instituto
arquitetura e urbanismo
são carlos usp

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

PROGRAMA DINTER USP/UEM/UEL

MAURÍCIO HIDEMI AZUMA

**Customização em massa de projeto de Habitação de Interesse Social
por meio de modelos físicos paramétricos.**

SÃO CARLOS - SP

2016

instituto
arquitetura e urbanismo
são carlos usp

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

INSTITUTO DE ARQUITETURA E URBANISMO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

PROGRAMA DINTER USP/UEM/UEL

MAURÍCIO HIDEMI AZUMA

**Customização em massa de projeto de Habitação de Interesse Social
por meio de modelos físicos paramétricos.**

Tese apresentada ao Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Doutor em Arquitetura e Urbanismo.

Área de Concentração: Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Minto Fabrício – IAU-USP – São Carlos

Co-orientadora: Profa. Dra. Ercília Hitomi Hirota – UEL – Londrina

Versão corrigida

São Carlos - SP

2016

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do Instituto de Arquitetura e Urbanismo
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

AAZ997 Azuma, Mauricio Hidemi
c Customização em massa de projeto de Habitação de
Interesse Social por meio de modelos físicos
paramétricos. / Mauricio Hidemi Azuma; orientador
Márcio Minto Fabrício; co-orientadora Ercília Hitomi
Hirota . -- São Carlos, 2016.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo, Arquitetura, Urbanismo e
Tecnologia) -- Instituto de Arquitetura e Urbanismo,
Universidade de São Paulo, 2016.

1. Customização em massa. 2. Habitação de Interesse
Social. 3. Modelo físico paramétrico. 4. Projeto
participativo. 5. Custo da habitação. I. Fabrício,
Márcio Minto, orient. II. Hirota , Ercília Hitomi, co
orient. III. Título.

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): Arquiteto e Urbanista **Mauricio Hidemi Azuma**

Título da Tese: **"Customização em massa de projeto de Habitação de Interesse Social por meio de modelos físicos paramétricos"**

Data da defesa: **08/03/2016**

Comissão Julgadora:

Resultado:

Prof. Dr. Márcio Minto Fabricio (Orientador)
(Instituto de Arquitetura e Urbanismo/USP)

APROVADO

Prof. Dr. João Marcos de Almeida Lopes
(Instituto de Arquitetura e Urbanismo/USP)

APROVADO

Profa. Dra. Maria Gabriela Caffarena Celani
(Universidade Estadual de Campinas /UNICAMP)

APROVADO

Prof. Dr. Ricardo Dias Silva
(Universidade Estadual de Maringá/UEM)

APROVADO

Prof. Dr. Sidnei Junior Guadanhim
(Universidade Estadual de Londrina/UEL)

APROVADO

Coordenadora e Presidente da Comissão de Pós-Graduação do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo: Profa. Dra. **Cibele Saliba Rizek**.

DEDICATÓRIA

Ao meu pai Haruo e minha mãe Elma (*in memoriam*), minha esposa Rosa e filhos Bruno e Bianca. Minha motivação para que tornasse tudo isso possível.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Márcio Minto Fabrício, pela compreensão, apoio, generosidade, dedicação e paciência demonstrados desde o início.

À Profa. Ercília Hirota minha co-orientadora pela dedicação, apoio e constantes assistências.

Ao meu grande amigo Prof. César Imai, que muito me auxiliou neste trabalho e também fora dele.

À Profa. Gabriela Celani pelas ideias e sugestões precisas e preciosas na banca de qualificação.

À minha valiosa família Rosa, Bruno e Bianca por todo o incentivo e apoio durante todos os momentos.

Aos colegas do DINTER e em especial ao arquiteto André Silvestri, pela troca de informações e bom humor nas constantes viagens para o IAU.

Ao Programa DINTER IAU/UEM/UEL, que permitiu o meu ingresso como aluno do programa.

À Fundação Araucária pela bolsa fornecida durante o período de estágio.

Às arquitetas Michele Caixeta, Letícia Teixeira Mendes e Ana Regina Cuperschmid por terem disponibilizado suas teses ainda não publicadas.

Ao Grupo de pesquisa ZEMCH/UEL, pela oportunidade de participação.

À arquiteta Lilian Lumi pela ajuda nos desenhos e material gráfico das casas.

Ao acadêmico Felipe Conquista, bolsista do CNPQ e integrante do Grupo Arquitec no IAU/USP, que me auxiliou muito com a elaboração da planilha utilizada na pesquisa.

À Giovana Luppi Pizarini Ribeiro bolsista de iniciação científica do CNPQ e orientanda da Profa. Ercília, que colaborou na elaboração do protótipo físico.

Às empresas, instituições e profissionais pelo compartilhamento de valiosas informações para a pesquisa.

