, apesar da complexidade do tema, como discutido anteriormente nas seções.

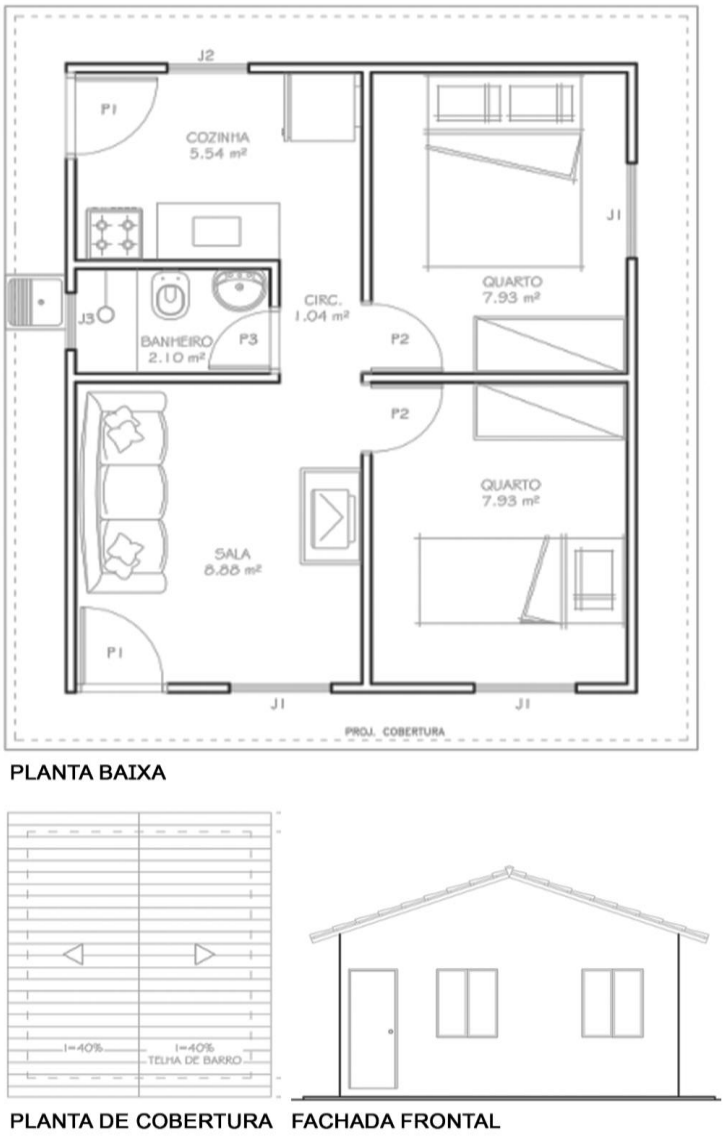
Após revisar projetos de Habitações de Interesse Social (HIS) divulgados pela CAIXA em seu site, a escolha recaiu sobre o projeto modelo disponibilizado em sua seção de referências para habitações de interesse social. A cartilha denominada “Cadernos CAIXA de Projeto Padrão – Casas Populares GIDUR/VT (Gerência de Apoio ao Desenvolvimento Urbano – Vitória - ES)” desenvolvida em 2006 foi escolhida para o experimento (Figura 26).

Figura 26 - Cartilha de projeto modelo da Caixa.

Fonte: https://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx/asp

O projeto foi escolhido por ser similar ao que é produzido pelo programa na Faixa I, o qual possui 37m² em uma planta simples e sem recortes em sua forma. A residência é constituída por sala, cozinha, banheiro social e dois dormitórios, além de uma área externa para lavanderia. A cobertura é de duas águas com telha cerâmica e madeiramento tradicional, possui um beiral de 60 cm, e um pé direito de 2,60m até o forro. Possui esquadrias simples de madeira, com portas variando de 0,80m a 0,60m por 2,10m, e janelas 1,00x1,20m; 0,80x0,10m; 0,60x0,60m. A Figura 27 ilustra a planta, cobertura e fachada do projeto descrito e utilizado no experimento.

Figura 27 - Projeto modelo Caixa utilizado no experimento.



Fonte: https://www.caixa.gov.br/site/paginas/downloads.aspx/asp

Além de apresentar semelhanças com os projetos padrão de HIS, a simplicidade formal e as dimensões reduzidas da edificação orientam o experimento para um enfoque mais concentrado na análise do processo de projeto, sob uma perspectiva metodológica, que representa o cerne da pesquisa. Para a composição da experimentação do *workflow*, a partir do objetivo de se validar os passos propostos no tempo de pesquisa, as questões que envolvem mais detalhes de projeto da edificação como localização, características de relevo e terreno, não são relevantes para essa fase da experimentação.

Os parâmetros colocados no processo de escolha estão ligados, em um primeiro momento, na variação de elementos que envolvem as esquadrias, como *design*, tamanho e materialidade, e são apresentados mais detalhadamente na próxima sessão. Portanto, as demais condicionantes de projeto da edificação não são consideradas para o atual experimento, mas poderão ser adicionadas como futuros parâmetros a serem considerados no *workflow*. Deste modo, a intenção é validar a sua funcionalidade na troca de elementos modelados com uma quantidade de parâmetros a serem alterados com agilidade e de maneira automatizada em *softwares* BIM, dentro das primeiras etapas de projeto, possibilitando, assim, a customização em massa de elementos arquitetônicos para empreendimentos voltados à habitação de interesse social.

4.2.2 Recorte dos Elementos Arquitetônicos

Para viabilizar o experimento dentro do programa de mestrado no qual a pesquisa está inserida, foram necessários recortes devido à limitação de tempo disponível, com a intenção de possibilitar a customização em massa de elementos arquitetônicos em ambiente virtual, assim, as esquadrias foram selecionadas para o experimento.

Para aprofundar a análise dos elementos arquitetônicos fundamentais de uma edificação, apoiou-se na exploração dos conceitos da arquitetura vernácula e globalizada apresentados por Rem Koolhaas[22] na Bienal de Veneza de 2014, por meio da exposição e da coleção de livros "*Elements of Architecture"* (Figura 28). Com a proposta de desdobrar e elucidar os elementos individuais da edificação, focou-se em uma análise nos elementos constitutivos da própria Arquitetura, desvinculando-a do olhar centrado no arquiteto. Assim, a análise dos elementos influenciada pelo trabalho de Koolhaas, recortou em um primeiro momento 6 elementos considerados como fundamentais: cobertura, banheiro, parede, porta, janela e piso. Tais elementos arquitetônicos são conhecidos

[22] Koolhas: Remment Lucas "Rem" Koolhaas, nascido Remko L. Olhaas, (Roterdam, 17 de novembro de 1944) é um arquiteto, urbanista e teórico da arquitetura Holandês. É professor de arquitetura e desenho urbano na Universidade Harvard. https://pt.wikipedia.org/wiki/Rem_Koolhaas. Acessado em 15/03/2024.

universalmente e utilizados por todos os arquitetos em todos os lugares e em todos os tempos (KOOLHAAS, 2018).

Figura 28 - Elementos analisados através da obra "Elements of Architecture" - Koolhaas - Bienal de Veneza de (2014).

Fonte: Autora, 2024.

Assim, pôde-se analisar nuances e possibilidades dos diferentes elementos arquitetônicos, entendendo-se assim, que as esquadrias poderiam servir de exemplo para possibilidades de alterações complexas nas edificações, e ainda, que por meio das parametrizações, tais alterações se tornariam atrativas para o usuário, participando da tomada de decisão sobre como seus recursos poderiam ser investidos.

A partir da premissa da criação de categorias de elementos, com variações de famílias e tipos para serem apresentadas como uma opção para substituição, a parametrização desses elementos dentro do *software* automatiza

o processo de trocas dentro do projeto, além da atualização instantânea de valores e quantitativos.

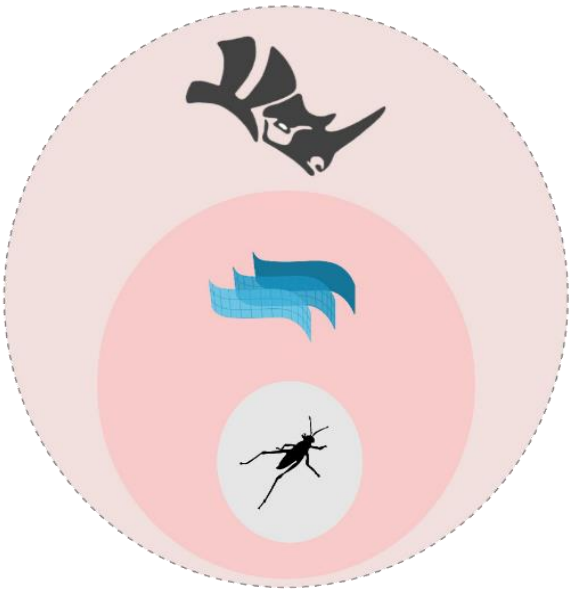
A partir da escolha das esquadrias, englobando portas e janelas, como objetos específicos de estudo, se estruturou as alterações focando na materialidade, tamanho e tipologias das esquadrias, que em específico, trariam um desafio maior para o teste do *workflow*, devido à complexidade envolvendo estes elementos, assim como impactam na vida do morador.

A possibilidade de alterar elementos que regulam a entrada de iluminação, ventilação, permeabilidade visual, enquadramento da paisagem, e estética da habitação etc. Tende a ser algo muito positivo para o morador, influenciando suas percepções, configurando relações entre o ambiente interno e o ambiente externo, trazendo conforto psicológico e bem-estar. Além destas questões, acredita-se que participar das escolhas e definições que impactam no valor do investimento, pode gerar um sentimento de pertencimento e conforto do usuário para com a sua casa. “Quando então se fala de habitação mínima para a população de baixa renda, as considerações sobre costumes domésticos são ignoradas e os moradores precisam se adequar às pequenas áreas disponíveis” (FOLZ; MARTUCCI, 2007, p. 37).

4.2.3 *Softwares* Utilizados

Nesta seção, será detalhado o uso dos *softwares Rhinoceros* 3D e *Grasshopper (MacNeel) e VisualARQ (Assuni)* na estrutura do *workflow* de substituição de esquadrias (Figura 29) como parte integrante do processo de customização em massa de habitações de interesse social. Os recursos de modelagem e *design* paramétrico desempenham um papel crucial na eficiência e adaptabilidade da proposta de *workflow*. Suas potencialidades técnicas e metodológicas, destacando como sua integração contribui para a flexibilidade do *design* e a adequação às necessidades específicas dos usuários. Permitem a personalização efetiva em larga escala de habitações destinadas à população de baixa renda.

Figura 29 - Fluxograma de *softwares* utilizados na pesquisa.



Fonte: Autora (2024).

Outro ponto estruturador para a utilização dos *softwares*, foi o objetivo de se explorar um recurso que não é tão difundido no mercado da AEC. As utilizações de *softwares* de modelagem com método tradicional ainda dominam o mercado, e os programas de gestão BIM se resumem às empresas que controlam este meio, como o *Archicad* da (*Graphisoft*) e *Revit* com a (*Autodesk).* Ambos os programas são voltados para o desenvolvimento de projetos BIM, e já são consolidados tanto academicamente como no mercado. Porém, possuem algumas limitações na sua comunicação com outros *softwares*, além da grande limitação formal gerada por suas ferramentas de modelagem.

O *Rhino* foi analisado como um programa que possibilita maior comunicação e liberdade de expressão dos projetistas. Tais pontos tornaram a exploração do *VisualARQ* como base do experimento se tornaram decisivas para designação do mesmo como estruturador do experimento. O *VisualARQ* é um *plug-in* desenvolvido para tornar o *Rhinoceros* BIM, logo ao se explorar formas complexas e paramétricas com o *Grasshopper*, se tem a possibilidade de dar continuidade no projeto no próprio *Rhino,* gerando assim, um fluxo contínuo. Antes do *VisualARQ*, os usuários do *Rhino* tinham de exportar suas modelagens a partir do momento que precisavam detalhar e colocar informações em seus

projetos, o que pode ser negativo devido a incompatibilidades entre *softwares,* gerando retrabalhos e perda de informações.

O *VisualARQ* possibilita que o projeto seja detalhado em um nível BIM de maneira rápida e intuitiva, apesar de ainda estar em evolução possui grande potencial. Portanto, esses fatores influenciaram na escolha de utilização destes *softwares* no experimento. Outro fato decisivo para a utilização dos *softwares* foi a afinidade da autora com o uso do mesmo, além da ligação como o grupo de pesquisa algo+ritmo, que vem desenvolvendo pesquisas e experimentos com estes programas, no qual a pesquisa se insere, como já abordado no capítulo anterior.

4.2.4 Opções de troca

Partindo da premissa do uso das esquadrias no experimento (a partir da compreensão que as trocas poderiam ser estendidas a outros elementos arquitetônicos), optou-se por selecionar três tipos de alteração inicialmente dentro dos elementos selecionados, a materialidade, o tamanho e tipos de aberturas (Figura 30).

Dentro de **materialidades** optou-se por variar entre três materiais comuns ao mercado brasileiro que tradicionalmente são empregados nas esquadrias; madeira, alumínio e vidro.

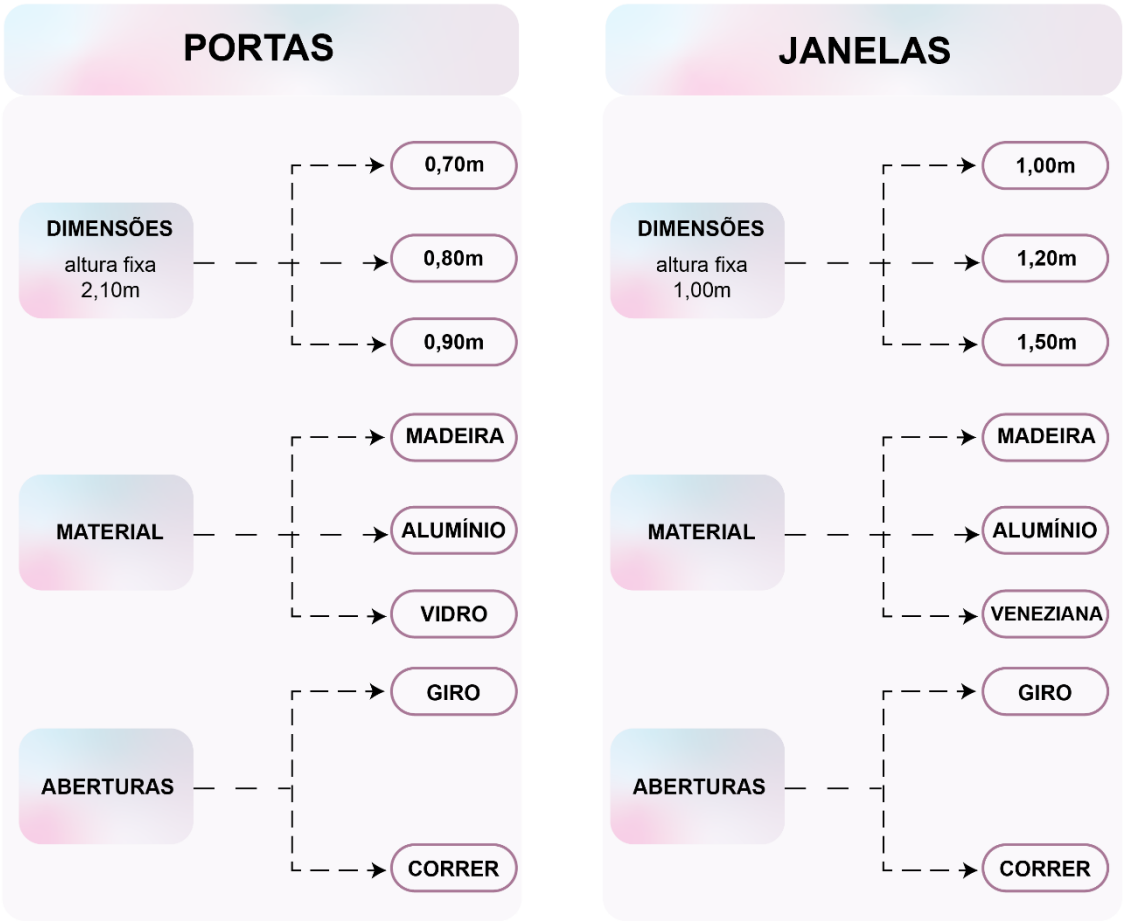
Dentre os **tamanhos** optou-se por colocar uma variação de três tamanhos, para as janelas e portas, como a Figura 30 demonstra.

Para as **tipologias** de abertura colocou-se três tipos de variação; para as janelas se tem a opção de as folhas abrirem por correr horizontalmente e giro. As portas com as opções de giro e correr. As janelas do banheiro são fixas com um tipo de abertura (Maxim Ar) e não terão variações para o experimento.

Para o desenvolvimento da base de custos do *workflow* foi adotado valores comuns ao mercado para as esquadrias e suas variações, esses valores foram alcançados a partir de pesquisa *online* em sites populares de materiais de construção. A fase de orçamentação do projeto possui alto nível de complexidade e possibilidades que não cabem nessa pesquisa, por este motivo, optou-se em focar no processo metodológico do *workflow* a partir das escolhas

e recortes realizados. Assim, o cadastro dos elementos foi realizado com valores simplificados e comuns ao mercado brasileiro.

Figura 30 - Fluxograma com as opções de substituição para as esquadrias.



Fonte: Autora, 2024.

Opções de escolha são essenciais dentro do fluxo de *design* de CM, pois garantir um leque de possibilidades leva o usuário a entender suas reais necessidades dentro de *workflow* assim como afirma Rocha, 2011;

> Argumenta-se que todas as estratégias de customização possuem um menu de escolhas, ou seja, uma definição dos atributos do produto que podem e não podem ser customizados, embora eles possam não ser traduzidos e apresentados aos clientes por meio de um dispositivo de interface, como uma caixa de ferramentas online ou um catálogo (ROCHA, 2011, p. 46).

Essas variações foram pensadas, em um primeiro momento, como possibilidades alcançáveis dentro do cenário de mercado para as habitações, que por se tratar de interesse social e trabalharem com um orçamento de obra sempre próximo do mínimo. Entende-se que manter as opções mais próximas do popular é uma boa estratégia para o contexto do experimento.

Porém, o método também se prova eficiente para variações mais complexas, com uma customização 'fora' dos padrões de mercado, como por exemplo formas fora do padrão. Proporcionada pela fabricação digital, a customização em massa já se provou possível no cenário tecnológico atual, como discutido em seções anteriores, enquanto estratégia viável dentro da construção civil.

Apesar das variações propostas parecerem 'simples' em um primeiro momento, semelhantes às encontradas em edifícios comuns, compreende-se que mesmo alterações mínimas representam um avanço para usuários que não têm opções de escolha. Via de regra, as habitações são entregues totalmente prontas, e qualquer modificação desejada pelo morador, mesmo que mínima, implica em esforço e custos adicionais. Logo, poder alterar materialidades e tamanhos de portas e janelas, para um gama de moradores que vem de situações que nem portas e janelas possuem em suas residências atuas (quando possuem residências), pode ser observada com um avanço, apesar de simples.

Outro ponto é que ampliações e reformas ocorrem a partir da autoconstrução sem a orientação de profissionais, pois muitas habitações não são projetadas para permitir reformas e ajustes significativos para os moradores. Também por falta de conhecimento do usuário da necessidade de um profissional, ou por questões financeiras para contratar um. Realidade que leva a implicações diretas a saúde e bem-estar dos moradores, além de consequências sustentáveis ao meio ambiente a partir da geração de mais resíduos e uso recursos.

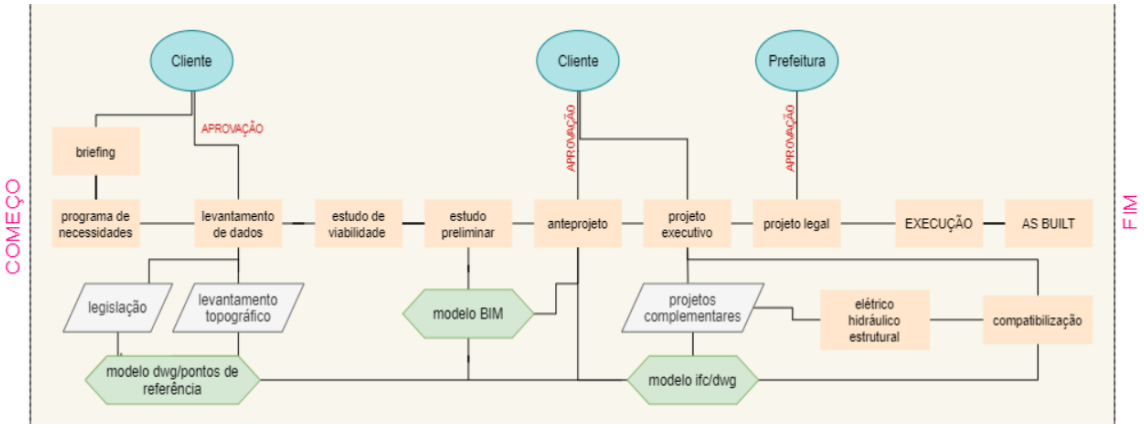
Portanto, além de se ter como foco a validação dos passos e fluxos do experimento e seus recortes, acredita-se que as escolhas feitas para o *workflow* são pertinentes à realidade atual dos projetos de HIS entregues para a população, especialmente em relação ao programa analisado.

4.2.4 Etapa de Projeto

A partir dos mapeamentos das etapas de projeto com as análises propostas por Lawson, detalhadas no capítulo anterior, e a visão metodológica BIM, levaram a implantação do *workflow* dentro das primeiras etapas de projeto arquitetônico. Dentro do processo de projeto BIM, as informações são compartilhadas de forma constante durante as fases de projeto, possibilitando que alterações fossem feitas ao longo do ciclo de vida do projeto.

Portanto, uma vez que o projeto arquitetônico se caracteriza por ser um ciclo repleto de fluxos de informações, que não possuem uma ordem cronológica restrita, optou-se por trazer o *workflow* para as etapas iniciais projeto, onde já se tem uma gama de informações previamente decididas sobre a edificação. (Figura 31).

Figura 31 - Fluxograma das etapas de projeto arquitetônico padrão em BIM.



Fonte: Autora, 2024.

Nesta fase presume-se que os ambientes já estão dispostos, conectados entre si, já com dimensionamento e disposição de uma mobília prévia, ditando também a funcionalidade e ergonomia dos ambientes. Já se tem uma modelagem 3D avançada da espacialidade e *design* da edificação. Materiais aplicados a edificação e métodos construtivos já estão escolhidos. Porém, essas informações técnicas de projeto ainda não estão 100% modeladas no modelo BIM, e não se tem uma documentação avançada dos elementos modelados.

Pode-se dizer que ela se encontra em um nível de LOD 300. Tal etapa comporta alterações no modelo BIM sem grandes impactos no ciclo do projeto.

É importante ressaltar que a gestão BIM permite que desde os primeiros esboços do projeto arquitetônico as demais disciplinas já possam ser alimentadas, assim, os outros profissionais envolvidos no projeto já estão com suas modelagens pré-dimensionadas e em curso. Por exemplo, a partir do momento em que se tem uma alteração na dimensão de uma esquadria, os engenheiros estruturais já podem acessar o arquivo do projeto arquitetônico com a versão atualizada das alterações, pois geralmente este arquivo pode ser acessado no formato IFC, mas isso depende dos *softwares* de preferência dos projetistas e modo de trabalho dos profissionais envolvidos.

Assim, com o arquivo atualizado, os engenheiros já podem, por exemplo, fazer os ajustes nas vergas e contravergas das paredes em que as esquadrias substituídas estão alocadas na habitação, e ajustar os impactos na estrutura dos pilares e vigas que essa alteração possa ter causado de maneira instantânea. Os engenheiros hidráulicos e elétricos também podem atualizar seus projetos e verificar as implicações das alterações, fazendo os ajustes necessários. E apesar da etapa de orçamentação ser mais adiante no ciclo de vida do projeto, a prévia dos custos que cada alteração pode implicar já pode ser analisada, e a partir da atualização paramétrica das esquadrias trocadas com os cadastros das informações feitas na modelagem BIM, já se pode ter um valor prévio dos impactos das trocas na construção.

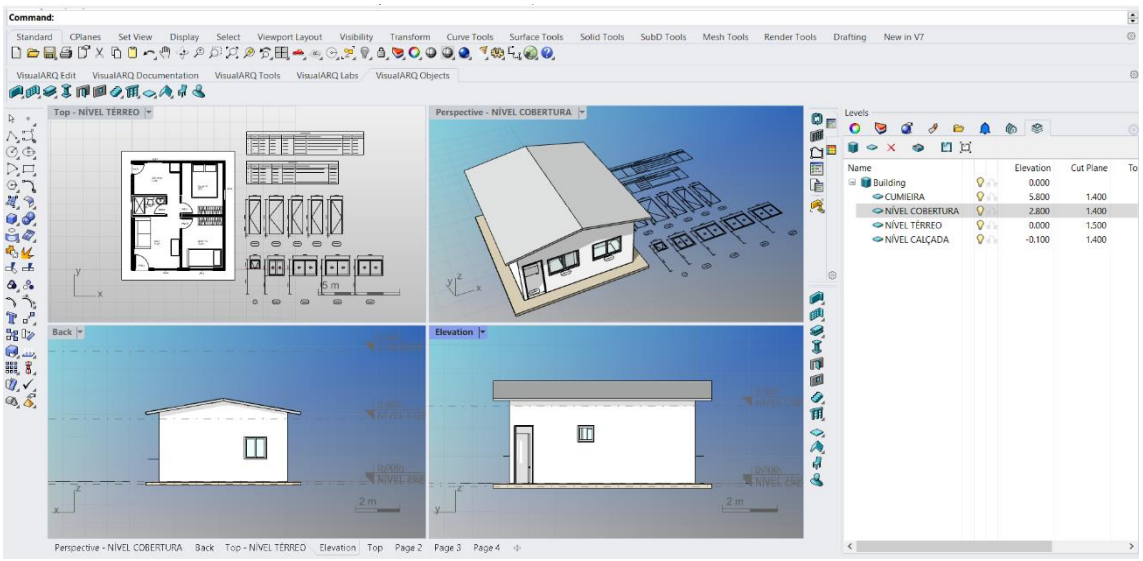
A partir do momento em que o projeto arquitetônico é definido pela escolha dos usuários, já se tem uma atualização final em sua modelagem e subsequentemente em todas as demais disciplinas. Logo, o projeto já pode ser direcionado para documentação e detalhamentos finais em todas as disciplinas, e encaminhando para projetos legais, planejamento de obra, orçamentação final, para a cadeia produtiva dos fornecedores e finalmente para a obra. Portanto, na etapa de anteprojeto o *workflow* se insere, onde já se tem uma modelagem completa em termos tridimensionais, mas não completa em detalhes e informações que permitam a inserção do *workflow*, possibilitando a construção das escolhas para o usuário.

4.3 Detalhes do método

4.3.1 Workflow no *Rhino + VisualARQ*

Após os recortes acima citados serem pré-definidos e sistematicamente estruturados, o *workflow* foi colocado em prática no *software Rhinoceros* a partir do *plug-in VisualARQ*, e a habitação padrão da cartilha da CAIXA foi modelada de acordo com todas as suas materialidades em projeto (Figura 32).