AZUMA, Maurício Hidemi. **Customização em massa de projeto de Habitação de Interesse Social por meio de modelos físicos paramétricos**. 2015. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo – IAU – USP, São Carlos, 2016.

RESUMO

Esta pesquisa aborda como problema principal, a falta de participação do usuário de Habitação de Interesse Social (HIS) na definição da sua moradia. O modelo atual do processo de provisão da habitação é baseado, principalmente, no sistema de produção em massa, resultando em unidades habitacionais padronizadas que não atendem às necessidades de seus usuários. Dentro deste cenário, a Customização em Massa (CM), tem sido investigada e apontada como uma estratégia promissora para solucionar este problema. A CM é definida como uma síntese de dois sistemas, aparentemente concorrentes: o da produção em massa com a customização individual de bens ou serviços. A participação do cliente na configuração do seu produto é uma condição essencial no conceito da CM, para o atendimento de suas necessidades e desejos. Para viabilizar essa participação, é necessária a utilização de ferramentas que permitam aos clientes configurarem seus produtos, a partir de opções disponibilizadas pelo fabricante. Especificamente no setor da construção civil, estas ferramentas ainda precisam ser desenvolvidas e experimentadas. Neste contexto, o objetivo principal da pesquisa é desenvolver um instrumento funcional que apoie os usuários, nas decisões da customização da sua habitação, em processos participativos de projetos de HIS. A pesquisa utiliza a abordagem da *Design Science Research*, a qual orienta para que, após a compreensão da questão central, seja proposto um artefato aplicável em soluções práticas. Os resultados obtidos com a aplicação do artefato desenvolvido demonstraram que o mesmo pode ser utilizado, não apenas na CM, mas também em outros processos de projetos participativos. A principal contribuição desta pesquisa está na originalidade das características paramétricas do modelo físico proposto.

Palavras-chave: Customização em massa. Habitação de Interesse Social. Modelo físico paramétrico. Projeto participativo. Custo da habitação. *Toolkit* de customização. *Co-design*.

AZUMA, Maurício Hidemi. **Mass customization of Social Housing project through parametric physical models**. 2015. Thesis (Doctorate in Architecture and Urbanism) - University of São Paulo - IAU - USP, São Carlos, 2016.

ABSTRACT

This research approaches, as a main problem, the lack of user participation in Social Housing regarding the definition of its dwelling. The current model of housing provision process is based, mainly, on the mass production system, resulting in standardized housing units that do not satisfy the needs of users. Within this background, the Mass Customization (MC), has been investigated and identified as a promising strategy to solve this problem. The MC is defined as a synthesis of two systems, seemingly competitive: the mass production with the individual customization of goods or services. The customer participation in his product configuration is an essential condition in the concept of MC to fulfill his needs and desires. In order to enable this participation, the use of tools is required to enable customers to configure their products, from options, provided by the manufacturer. Specifically, in the civil construction sector these tools still need to be developed and experienced. In this context, the main objective of this research is the development of a functional device that can support users in their decisions of housing customization in participatory processes of Social Housing projects. The research uses the Design Science Research approach, which after understanding the central issue, recommends the development of an artifact and its application in practical solutions. The results obtained by applying the developed artifact demonstrated that the latter can be used, not only in MC, but also in other participatory design processes. The main contribution of this research is the originality of the parametric features of the proposed physical model.