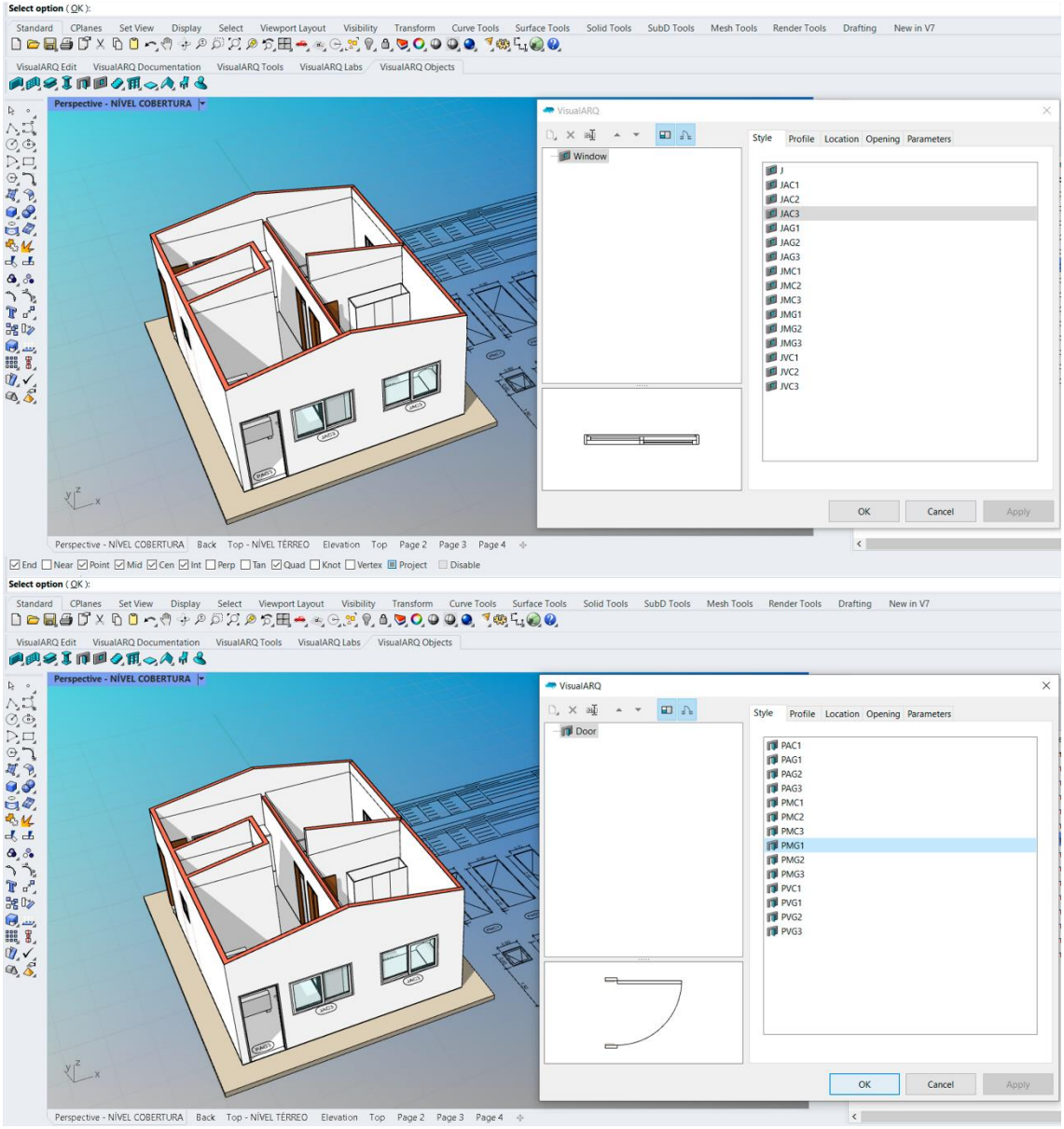
Figura 32 - Interface do *software Rhino* e *VisualARQ* com a modelagem da habitação padrão.



Fonte: Autora, 2024.

A modelagem é um processo individual e adaptável, e a escolha do método ideal depende do projeto, do projetista e da maturidade das ideias. A utilização de *templates* pré-definidos pode otimizar o processo, proporcionando agilidade, padronização e qualidade. Para o experimento não foi utilizado um *template* prévio, as informações foram sendo adicionadas ao modelo conforme a evolução da modelagem. Porém a proposta foi construir as possibilidades dentro do modelo, e salvá-lo como um arquivo base, ou *template*, para as próximas interações com outros usuários.

Figura 33 - Modelagem das esquadrias no VisualARQ.



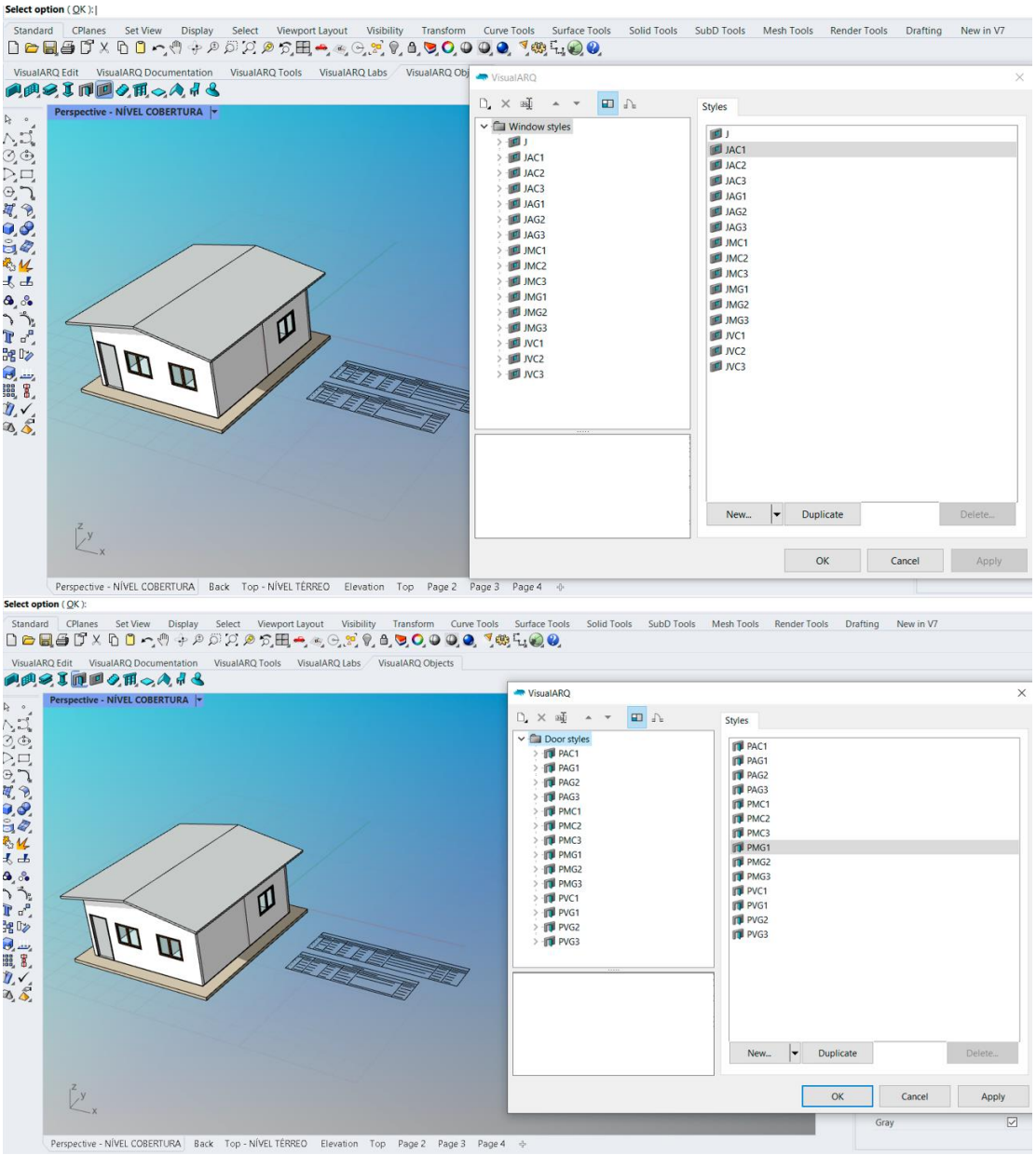
Fonte: Autora, 2024.

Após a modelagem básica do projeto dentro da interface dos *software*, as famílias de esquadrias para substituição foram criadas com todas as informações e possibilidades selecionadas e apresentadas na seção anterior (figura 33). A nomenclatura para as janelas foram; J1; J2; J3 e as portas como; P1; P2; P3, que será detalhada a seguir. Cada alternativa de materialidade, tamanho e tipos de abertura foram inseridas nas famílias de portas e janelas como parâmetros. Assim como afirma Eastman et. al. em relação a modelagem de projetos paramétricos e BIM;

> No projeto paramétrico, em vez de projetar uma instancia de um elemento de construção como uma parede ou uma porta, um projetista define uma família de modelos ou uma classe de elementos que é um conjunto de relações e regras para controlar os parâmetros pelos quais as instancias dos elementos podem ser geradas, mas cada uma irá variar conforme seu contexto. Objetos são definidos usando parâmetros envolvendo distancias, ângulos e regras como vinculados a paralelo a e distante de. Essas relações permitem que cada instância de um elemento varie de acordo com os valores de seus parâmetros e suas relações contextuais (EASTMAN et. al., 2011, p. 29).

Assim, com poucos comandos pode-se alterar uma característica do objeto instantaneamente. A visualização 3D e 2D do modelo já está disponível, sendo possível seu ajuste, não apenas sua aparência, mas também suas características físicas, possibilitando assim, mais agilidade no momento da apresentação das opções para o usuário e a atualização das informações e quantitativos.

Figura 34 - Parâmetros cadastrados nos elementos.

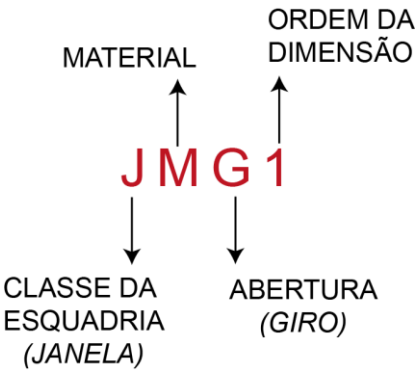


Fonte: Autora, 2024.

Na figura 34 pode-se observar como as informações foram cadastradas na interface de criação e edição dos elementos no *software*. A partir dos recursos do *VisualARQ* a estruturação da hierarquia dos objetos foi criada segundo o fluxograma apresentado na figura 35, em que foram criadas categorias de portas e janelas, e dentro dessas categorias famílias com as características de trocas elencadas. Com as portas foram preenchidos os parâmetros de tipo já disponíveis pela interface de criação de famílias do *software*, como materialidade e dimensões. Logo, nas famílias criadas foram modelados os tipos de esquadrias

sendo elas nomeadas com as “*tags*” J para janelas e P para portas, sendo adicionado a variação do material, abertura na sigla e a numeração para a variação das dimensões como demonstra a figura 35;

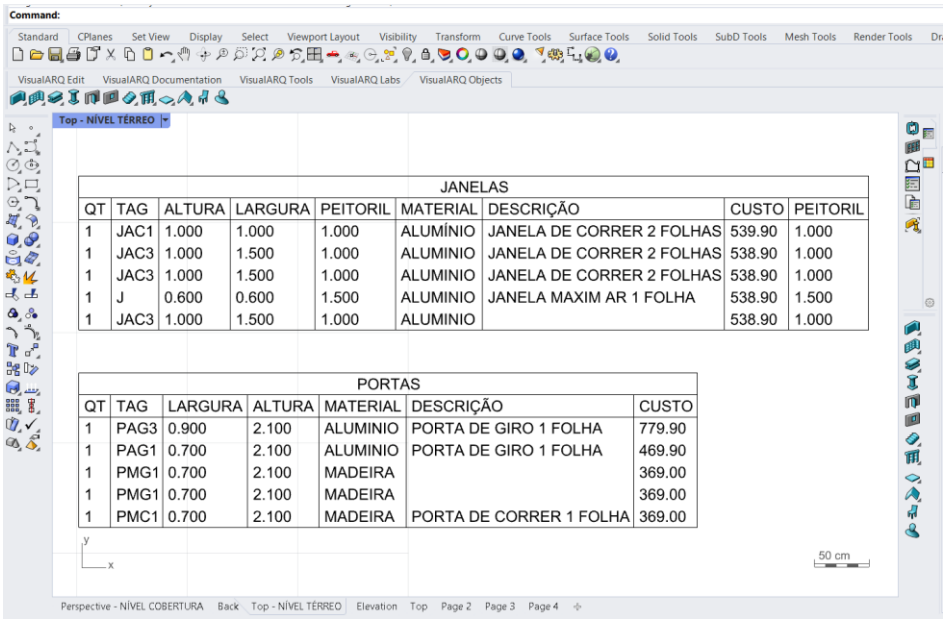
Figura 35 - Organização da informação das esquadrias



Autora, 2024.

Para que a extração nas tabelas das informações fosse analisada de uma maneira mais lógica, em uma tabela de detalhamento das esquadrias, se optou por essa organização estrutural na modelagem das informações dos elementos (Figura 36).

Figura 36 - Formatação da tabela de esquadrias para extração das informações do modelo.



JANELAS

QT	TAG	ALTURA	LARGURA	PEITORIL	MATERIAL	DESCRIÇÃO	CUSTO	PEITORIL
1	JAC1	1.000	1.000	1.000	ALUMÍNIO	JANELA DE CORRER 2 FOLHAS	539.90	1.000
1	JAC3	1.000	1.500	1.000	ALUMINIO	JANELA DE CORRER 2 FOLHAS	538.90	1.000
1	JAC3	1.000	1.500	1.000	ALUMINIO	JANELA DE CORRER 2 FOLHAS	538.90	1.000
1	J	0.600	0.600	1.500	ALUMINIO	JANELA MAXIM AR 1 FOLHA	538.90	1.500
1	JAC3	1.000	1.500	1.000	ALUMINIO		538.90	1.000

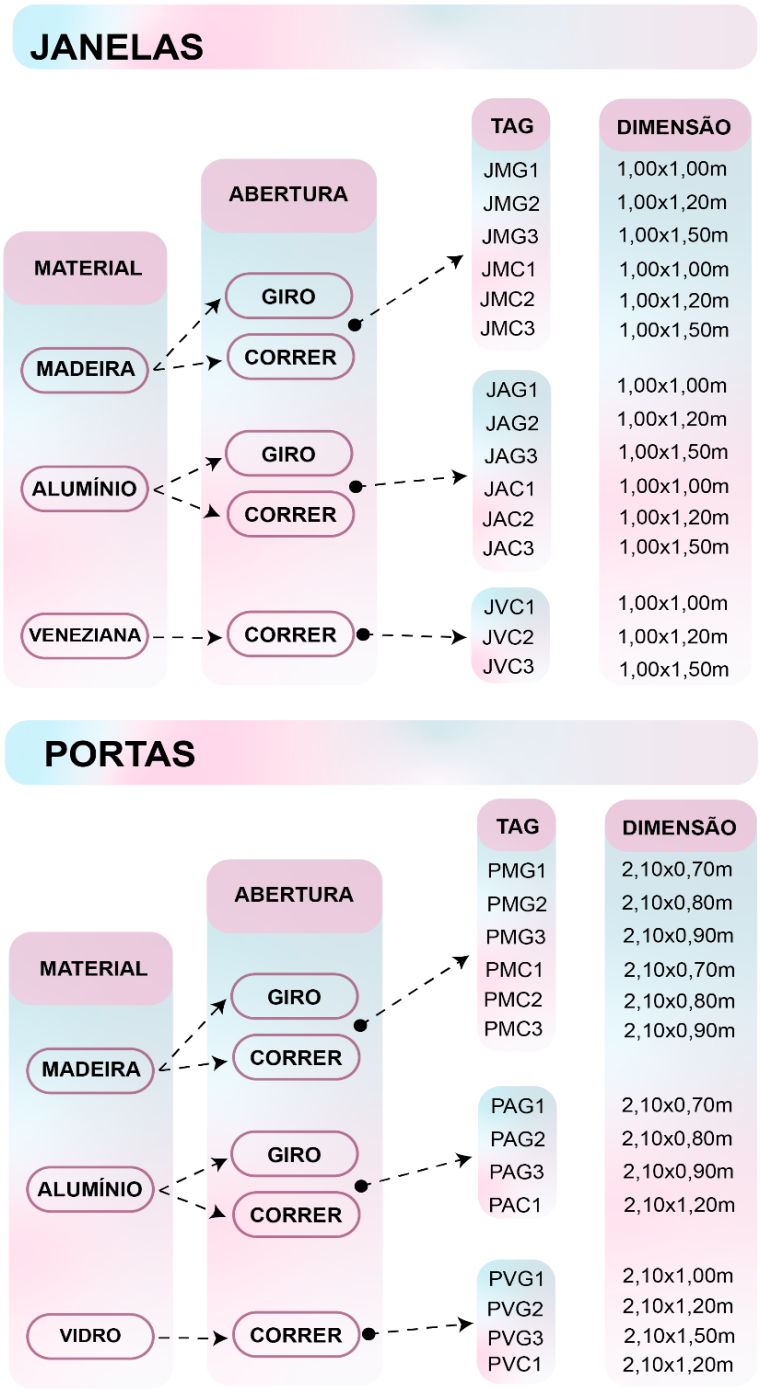
PORTAS

QT	TAG	LARGURA	ALTURA	MATERIAL	DESCRIÇÃO	CUSTO
1	PAG3	0.900	2.100	ALUMINIO	PORTA DE GIRO 1 FOLHA	779.90
1	PAG1	0.700	2.100	ALUMINIO	PORTA DE GIRO 1 FOLHA	469.90
1	PMG1	0.700	2.100	MADEIRA		369.00
1	PMG1	0.700	2.100	MADEIRA		369.00
1	PMC1	0.700	2.100	MADEIRA	PORTA DE CORRER 1 FOLHA	369.00

Autora, 2024.

A partir desta lógica alguns elementos necessitaram de ajustes por uma questão das possibilidades de variações de esquadrias no mercado e por uma questão construtiva. As portas com as materialidades de vidro e alumínio tiveram uma menor variação para as opções de correr, assim como mostra a figura 37, assim como as janelas venezianas que não tiveram a opção de giro;

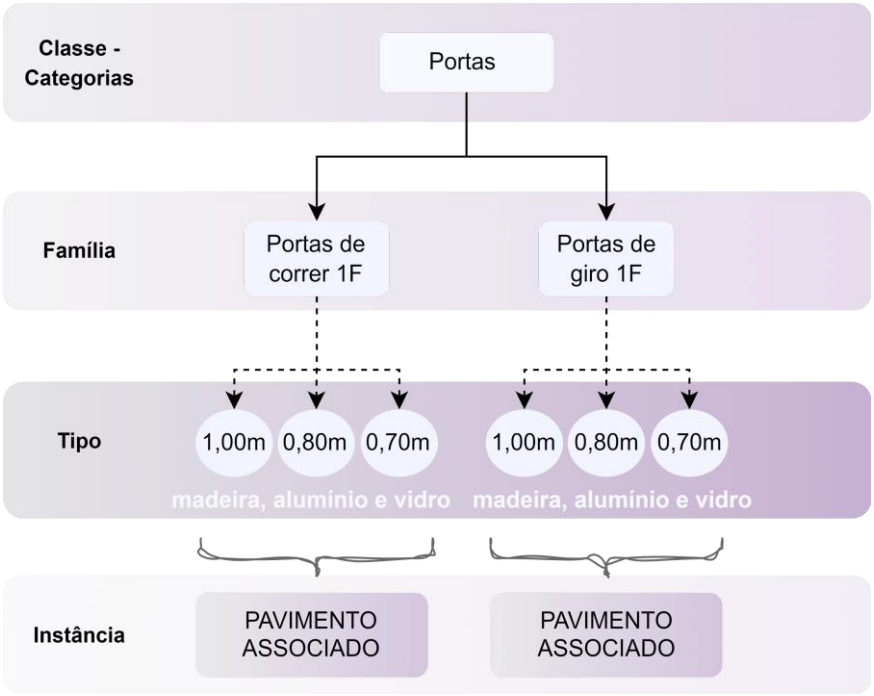
Figura 37 - Organização das possibilidades de variações das esquadrias



Autora: 2024.

Outra maneira de se estruturar a nomenclatura da modelagem seria a utilização das normas para padronização dos termos e códigos do projeto, como o *OmniClass*[23] padrão americano e canadense de nomenclatura ou a NBR[24] 15965 sendo o padrão brasileiro de nomenclatura desenvolvido recentemente. No entanto, essa abordagem acrescentaria uma complexidade ao desenvolvimento do *workflow* que não se encaixaria no prazo limitado da pesquisa atual. Assim, as oportunidades de explorar esse tema ficam para uma continuação deste estudo.

Figura 38 - Fluxograma de organização geral dos objetos paramétricos.



Fonte: Autora, 2024.

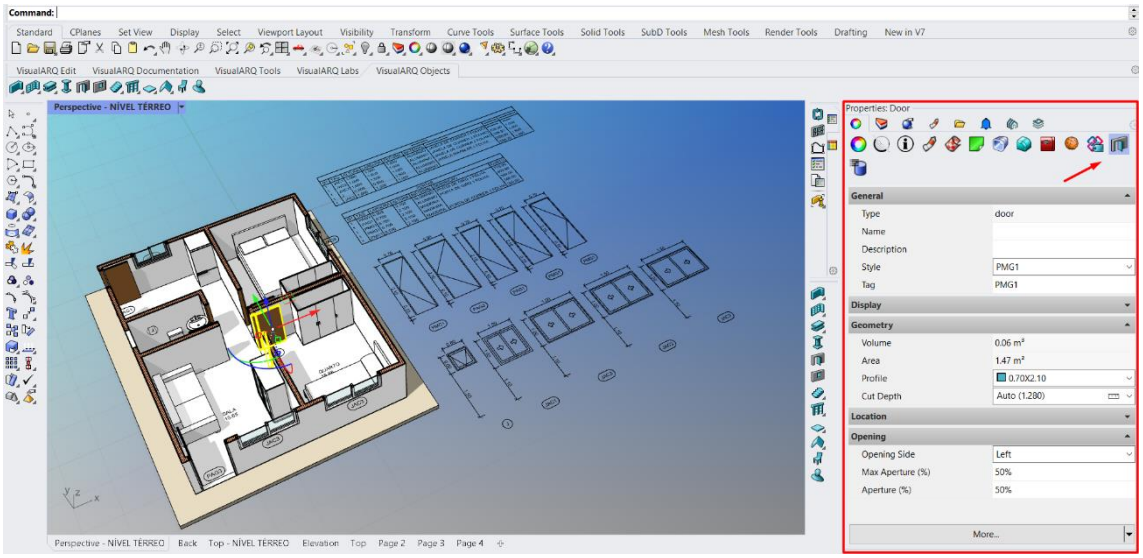
[23] O OmniClass incorpora como base de suas tabelas outros sistemas de classificação que descrevem o ambiente construído e os processos associados. A intenção por trás de grande parte do desenvolvimento OmniClass é combinar vários sistemas de classificação existentes para muitos assuntos em um único sistema unificador baseado na ISO 12006-2, Organização de Informações sobre Obras de Construção. Fonte: transparencia.caubr.gov.br. Acessado em: Acessado em: 15/03/2024.

[24] A NBR 15965 é um dos 900 documentos da ABNT para a construção civil, e o primeiro para BIM. Ela é composta por 13 tabelas, que foram elaboradas com base nas 15 da OmniClass — sistema utilizado na construção civil dos EUA e Canadá. Vale lembrar que essa norma foi adaptada para a realidade das construções brasileiras. Fonte:transparencia.caubr.gov.br. Acessado em: Acessado em: 15/03/2024.

Caso fosse necessário preencher um parâmetro que não estivesse como opção disponível nas caixas de edição das famílias, seria possível criá-lo dentro das funções do programa ou com *scripts* do *Grasshopper* vinculados aos elementos. Porém, o experimento não explorou essas possibilidades em seus testes pois não ouve necessidade.

Deste modo, o *workflow* foi estruturado para que as alterações de tipo como tamanhos fossem feitas diretamente no objeto a partir da sua seleção e troca na caixa de propriedades do elemento, enquanto as trocas de aberturas seriam feitas a partir da alteração das famílias, também na caixa de propriedades do objeto como mostra a marcação na figura 38. Tanto para as janelas quanto para as portas foram seguidos os mesmos passos de criação de uma nova categoria de objeto. Com isso, as famílias foram criadas com as variações de tipos possíveis de serem editadas.

Figura 39 - Caixa de diálogo do *VisualARQ* com as propriedades dos elementos selecionados.

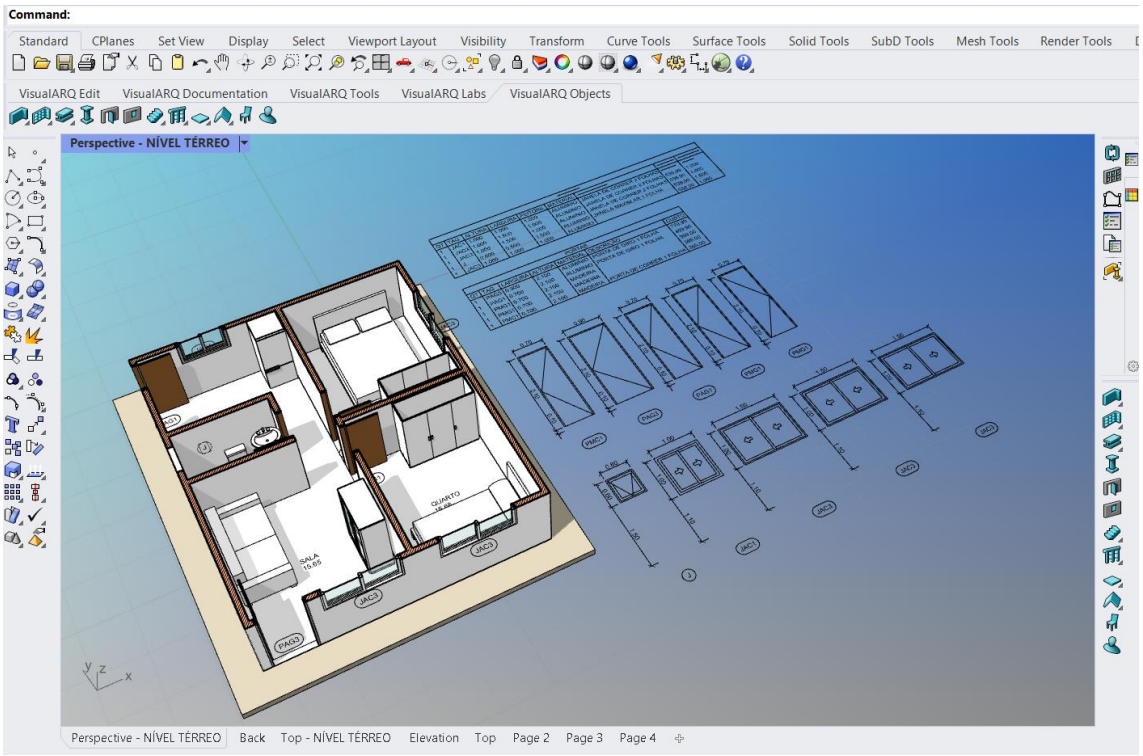


Fonte: Autora, 2024.

Até esse ponto o *workflow* se desenvolve apenas com o projetista, porém, com o projeto modelado em um nível de anteprojeto e os parâmetros de possíveis variações cadastradas, o arquiteto pode começar a interação com o usuário. A partir da tela do computador com a interface do *software Rhino* e *VisualARQ*, o arquiteto vai mediar a interação do usuário com as possibilidades

de escolha. Manualmente e com poucos cliques, pode-se navegar pela interface do *software* trocando as esquadrias pelas possibilidades cadastradas. O usuário poderá visualizar essa troca tendo uma visão do antes e depois dos elementos, navegando pela volumetria 3D, além das plantas e cortes da edificação disponíveis para consulta na mesma vista. A partir das trocas, as tabelas com as informações dos elementos desenhada ao lado do modelo da edificação podem ser atualizadas com um comando, já proporcionando ao usuário uma breve atualização de quantitativos de projeto (Figura 40).

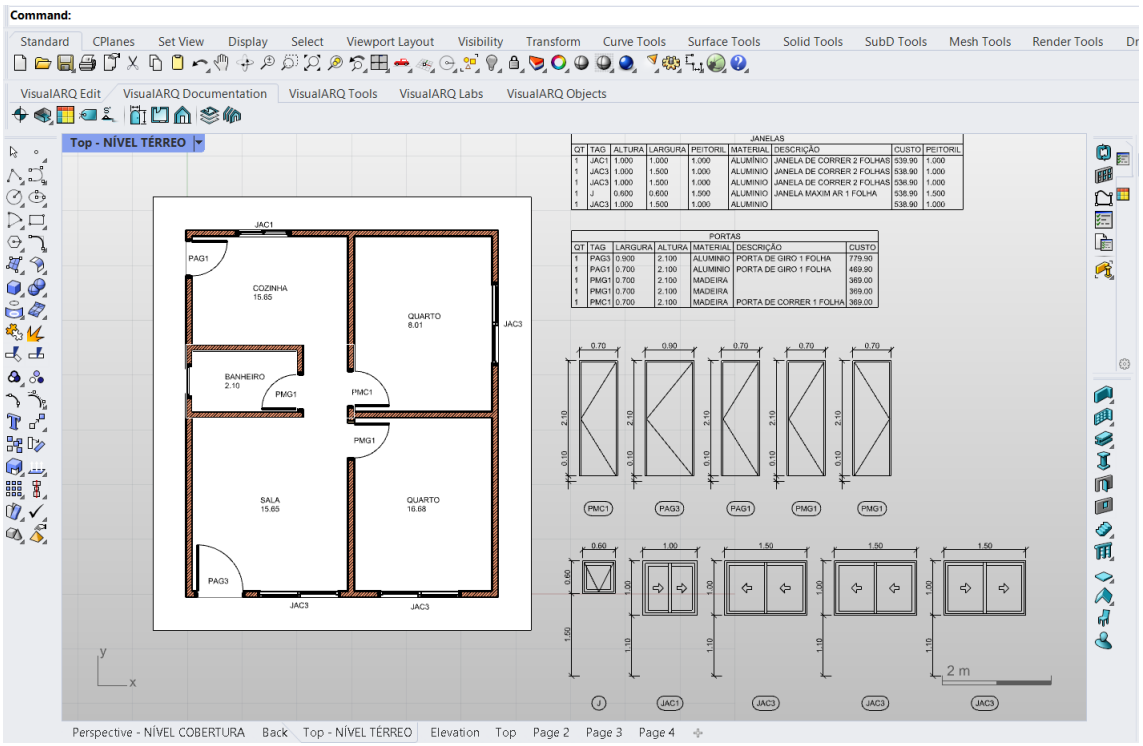
Figura 40 - Navegação pelo projeto para interação com o usuário.



Fonte: Autora, 2024.

Neste ponto, a visualização 3D proporcionada pela navegação no *software Rhino* poderá proporcionar ao futuro morador uma interação com seu projeto. O arquiteto, se necessário, terá um material gráfico demonstrativo de apoio, para ajudá-lo a guiar o morador a ter uma previsão das opções como na figura 41. As opções de trocas de esquadrias estão dispostas em todos os ambientes da casa, o morador consegue navegar por toda a moradia visualizando as esquadrias originais e as alteradas.

Figura 41 - Detalhamento das esquadrias graficamente.



Fonte: Autora, 2024.

Após as escolhas feitas a partir das opções apresentadas, a interação entre *software*, usuário e arquiteto chega ao fim, neste momento de definições de projeto. Logo cabe ao arquiteto atualizar seu arquivo com as decisões finais do usuário e dar seguimento ao fluxo do projeto, ainda se tendo uma interação de *software* e arquiteto, ou seja, a continuidade das etapas, a partir das fases do projeto do empreendimento, conforme ilustra o fluxograma na figura 42.

Figura 42 - Detalhamento do fluxo de interação e informações dentro do processo de projeto a partir da inserção do *workflow* de substituição de esquadrias.

Fonte: Autora, 2024.

Para acessar e navegar pelo projeto e pelo workflow de forma interativa, acesse o site da pesquisa:

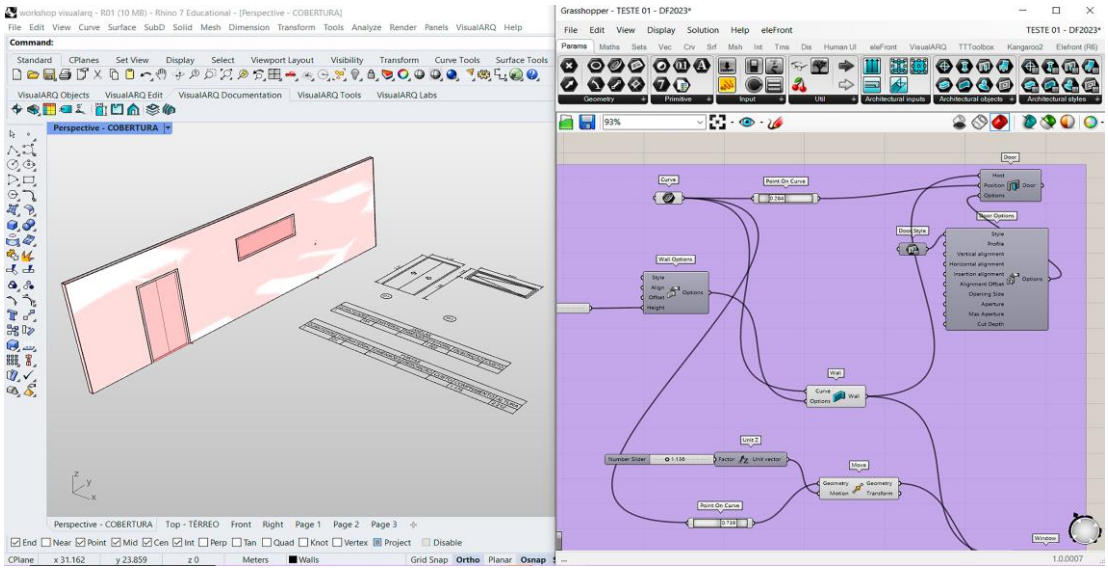
https://sites.google.com/view/projetohis/in%C3%ADcio.

4.3.2 *Workflow* no *Rhino + VisualARQ + Grasshopper*

A partir do desenvolvimento do *workflow* no *Rhino* e *VisualARQ*, o experimento passou para um segundo momento de desenvolvimento metodológico, visando replicar o processo de maneira mais automatizada no *Grasshopper.* Foram adotadas as mesmas premissas já detalhadas, como o

projeto modelo, os elementos a serem substituídos (esquadrias), os parâmetros de alteração (material, tamanho e abertura) e etapas de projeto em que é inserido. Porém, o experimento foi realizado apenas de modo simplificado, para entender as potencialidades do *workflow* através da programação visual. Foram modeladas apenas partes do projeto a partir do *Grasshopper* e com visualização no *Rhino*, sendo uma parede com uma porta e uma janela para possibilitar a experimentação do *workflow* (Figura 43).

Figura 43 - Desenvolvimento do *workflow* no *Grasshopper*.

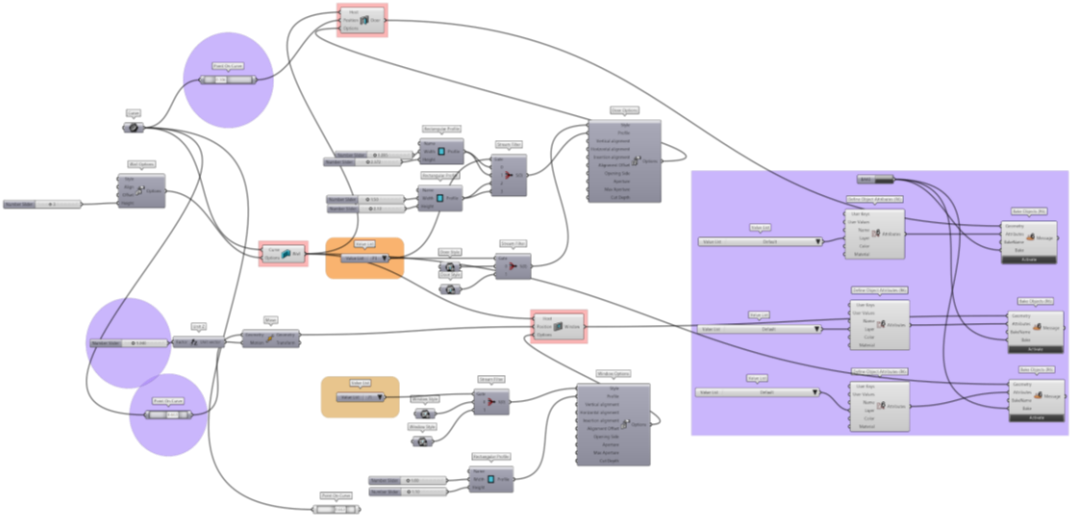


Fonte: Autora, 2024.

Com os passos já estabelecidos, o *workflow* foi reproduzido no *Grasshopper* com uma programação visual utilizando ícones nativos do programa, e do *VisualARQ* dentro da interface do *Grasshopper*, além do *plug-in eleFront* para possibilitar uma automatização das escolhas (Figura 44). Apesar de ser mais complexo do que o desenvolvimento direto no *Rhino* com *VisualARQ*, a reprodução do método em um ambiente de programação tornou as etapas de interação para a substituição mais automatizadas. Foi possível diminuir a quantidade de cliques para se chegar no mesmo resultado, mantendo o mesmo padrão de navegabilidade e visualização 3D do projeto. O *workflow* reproduzido no *Grasshopper* utiliza os parâmetros cadastrados nos elementos do próprio *VisualArq*. A atualização das tabelas de quantitativos se dá a partir do

Rhino e *VisualARQ*, pois essa etapa não foi possível de ser reproduzida no *Grasshopper.*

Figura 44 - Script do teste do *workflow* no *Grasshopper*.



Fonte: Autora, 2024.

O experimento possibilitou uma análise do desempenho do *workflow* no *Grasshopper*, e, apesar de automatizar os processos, percebe-se que o *script* criado, a partir dos conhecimentos da autora da pesquisa, ainda pode ser mais aprimorado e prático, entendendo as possibilidades que o programa oferece.

4.4 Possibilidades do *Workflow*

A concepção do *workflow* foi um processo dinâmico, moldado por debates, testes, ajustes e decisões conforme a evolução de cada etapa. Estruturado pela pesquisa que se desenvolveu a partir do embasamento teórico gerado por livros, artigos e a experiência profissional e de utilização dos *softwares* de modelagem digital, montou-se a base para o seu desenvolvimento e para as tomadas de decisão. Ao longo do processo o *workflow* se adaptou e evoluiu, resultando em um experimento robusto e que buscava características de inovação, sendo um produto promissor para contribuir e evoluir com o desenvolvimento do processo de projeto em HIS.

A partir destas reflexões ocorridas no percurso da pesquisa, foram desenvolvidos dois *workshops* com o intuito de colocar o método do *workflow* em debate. Nesse sentido, foram idealizados dois *workshops* com o intuito de explorar os passos criados dentro das etapas do projeto através do ensino, colocando em debate o potencial do experimento, dos *softwares* e da mediação digital em processos de projeto de HIS. Será apresentado na sequência, o detalhamento dos *workshops*, junto as análises e debates nas seguintes seções.

Apesar da idealização do *workflow* para processo de projeto de HIS no programa MCMV, seu potencial para ser utilizado em outras iniciativas de programas habitacionais de menor escala é imenso. O método de cadastramento de informações e modelagem de parâmetros independe de qualquer elemento, projeto ou escala, podendo ser utilizados e iniciativas de projetos de HIS desenvolvidos por prefeituras, por coletivos, instituições não governamentais entre outros.

4.5 Validação do *Workflow*

Nesta seção, serão detalhadas as experimentações práticas originadas da criação do *workflow,* com o propósito de analisar os processos desenvolvidos e debater suas potencialidades no contexto AEC em projetos de Habitações de Interesse Social (HIS), considerando seus possíveis impactos para a população. Para isso, foram realizados dois *workshops:* um interno no curso de Arquitetura e Urbanismo da UFMS, em colaboração com o laboratório de pesquisa algo+ritmo, e o segundo ocorreu durante o evento internacional *Digital Futures* 2023.[25]

4.5.1 Workshop interno UFMS

Durante a fase de pesquisa, após a elaboração e implementação do *workflow*, se optou pela realização de dois *workshops* para testar o método. Com

[25] Link para o site *Digital Futures* com o *Workshop* desenvolvido: https://digitalfutures.international/visualarq-interatividade-em-projetos-de-habitacao-de-interesse-social/.

a intenção de aprimorar a metodologia e promover discussões com os estudantes de arquitetura sobre o processo de projeto arquitetônico pela mediação digital. A interação desempenha um papel crucial na pesquisa, direcionando diretamente os resultados do *workflow*, portanto, submeter o método à prova por meio do ensino de suas etapas tornou-se uma abordagem válida para consolidá-lo pela interação. Ao estruturar didaticamente as etapas de ensino surgiram as primeiras percepções sobre pontos a serem ajustados, especialmente no aspecto expositivo.

O primeiro *workshop* realizado durante o período da pesquisa ocorreu no dia 27 maio de 2023, entre as 9h e 16h. Por ser uma primeira experiência prática, optou-se por realizá-lo com um número menor de alunos, e de maneira presencial dentro do campus da UFMS, mais precisamente no laboratório de pesquisa do algo+ritmo UFMS. Foram abertas 10 vagas e 8 participantes foram selecionados.

O *workshop* foi divulgado por cartazes expositivos no bloco da graduação de arquitetura e urbanismo da UFMS, e digitalmente pelo *instagram, c*om a intenção de captar alunos do curso que já tivessem experiência com o *software Rhinoceros 3D*, e interesse por assuntos envolvendo mediação digital, BIM, *design* paramétrico e HIS (Figura 45). Para o desenvolvimento das aulas os alunos teriam de ter em seus computadores os *softwares* devidamente instalados.

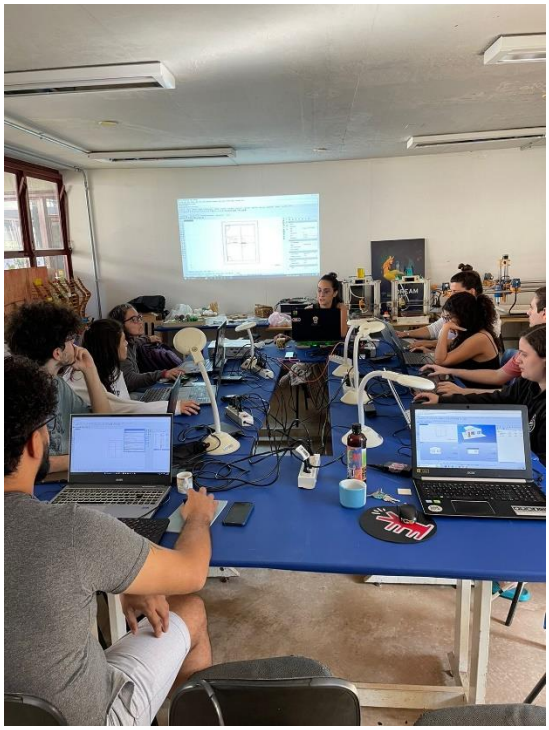
Figura 45 - Divulgação do *workshop*.

Fonte: Autora, 2024.

A maioria dos alunos que participaram do *workshop* tinham mais da metade da carga horária do curso de arquitetura cumprido, o que foi positivo para o desenvolvimento da aula pelo nível de conhecimento dos alunos. Além de proporcionar um debate mais profundo sobre o tema da habitação social e métodos de projeto através da mediação digital com o contexto atual do mercado profissional no Brasil, para além do contexto acadêmico.

O *workshop* (Figura 46) foi dividida em duas partes acompanhando os períodos do dia, no primeiro momento houve a estruturação teórica do tema do *workshop*, e no ensino das ferramentas básicas do *software* que seriam utilizadas para a modelagem e estruturação do *workflow*. Em um segundo momento a aula se concentrou na aplicação do método como um passo a passo com os alunos; sendo primeiro a modelagem da habitação e das categorias dos elementos e suas famílias, depois o cadastramento das informações dos tipos de esquadrias com as opções de substituição. Após a modelagem estar completa para a aplicação do método de substituição e extração das informações, seguiu-se a atualização do modelo conforme as mudanças nas esquadrias.

Figura 46 - Registros do desenvolvimento do *workshop* com os alunos.



Fonte: Autora, 2024.

Após as discussões acerca do método e de seu impacto na sociedade, foi possível obter *feedbacks* em relação à proposta do experimento. Um questionário foi distribuído para que os alunos respondessem, sem identificação individual, com o intuito de extrair respostas mais francas da turma. Em uma primeira pergunta para ser respondida a partir das opções a serem escolhidas, foi questionado o nível de relevância do método em relação à mediação digital em arquitetura conforme a Tabela 01.

Tabela 1. Questionário aplicado para os alunos no *workshop* interno

Pergunta	**Na sua opinião, qual é a relevância do método de substituição de elementos arquitetônicos dentro de *softwares* paramétricos e BIM para programas de habitação social? Quais os principais benefícios que você enxerga ao aplicar esse conceito?**
Opção 1	Customização e flexibilidade dos espaços segundo as demandas individuais, além da adaptação às necessidades dos moradores.
Opção 2	Rapidez e eficiência na modificação do projeto sem perder suas informações.
Opção 3	Análise de desempenho e custos para soluções mais sustentáveis e viáveis economicamente.
Opção 4	Documentação precisa e coordenação aprimorada entre as disciplinas envolvidas no projeto.

Fonte: Autora, 2024.

Abaixo, um gráfico (Figura 47) detalhando as opções escolhidas:

Figura 47 - Gráfico com a porcentagem das opções escolhidas, referente a tabela 01.

Fonte: Autora, 2024.

Uma segunda pergunta foi aplicada no questionário em busca de respostas de caráter individual dos alunos, pretendendo obter uma maior percepção da profundidade do conhecimento passado junto a base técnica e pessoal de cada um (Tabela 02).

Tabela 2. Questionário aplicado para os alunos no *workshop* interno

Pergunta	**Você acredita que a customização em massa, por meio da substituição de elementos, pode contribuir para melhorar a qualidade de vida e a inclusão social desses moradores? Em sua opinião, a aplicação desse método pode promover maior inclusão e satisfação destes usuários?**
Resposta 1	Acredito que dessa forma conseguimos adaptar, de forma mais rápida, os usos dos espaços com as necessidades dos usuários.
Resposta 2	Pode garantir ao usuário final melhor qualidade de vida e condições de bem-estar em sua própria casa.
Resposta 3	Pertencimento, capacidade de escolha, não monotonia, entre outros.
Resposta 4	A customização e aplicação desse método possibilita uma sensação de pertencimento e customização por parte do usuário que métodos convencionais de projeto não proporcionam, pois, em muitos casos, essas serão as moradias dessas pessoas para a vida toda.
Resposta 5	A aplicação do método facilita a interação do usuário com o projeto que será seu futuro lar, de maneira prática a intuitiva, e também já filtrando os componentes estéticos de maneira que as escolhas de projeto do usuário sejam assertivas, e não fiquem destoantes entre si. Sendo assim, esses usuários conseguem de fato participar do processo de projeto de suas residências, o que fortalece o sentimento de pertencimento ao ambiente em que irão habitar.
Resposta 6	Sim.
Resposta 7	Promovendo a participação do usuário na tomada de decisão, proporcionando o sentimento de pertencimento e identidade com o espaço.
Resposta 8	Sim, acredito que permite uma rapidez para alterações que permite entender o caso dos clientes e pensar sempre no morador no momento de alterar um projeto.

Fonte: Autora, 2024.

A experimentação do *workflow* de substituição de esquadrias em habitações de interesse social foi bem recebida pelos alunos. Eles destacaram a importância das tecnologias e da mediação digital para projetos sociais, e a necessidade de um diálogo mais próximo entre a arquitetura digital, a academia e a sociedade. O f*eedbac*k dos alunos foi importante para aprimorar o *workflow* e promover projetos de arquitetura digitais mais inclusivos e eficazes. Houve também uma grande aprovação da relevância do método para a realidade atual de mercado e de programas de habitação social, como a pergunta realizada na Tabela 03.

Tabela 3. Questionário aplicado para os alunos no *workshop* interno

Pergunta	**Como você avalia a importância desse tipo de *workshop* experimental para a comunidade da construção civil, acadêmica e dos usuários?**
Opção 1	Muito relevante.
Opção 2	Relevância média.
Opção 3	Pouca relevância
Opção 4	Desnecessário.

Fonte: Autora, 2024.

Foram realizadas mais perguntas envolvendo o fluxo de trabalho BIM e modelagem dentro do *software* utilizado, além da relevância da utilização dos elementos escolhidos para o experimento, como demonstra a Figura 48:

Figura 48 - Gráfico da tabela 03.

Fonte: Autora, 2024.

Os alunos responderam de maneira positiva em relação a esses pontos, pontuando a facilidade na utilização do *VisualARQ* comparado a outros *softwares* BIM, além de ser vantajoso por estar vinculado com o *Rhinoceros* e *Grasshopper*, proporcionado a parametrização e automatização dos processos de criação, modelagem e detalhamento. Porém, o nível de detalhamento para um projeto executivo de grande escala foi algo questionado em relação ao *software VisualARQ*, que apesar de possuir ferramentas para desenvolver tal demanda, precisaria evoluir um pouco mais quanto ao nível de detalhamento e documentação de informações mais complexas e específicas do edifício.

Outro ponto debatido em aula por meio do questionário, foi a relevância da customização em massa atualmente, e como ainda é utilizada de maneira insipiente no mercado brasileiro. O potencial e tecnologia para a fabricação digital está presente nos meios de produção, porém a falta de incentivo e tolerância a novas culturas é algo notável no campo da construção civil. Logo se concluiu através do *workshop* a relevância da proposta de *workflow*, colocando em debate temas como a mediação digital em projetos de HIS, e o distanciamento do usuário do processo de projeto. Assim, percebeu-se com a realização do *workshop*, que a proposta do *workflow* tem caráter positivo e aplicável para um contexto de programa habitacional como o programa MCMV, sendo pertinente nos atuais problemas enfrentados pelo setor de habitação popular, como *déficit* habitacional qualitativo e quantitativo.

4.5.2 *Workshop Digital Futures*

O *Workshop* desenvolvido no evento internacional *Digital FUTURES* 2023 (figura 49) ocorreu em 25, 26 e 27 de julho das 18h às 21h, e se tornou mais uma etapa para a validação do *workflow*. Foi realizado *online* e abriu vagas para alunos de todas as partes do país e do mundo, mesmo sendo ministrada em português. Essa abrangência trouxe uma perspectiva diferente para o debate do experimento e os temas que o envolvem. Foram abertas 30 vagas, e todas foram preenchidas, e para participação das aulas os alunos deveriam ter os *softwares* instalados e conhecimento básico em *Rhinoceros* (Figura 50).

Figura 49 - Divulgação *Digital FUTURES*.

Fonte: https://digitalfutures.international/2023-portuguese-workshops/

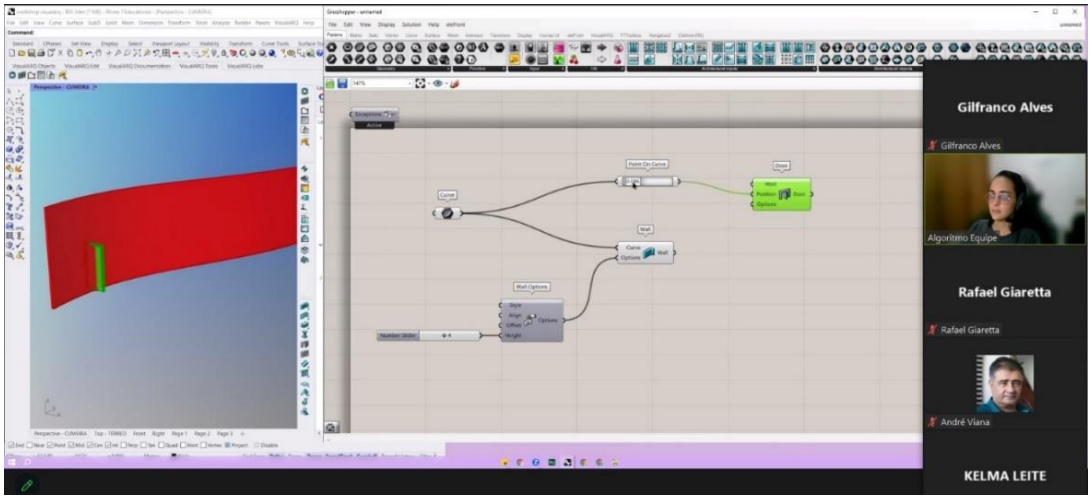
No primeiro dia a aula se dividiu em dois momentos. Em um primeiro momento foi passado um aporte teórico básico, com bibliografia, e depois foram passadas as primeiras etapas da modelagem no *VisualARQ.* No dia seguinte teve continuidade a modelagem no *VisualARQ,* e a criação das famílias para substituição. Já no terceiro dia foi experimentado o método de substituição das esquadrias e atualização das informações de projeto. O método foi reproduzido em pequena escala no *Grasshopper,* desenvolvendo a substituição com menos comandos e de maneira automatizada através do *script* de substituição de esquadrias.

Figura 50 - Divulgação do *workshop* da pesquisa.

Fonte: digitalfutures.international/visualarq-interatividade-em-projetos-de-habitacao-de-interesse-social/

O *workshop*, apesar da participação limitada, agregou valor à pesquisa através de debates que se estenderam além do evento. As reflexões geradas abordaram a relevância do *workflow* em relação às produções internacionais na área de mediação e fabricação digital, e a importância de direcionar essas tecnologias para o âmbito social, impactando as camadas mais baixas da população. A visibilidade proporcionada pelo *workshop* contribuiu para a construção de um olhar crítico sobre o futuro através da mediação digital e seu impacto na sociedade.

Figura 51 - Desenvolvimento do *workshop* com os alunos online.



Fonte: Autora, 2024.

Apesar de nos dias das aulas poucos alunos participaram ao vivo na sala criada para a oficina no *Zoom* (Figura 51), muitos outros que não conseguiram vaga na turma puderam acompanhar em tempo real a transmissão no *Youtube* do canal do grupo de pesquisa algo+ritmo. Isso pode expandir a abrangência da aula para os demais interessados que não conseguiram se inscrever. As três aulas ficaram gravadas no canal do Youtube[26] e tem livre acesso para os alunos que tiveram interesse até os dias de hoje, as aulas já têm mais de 150 visualizações. Se espera que a discussão gerada pelo *workshop* e a apresentação do *workflow* possam gerar debates a partir da sua permanência na interface digital.

Portanto, os *workshops* possibilitaram ajustes no desenvolvimento do método. Ao preparar o passo a passo das etapas do *workflow* para as aulas, foi possível identificar e implementar melhorias em várias partes. Por exemplo, a nomenclatura das esquadrias para a organização do modelo BIM foi inicialmente simplificada para facilitar a compreensão dos alunos. Após as aulas e refletindo sobre a recepção dessas informações, a versão final dessa organização metodológica foi estruturada de forma mais eficaz a partir das *tags* criadas com as variações dentro das esquadrias. Esse ajuste não veio apenas com a

[26] Link para acessar as aulas gravadas do *workshop* desenvolvido no *Digital FUTURES* 2023: https://www.youtube.com/watch?v=UjwXriXZfYE&list=PLNKUEmYUG9InI7a7GZ5BktjHM7ou-jSjy&pp=iAQB

montagem das aulas, mas também com as constantes percepções no processo de aprendizado dos alunos.

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este experimento, que incluiu os dois *workshops* realizados, foi desenvolvido como um desdobramento da pesquisa de mestrado dentro do Programa de Pós-graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade (PPGEES) da UFMS, com o intuito de propor diretrizes metodológicas em projetos de habitação de interesse social unifamiliar, dentro do programa MCMV do governo federal brasileiro. O *workflow* de substituição de esquadrias partiu da proposta da utilização da mediação digital em projetos de arquitetura, através do *design* paramétrico e da gestão de projetos BIM, colocando em prática os conceitos da customização em massa. O *workflow* objetiva trazer para os futuros moradores de habitações enquadrados na faixa 1 do programa, uma maior proximidade da tomada de decisões no processo de projeto. A interação proposta entre o arquiteto x *software* x usuário dentro das etapas iniciais de projeto arquitetônico da edificação a partir do experimento, se mostraram com potencial de impactar positivamente o processo de projeto, com uma interação possível de ser aplicada em empreendimentos desta escala.

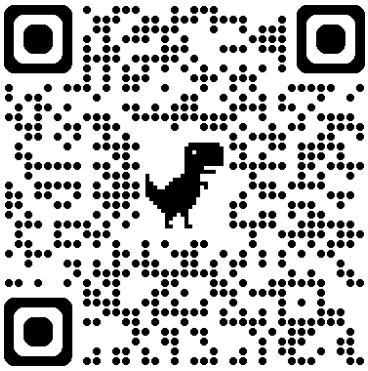
O método proporciona o desenvolvimento de projetos arquitetônicos com maior agilidade e precisão, nos quais os parâmetros são manipulados pelo projetista, e são facilitados por uma interface amigável e imersiva. Estima-se que essa agilidade proporciona maior assertividade na tomada de decisões, não só do arquiteto como também do usuário, que passa a compreender melhor onde os recursos da obra são utilizados. O *workflow* pode ainda possibilitar através da modelagem com a informação e manipulação dos parâmetros programados no *software* através da modelagem do projeto, a rápida atualização das alterações de seus detalhes.

O experimento atingiu os objetivos iniciais da pesquisa com sucesso; pôde-se alcançar uma compreensão do fluxo e das possibilidades de customização em massa no processo de projetos de habitação de interesse social de baixa renda, entendendo-a como possível e viável; pôde-se explorar as características e

possibilidades do *workflow* em oficinas e *workshops*, gerando debate e *feedbacks* sobre o método**;** foi possível também compreender os possíveis impactos na qualidade das moradias, entendendo que alterações e a participação do usuário pode melhorar não só a qualidade da edificação mas também a qualidade de vida dos moradores.

Durante o desenvolvimento das etapas da pesquisa, a produção desenvolvida foi sendo alimentada em um site para divulgação das etapas do estudo e dos *workshops*, além de ser um repositório dos arquivos da pesquisa. Assim, o site da pesquisa se torna uma extensão dos assuntos aqui desenvolvidos, para acessá-lo basta escanear a Figura 52 a seguir;

Figura 52 - QR *code* para acesso ao site da pesquisa.



Autora, 2024.

5.1 Possibilidades do *workflow* e diretrizes futuras

Para ampliar o escopo do *workflow* e aprimorar sua trajetória, alguns pontos merecem ser analisados e discutidos. Essa análise crítica permitirá identificar áreas de aprimoramento e fortalecer o *workflow* como ferramenta para o avanço da arquitetura mediada digitalmente.

O primeiro ponto a ser abordado é a importância e validade dos recortes feitos na pesquisa. Como já abordado, os recortes e limitações impostas pelo tempo de pesquisa, levaram o experimento a restringir o seu potencial de alcance de customização para validar o método proposto. Logo, os recortes

feitos na quantidade de elementos customizáveis da edificação, e nas alterações escolhidas dentro das possibilidades de cada elemento, foram indispensáveis para o seu resultado. A conclusão que se chega, portanto, é na validade do *workflow* não só para a substituição das esquadrias em projetos de HIS, mas também para com qualquer outro elemento arquitetônico essencial da edificação a partir da proposta do *Workflow.*

Com esse intuito, observando o experimento em si, as possibilidades de alteração dentro das próprias esquadrias também possuem um campo mais amplo de trabalho, como a quantidade de parâmetros dentro da criação das famílias, dos tipos e instâncias. Por exemplo, ao se utilizar um projeto de maior escala com esquadrias maiores, com mais folhas, tipologias de aberturas e materiais, aumentariam consequentemente os passos para cadastramento das informações e modelagem dos parâmetros, assim como a complexidade da extração dessas informações através das tabelas. As etapas do *workflow* seriam maiores, porém a automatização criada pelo método simplificaria o processo e agilizaria as tomadas de decisão.

Outras formas de cadastramentos das informações no modelo BIM podem ser exploradas, assim como comentado, cadastramentos utilizando a base de dados de *OmniClass* e da NBR 15965. Acredita-se que é possível acrescentar na modelagem esta etapa de cadastramento mais complexa. A exploração de plataformas de orçamentação para cadastramento de custo dos elementos como o CUB e SINAP para estimativas de custo mais complexas.

A escolha dos *softwares* para a experimentação também é um ponto para análise e discussão dentro do método. A utilização do *Rhino* + *VisualARQ* como *softwares* para o desenvolvimento do método foi influenciada a partir de uma escolha baseada na pesquisa e conhecimento da autora, e pelo fomento na exploração de programas computacionais menos comuns no mercado da AEC. A interface proporcionada pela utilização dos *softwares* gerou uma navegabilidade e facilidade na modelagem BIM maior do que a de outros *softwares* normalmente utilizados no mercado, como *Revit e Archicad*.

Como pontos que foram destacados pelos alunos que participaram dos *workshops* realizados com o *workflow* proposto*,* destaca-se a fácil extração das informações e detalhes gráficos do projeto em relação à sua usabilidade, além da agilidade para se executar e visualizar os mesmos. Esses dois últimos pontos

talvez não fossem tão potencializados se o método tivesse sido proposto em outros *softwares*, como o *Revit*, por exemplo, que possui uma maior complexidade na sua ordem de comandos para executar as mesmas ações, além do segregamento das informações dentro da interface do programa, impedindo a agilidade de manipulação dos parâmetros.

Porém, ao comparar as possibilidades de aprofundamento no detalhamento de projeto dentro do *VisualARQ*, se percebe um distanciamento em relação a outros *softwares.* Por estar em um patamar de pouco tempo de mercado, é compreensível que o *VisualARQ* ainda tenha de evoluir para melhorar sua capacidade nesse aspecto. Porém, para os testes necessários realizados na etapa em que o *workflow* se desenvolveu, não houve muitos impactos, pois o mesmo estava alocado nas etapas iniciais de projeto, onde o detalhamento ao nível de executivo não era crucial.

Apesar de uma boa interoperabilidade, e possuir uma exportação IFC aprimorada, o *VisualARQ* promete uma interação direta com sua modelagem BIM para com os outros *softwares,* podendo ser um projeto iniciado no *Rhino* + *VisualARQ*, possuindo um bom nível de modelagem BIM, e permitindo que seja exportado com seus parâmetros para outros programas como *Archicad e Revit*, através de *plugins* como o *Rhino Inside Revit*. Estas possibilidades foram estudadas de maneira teórica para a pesquisa, e não foram colocadas em prática em função dos recortes necessários devido ao tempo. Assim uma futura pesquisa dando continuidade ao assunto poderá vislumbrar a sua real potencialidade, a partir do experimento realizado no *VisualARQ*.

A possibilidade da criação de uma programação visual através do programa *Grasshopper*, sendo este um *plugin* para o *Rhino e VisualARQ*, também foi um ponto extremamente positivo para o aprimoramento e evolução do *workflow*, o que não seria possível de se desenvolver com o nível de programação exigido (ou não permitido) em outros *softwares* como *Revit e Archicad*. O nível de parametrização das informações da modelagem no *Grasshopper* supera as da primeira fase da proposta do *workflow* desenvolvida somente no *VisualARQ*, tornando-o ainda mais automatizado, facilitando as tomadas de decisão e possibilitando uma melhor interação e visualização do usuário. Porém, a atualização dos quantitativos ainda é um ponto para evolução no *script.*

Outro ponto a ser explorado em futuras pesquisa, que fazia parte das intenções do *workflow* mas não pode ser explorado*,* é a utilização do *Human-UI* como um *plugin* do *grasshopper* para tornar a interface de interação com o usuário ainda mais fácil e intuitiva. Entende-se que uma continuidade possível para a pesquisa, seria a evolução do *script* gerado para o experimento, para que possa ser ainda mais aprimorado, possibilitando uma automatização ainda maior das trocas e atualização de projeto. Vislumbra-se potencial para se tornar um método ainda mais fácil de ser aplicado com o usuário e para os arquitetos.

A reprodução adaptada da fase do experimento gerada apenas no *Rhino e VisualARQ* em outros softwares como o próprio *Revit*, também é um ponto positivo da pesquisa. Ela é possível, pois os passos de modelagem e cadastramento das informações é possível, e necessita apenas de ajustes para que possam ser realizadas para se chegaram no mesmo resultado. Apesar das questões debatidas acima sobre a maior agilidade e navegabilidade proporcionada pelo *VisualARQ* no método, não há impedimento da realização do mesmo utilizando-se de outros programas para se chegar nos mesmos resultados.

Espera-se, por fim, que esta pesquisa tenha contribuído e possa oferecer possibilidades para pesquisas futuras na direção de métodos e processos de projeto cada vez mais interativos a partir do uso das tecnologias disponíveis e na direção de oferecer contribuições e opções para Habitações de Interesse Social.

REFERÊNCIAS

ALVES, G. M. Entrevista com Kas Oosterhuis. **Conversa sobre o Hyperbody, arquitetura interativa, design paramétrico e processos de projeto e de produção contemporâneos.** Entrevista, São Paulo, ano 14, n. 054.01, Vitruvius, maio 2013 <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/entrevista/14.054/4758>.

_____. **Cibersemiótica e processos de projeto: metodologia em revisão.** 2014. Tese (Doutorado em Teoria e História da Arquitetura e do Urbanismo) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014. doi:10.11606/T.102.2014.tde-07012015-105828. Acesso em: 2019-06-12

ALVES, G.; PRATSCHKE, A. **Concepções arquitetônicas emergentes a partir do processo criativo digital.** In: XIV SIGRADI - Disrupción, modelación y construcción: Diálogos cambiantes. p.54. Bogotá, 2010.

_____. **Punk rock, jogos e processos digitais de projeto: atitudes proativas e colaborativas para a arquitetura do século XXI.** Vírus, v. 10, 2014 Tradução. Disponível em: http://www.nomads.usp.br/virus/virus10/?sec=6&item=1&lang=pt. Acesso em: 11 abr. 2024.

AMORE, C. **Minha Casa Minha Vida para iniciantes**. In C. Amore, L. Shimbo, & M. Rufino (Eds.), Minha casa... e a cidade? Avaliação do Programa Minha Casa Minha Vida em seis estados brasileiros (pp. 11-27). Rio de Janeiro: Letra Capital. 2015.

ANDRADE, M.; RUSCHEL, R.; MOREIRA, D. **O Processo e os Métodos. In O Processo de Projeto em Arquitetura: da Teoria à Tecnologia**. Kowaltowski et al. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

ANDRADE, M.L., & RUSCHEL, R.C. **BIM: Conceitos, Cenário Das Pesquisas Publicadas No Brasil E Tendências.** SBQP 2009 Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído. São Carlos, SP, Brasil. 2009. Universidade de São Paulo. DOI:10.4237/SBQP.09.166

BARLOW, J. et. al**. Choice and delivery in housebuilding: Lessons from Japan for UK housebuilders.** Building Research and Information. 2002. 31. 134-145. 10.1080/09613210302003.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1975.

BLAZEK, P. **The Evolutionary Process of Product Configurators and Characteristics of Configurable Products.** In F. Schillaci (Ed.), Product configurators : tools and strategies for the personalization of objects (pp. 38–46). (2017). Routledge.

BONDUKI, Nabil George. **Origens da habitação social no Brasil**. São Paulo, FAPESP / Estação Liberdade,1998, 342p.

_____. **Do "Projeto Moradia ao Programa Minha Casa, Minha Vida".** Revista Teoria e Debate, p. 8 - 14, 01 maio 2009. Disponível em: <https://teoriaedebate.org.br/2009/05/01/do-projeto-moradia-ao-programa-minha-casa-minha-vida/> Acesso em: 30 abr. 2024

_____. **Planos locais de habitação: das origens aos dilemas atuais nas regiões metropolitanas.** In: DENALDI, R. Planejamento habitacional - Notas sobre a precariedade e terra nos planos locais de habitação. São Paulo: Annablume, 2013.

_____. **Política habitacional e inclusão social no Brasil: revisão histórica e novas perspectivas no governo Lula**. arq.urb, [S. l.], n. 1, p. 70–104, 2008. Disponível em: https://revistaarqurb.com.br/arqurb/article/view/81. Acesso em: 4 jul. 2023.

BRANDÃO, D. Q. **Diversidade e Potencial de Flexibilidade de Arranjos Espaciais de Apartamentos: uma análise do produto imobiliário brasileiro.** 443 f. Florianópolis. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

_____. **Flexibilidade, Variabilidade e Participação do Cliente em Projetos Residenciais Multifamiliares: conceitos e formas de aplicação em incorporações**. 245 f.Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

_____. **Habitação Social Evolutiva: aspectos construtivos, diretrizes para projetos e proposição de arranjos espaciais flexíveis**. Cuiabá: CEFETMT, 2006. Manual técnico.

_____. **O Conceito de Adaptabilidade na Habitação de Interesse Social: da carência de espaço às tendências atuais utilizando espaços multiuso.** In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE HABITAÇÃO SOCIAL, 2003, Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFSC, 2003.

_____. **O Porquê das Modificações Promovidas pelo Usuário em Sua Moradia: classificação e discussão de razões, com base no significado multidimensional e dinâmico da habitação.** In: SEMINÁRIO MATO-GROSSENSE DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL, 2005, Cuiabá. Anais... Cuiabá: CEFETMT, EdUFMT, 2005. p. 249-264.

CARDOSO, A. L.; ARAGÃO, T. A. **Do fim do BNH ao Programa Minha Casa Minha Vida: 25 anos de política habitacional no Brasil**. In: CARDOSO, A. L. O programa Minha Casa Minha Vida e seus efeitos territoriais. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2013. p. 17-66

CARDOSO, A. L.; ARAGÃO, T. A.; ARAÚJO, F. S. **Habitação de interesse social: política ou mercado? Reflexos sobre a construção do espaço metropolitano.** In Anais do XIV Encontro Nacional da ANPUR. Rio de Janeiro: ANPUR. 2011. pp. 14. <ttps://anais.anpur.org.br/index.php/anaisenanpur/article/view/683> Acessado em: 30 abr 2024.

CARDOSO, I.C.C.; PINTO, M.B. **Análise da Formação Pós-Graduada em Moldes de Residência Multiprofissional sob a Ótica de Preceptores/Tutores e Residentes.** Anais da VII Jornada Internacional de Políticas Públicas: Para além da crise global: experiências e antecipações concretas, São Luís, MA, Brasil, 7. 2015. Disponível em: <http://www.joinpp.ufma.br/jornadas/joinpp2015/anais-joinpp-2015.html> Acessado em: 30 abr 2024.

CARVALHO, L.O. **Análise Qualitativa dos Custos Decorrentes da Personalização de Unidades Residenciais**. 2004. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO - CBIC. **Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras.** Brasília, DF: CBIC, 2016.

CELANI, G. **Algorithmic Sustainable Design. Uma visão crítica do projeto generativo.** Resenhas Online, São Paulo, ano 10, n. 116.03, Vitruvius, ago. 2011 <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/resenhasonline/10.116/3995>.

DALLA VECCHIA, L. R. F. **Sistema de customização em massa para a melhoria da qualidade projetual de ampliações de casas no contexto de HIS.** Gestão & Tecnologia de Projetos, [S. l.], v. 17, n. 4, p. 53-78, 2022. DOI: 10.11606/gtp.v17i4.196738. Disponível em: https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/196738. Acesso em: 16 mar. 2023.

_____. **The use of Mass Customization to Improve Environments in Social Housing Neighbourhoods in Brazil**. University of Calgary, 2021. Disponível em: https://prism.ucalgary.ca/handle/1880/112960.

DIGIACOMO, M. C. **Estratégias de Projeto para Habitação Social Flexível.** 2004. 163 f. Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors.** [s.l.]: John Wiley & Sons, 2011.

FABRICIO, M.; MELHADO, S. **O processo cognitivo e social de projeto.** In: Doris C. C. Kowaltowski; Daniel de Carvalho Moreira; João R.D. Petreche; Márcio M. Fabricio. (Org.). O processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia. 1ed.São Paulo: Oficina de textos, 2011, p. 57-63.

FIX, M; ARANTES, P. F. **Como o governo Lula pretende resolver o problema da habitação: Alguns comentários sobre o pacote habitacional Minh Casa Minha Vida.** Correio da Cidadania. 2009. Disponível em: <http://correiodacidania.com.br>. Acessado em: 30 abr 2024.

FOERSTER, H. V. **Cybernetics of cybernetics, or the control of control and the communication of communication.** Illinois:University of Illinois, 1974.

FOLZ, R. R.; MARTUCCI, R. **Habitação Mínima: Discussão Do Padrão De Área Mínima Aplicado Em Unidades Habitacionais De Interesse Social**. Revista Tópos, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 23–40, 2013. Disponível em:

https://revista.fct.unesp.br/index.php/topos/article/view/2187. Acessado em: 30 abr 2024.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Cartilha Déficit Habitacional E Inadequação De Moradias No Brasil - Principais resultados para o período de 2016 a 2019, 2021**. Convênio PNUD/Ministério das Cidades. 2021.

FRANKE, N.; SCHREIER, M.; KAISER, U. **The "I Designed It Myself" Effect in Mass Customization.** (2010). Management Science, 56, 125–140. https://doi.org/10.2307/27784096

GLANVILLE, R. **The purpose of second-order cybernetics.** Kybernetes, v. 33, n. 9/10, p. 1379-1386, out. 2004. Disponível em: https://doi.org/10.1108/03684920410556016. Acesso em: 2 jul. 2023.

_____. Uma reflexão (cibernética): design e cibernética. Trad. ALVES, G., TRAMONTANO, M. In V!RUS. N. 3. São Carlos: Nomads.usp, 2010. Disponível em:. Acessado em: 11/06/2014.

JÚNIOR, V.; CELANI, G. **From the automated generation of layouts to fabrication with the use of BIM: a new agenda for Architecture in the 21st century.** 23-30. 10.5151/sigradi2018-1302. (2018).

KHALILI-ARAGHI, S.; KOLAREVIC, B. **Variability and validity: Flexibility of a dimensional customization system.** Automation in Construction, [S. l.], v. 109, 2020. DOI: 10.1016/j.autcon.2019.102970.

KOLAREVIC, Branko. **From Mass Customisation to Design "Democratisation".** Architectural Design, v. 85, n. 6, p. 48–53, 2015. DOI: 10.1002/ad.1976.

_____. **Architecture in the Digital Age: Design and Manufacturing.** New York: Sppon, 2003.

KOLAREVIC, B.; DUARTE, J. P. **From Massive to Mass Customization and Design Democratization.** In: KOLAREVIC, Branko; DUARTE, José Pinto (org.). Mass Customization and Design Democratization. [s.l.] : Routledge, 2019.

KOWALTOWSKI, D; GRANJA, A.; DE, D.; MOREIRA, D.; SILVA, V.; PINA, S.; PINA, S. M. (2015). **2.7 Métodos e instrumentos de avaliação de projetos destinados à habitação social.** In book: Qualidade Ambiental na habitação: avaliação pós-ocupação. Chapter: 7 Publisher: Oficina de textos.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K. **Transformações de casas populares: uma avaliação.** In: Encontro Nacional, 3., e Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído, 1. Antac. Anais... Gramado, jul. 1995.

LAWSON, B. **Como Arquitetos e Designers Pensam**. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

LÉVY, P. **As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática.** Rio de Janeiro: Ed. 34, 1993, Tradução Carlos Irineu da Costa.

LOGSDON, L.; FABRÍCIO, M. M. **Instrumentos associados de apoio ao processo de projeto de moradias sociais.** Ambiente Construído [online]. 2020, v. 20, n. 2 [Acessado 19 Setembro 2022], pp. 401-423. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000200406>. Epub 08 Maio 2020. ISSN 1678-8621. https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000200406.

LOGSDON, L.; PEREIRA, L. M.; FRANCO, J.; FABRICIO, M. M. **Flexibilidade na habitação social: a prática e a teoria em busca da qualidade espacial.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6., 2019, Uberlândia. Anais... Uberlândia: PPGAU/FAUeD/UFU, 2019. p. 1550-1560. DOI https://doi.org/10.14393/sbqp19139.

MARICATO, E. **Por um novo enfoque teórico na pesquisa sobre habitação.** Cadernos Metrópole, v. 11, n. ja/ju 2009, p. 33-52, 2009Tradução. Acesso em: 16 mar. 2023.

MOREIRA, F. M.; LEME, A. A. **Direito à moradia: politicas publicas nos governos FHC e Lula.** Horizonte Cientifico. VOL 5, N°1 (jul 2011). https://seer.ufu.br/index.php/horizontecientifico/article/view/12224.

NOJIMOTO, C. **Construindo diálogos: complexidade e emergência em processos de design.** 2014. Tese (Doutorado em Teoria e História da Arquitetura e do Urbanismo) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014. Disponível em: https//doi:10.11606/T.102.2016.tde-08032016-103306. Acesso em: 8 mai. 2018.

OXMAN, Rivka. **Theory and design in the first digital age.** Haifa: Faculty of Architecture and Town Planning Technion, 2006.

PASK, G. **The architectural relevance of cybernetics.** In: Architectural Design. London, 1969.

_____. **An Approach to Cybernetics.** London: Hutchinson, 1968

PITA, J. V. C. **Colaboração comunitária em obras públicas através do uso da Modelagem de Informação da Edificação (BIM).** 2021. Tese (Doutorado em Teoria e História da Arquitetura e do Urbanismo) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021. doi:10.11606/T.102.2021.tde-21012022-121553. Acesso em: 2023-07-10.

PILLER. F. T.; KURMA, A. **For each, their own - The strategic imperative of mass customization.** Industrial Engineer. V. 38. N.9, p.40-45, 2006. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Strategic-Imperative-of-MassCustomization Kumar/df4b62dbd4d1db2152744919c2c105b37d7d6725>

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

ROLNIK, R. **As armadilhas do pacote habitacional**. Tradução. Le Monde Diplomatique Brasil, São Paulo, 2009. Disponível em: http://www.usp.br/srhousing/rr/docs/armadilhas_do_pacote_cc.pdf. Acesso em: 30 abr. 2024.

ROLNIK, R. et al. **Inserção urbana no PMCMV e a efetivação do direito à moradia adequada: uma avaliação de sete empreendimentos no estado de São Paulo.** In: AMORE, Caio Santo; SHIMBO, Lúcia Zanin; RUFINO, Maria Beatriz Cruz (org.). Minha casa e a cidade? Avaliação do programa minha casa minha vida em seis estados brasileiros. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015.

ROLNIK, R.; NAKANO, A. K. **Direito à moradia ou salvação do setor?** Folha de São Paulo, São Paulo, p. A3 - A3, 14 mar. 2009. https://www1.folha.uol.com.br/fsp/opiniao/fz1403200909.htm

RUSCHEL, R. C.; VALENTE, C. A. V.; CACERE, E.; QUEIROZ, S. R. S. L. de. **O papel das ferramentas BIM de integração e compartilhamento no processo de projeto na indústria da construção civil** (D.O.I.: 10.5216/reec.v7i3.27487). REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil, Goiânia, v. 7, n. 3, 2013. DOI: 10.5216/reec.v7i3.27487. Disponível em: https://revistas.ufg.br/reec/article/view/27487. Acesso em: 26 set. 2022.

ROCHA, C. **A conceptual framework for defining customisation strategies in the housebuilding sector**. 2011. Universidade Federal do Rio

Grande do Sul, 2011. Disponível em: https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/38795.

RUBIN, G. R.; BOLFE, S. A**. The development of social housing in Brazil.** Ciência e Natura, [S. l.], v. 36, n. 2, p. 201–213, 2014. DOI: 10.5902/2179460X11637. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/cienciaenatura/article/view/11637. Acesso em: 19 may. 2024.

MAKERT, R.; ALVES, G. **Entendendo o Design Digital: o designer nos processos digitais de projeto.** XX Congreso de la Sociedad Iberoamericana de Gráfica Digital, Blucher Design Proceedings, Volume 3, 2016, Pages 34-41, ISSN 2318-6968, http://dx.doi.org/10.1016/despro-sigradi2016-446

SCHNEIDER, T.; TILL, J. **Flexible Housing: Opportunities and Limits.** Theory, v. 9, n. 2, p.157-166, 2005.

SAMPAIO N. E. **Arquitetura e projeto na era digital**. Arquitetura revista [en linea]. 2007, 3(1), 28-36 [fecha de Consulta 6 de Julio de 2023]. ISSN: 1808-5741. Disponible en: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193615506003

SILVA J. M. A.; MITIDIERI F. C. V. **Verificação de critérios de desempenho em projetos de arquitetura com a modelagem BIM.** PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção, Campinas, SP, v. 9, n. 4, p. 334–343, 2018. DOI: 10.20396/parc.v9i4.8650453. Disponível em: https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8650453. Acesso em: 27 set. 2022.

DA SILVEIRA, G.; BORENSTEIN, D.; FOGLIATTO, F.S. **Mass Customization: Literature Review and Research Directions.** International Journal of Production Economics, 72, 1-13. (2001). http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5273(00)00079-7

SUCCAR, B. **Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders**. Automation in Construction, v.18, n.3, p.357-375, 2009. ISSN 0926-5805.

_____. **BIM Fields**. 2012. Disponível em: https://www.bimframework.info/2013/12/bim-fields.html. Acesso em: 5 out. 2021.

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, out./dez. 2017. ISSN 1678-8621

Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000400196

TILLMANN, P. A**. Diretrizes Para a Adoção da Customização em Massa na Construção Habitacional Para Baixa Renda**. 2008. Porto Alegre. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

TRAMONTANO, M. C. **Espaços Domésticos Flexíveis: notas sobre a produção da primeira geração de modernistas brasileiros.** São Paulo: FAU/USP, 1993. 15 p. Texto técnico.

_____. **Novos modos de vida, novos espaços de morar - Paris, São Paulo, Tokyo: uma reflexão sobre a habitação contemporânea**. Tese de Doutorado. São Paulo, FAUUSP, 1998. 399p.

TRAMONTANO, M., SOARES, J.P. **Arquitetura emergente, design paramétricos e o representar através de modelos de informação**. V!RUS, São Carlos, n. 8, dezembro 2012. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/virus/virus08/?sec=7&item=1&lang=pt>. Acesso em: 02 jul. 2023. 2010.

TRUJILLO, J.; ALVES, G. (2015). **Processos digitais de projeto: mudança de paradigma no ensino da Arquitetura e Urbanismo**. Natal – Brazil. Set - 2015. Conferência: PROJETAR.

URBANIZED. Gary Hustwit. Gary Hustwit; Lucy Raven. 2011. EUA. DVD.

ULRICH, K. **The role of product architecture in the manufacturing firm**. Research Policy, v. 24, n. 3, p. 419 - 440, 1995.

VILLAÇA, F. **O que todo cidadão precisa saber sobre habitação**. São Paulo - Global, 1986. 122p.

_____. **Espaço intraurbano no Brasil.** Brasil: Studio Nobel, 2 ed. 1998. ISBN: 978-85-85445-75-1.

VASSÃO, C. A. **Metadesign: ferramentas, estratégias e ética para a complexidade.** São Paulo: Blucher. Acesso em: 02 jul. 2023. 2010.

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, v. 96, p. 224–235, 2018. DOI: 10.1016/j.autcon.2018.09.013.

WOODBURY, R. **Elements of Parametric Design**. New York: Routledge, 2010.

WIENER, N. **Cibernética e Sociedade: O uso humano de seres humanos.** São Paulo: 1954.