Keywords: Mass customization. Social Housing. Parametric physical model. Participatory design. Cost of housing. Customization Toolkit. Co-design.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Foto de um típico empreendimento de HIS com unidades habitacionais padronizadas	4
Figura 2 - Alternativas de CM segundo Gilmore e Pine II	19
Figura 3 - Cinco estratégias de CM segundo Lampel e Mintzberg	21
Figura 4 - Tipos de modularidade -baseado em Patterns of Industrial Automation	27
Figura 5 – Formas de envolvimento do usuário no processo participativo	41
Figura 6 – Papéis dos usuários, pesquisadores e designers no processo de design no método clássico (à esquerda) e no processo de co-designing (à direita)	47
Figura 7 – Situação do “fuzzy front end” no processo de co-design	48
Figura 8 – Enfermeiras em processo de co-design projetando um quarto ideal para paciente usando um conjunto de ferramentas tridimensionais para prototipagem	49
Figura 9 – Toolkits tridimensionais para o processo de co-design	50
Figura 10 – Interface de design para CM	54
Figura 11 – Pintura de Domenico Cresti da Passignano de 1619 retratando Michelangelo apresentando a maquete da cúpula de São Pedro ao Papa Paulo IV.	59
Figura 12 – Maquetes para apresentação. Le Corbusier com uma maquete da Villa Savoye, 1935 e Frank Lloyd Wright demonstrando o Museu Guggenheim de Nova Iorque, 1947.	65
Figura 13 – Maquetes em madeira de Brunelleschi - Lanterna (à esquerda) e cúpula e partes absidais (à direita) do “Duomo” de Florença da Catedral de Santa Maria del Fiore	70
Figura 14 – Maquete em grande escala da Catedral de São Paulo em Londres elaborada em 1674, com aproximadamente 5,50 metros de altura	71
Figura 15 – Maquetes de interiores. (à esquerda) Interior de um escritório Escala 1:50 e (à direita) Interior de um espaço de convívio comum em edifício residencial, escala 1:43	73
Figura 16 – Maquete de um bar americano. Escala 1:50	74
Figura 17 – Maquetes de interiores de edifícios Escala 1:10 e 1:50.	75
Figura 18 – Maquetes didáticas com detalhes de interiores. Escala 1:43 e 1:50	76
Figura 19 – Maquete de estudo para a Igreja da Catedral da Sagrada Família – Antoni Gaudí	77
Figura 20 – Testes com modelos físicos em túnel de vento para medição da pressão, velocidade do ar	78
Figura 21 – Maquete acústica em escala 1:10 da Filarmônica de Paris -Projeto de Jean Nouvel	79
Figura 22 – Modelos para estudo de iluminação. À esquerda modelo para análise do Parlamento Alemão em Berlim de Foster+Partners e a direita maquete sendo testada no heliodon.	79
Figura 23 – Biblioteca de peças para ser utilizada na simulação. Acadêmicos montando um dos ambientes de simulação, composto de piso, paredes e teto.	80
Figura 24 – Composições de uma sala de estar com troca de cobertura, paredes, piso.	81
Figura 25 – Composição de uma sala de estar com modificação das paredes, direção da inclinação teto e variação da posição solar.	81
Figura 26 – Oficina de maquetes publicada na Revista American Homes and Gardens de Agosto de 1915 (à esquerda) e caixa de ferramentas usadas para elaboração de maquetes em 1922 (à direita).	85
Figura 27 – Processo de produção de maquetes na atualidade. Elaboração de desenho ou modelo digital (à esquerda) e equipamentos de corte CNC – Fresa 3 eixos (à direita).	87

Figura 28 – Processo de Impressão em pó (à esquerda) e equipamento FDM (à direita).	88
Figura 29 – Equipamentos de CNC de 5 eixos XYZ+ rotação no eixos horizontal e vertical (à esquerda) e impressora 3D FDM (à direita).	89
Figura 30 – Maquete de um projeto finalizado de Frank Gehry sendo escaneado com um scanner 3D tipo braço, 2000.	90
Figura 31 – Diagrama da relação de eixos de deslocamento e eixos de rotação para “liberdade” do equipamento.	94
Figura 32 – Campos de utilização de Prototipagem Digital e Fabricação Digital.	95
Figura 33 – Diagrama de funcionamento de uma impressora 3DP (à esq.) e modelos arquitetônicos produzidos (à dir.)	97
Figura 34 – Diagrama de funcionamento de uma impressora FDM (à esq.) e modelo arquitetônico produzido (à dir.)	98
Figura 35 – Diagrama de funcionamento de uma impressora SLS (à esquerda) e modelo produzido (à direita).	99
Figura 36 – Molde CNC para moldagem de acrílico. Peças para o Pavilhão Bubble BMW de 1999 da ABB Architekten/Bernhard Franken.	101
Figura 37 – Imagens de um experimento de Florio e Tagliari (2008) utilizando a técnica de unfolding para obtenção de desenhos 2D a partir de um modelo 3D usando o software Form Z.	103
Figura 38 – Interface do software 123D Make. Menu com opções de tipo de fatiamento e numeração automática das peças.	104
Figura 39 – Ilustração do conceito de BIM.	107
Figura 40 – Uso do 4D para simulação da construção do edifício.	108
Figura 41 – Simulação interativa produzida em tempo real a partir da modificação do modelo 3D.	108
Figura 42 – Delineamento da Pesquisa a partir da abordagem da Design Science Research.	116
Figura 43 – Modelo desenvolvido por participantes utilizando o kit de Hamdi	128
Figura 44 – Innova system. Modelo de simulação. Escala 1:20. Madeira, chapas de compensado e papelão.	129
Figura 45 – Model building Kit “M20”. Escala 1:20. Base em acrílico transparente perfurado, mobiliário em madeira maciça, dois níveis sobrepostos.	130
Figura 46 – Modelo proposto por Celani et al. (2009). Momentos da reunião da equipe de curadores da Pinacoteca utilizando a maquete.	131
Figura 47 – Modelo proposto por Imai (2007). Paredes e seus diferentes formatos e sistema de cobertura	131
Figura 48 – Modelo proposto por Imai (2007). Mobiliário e exemplo de modelo finalizado com ambientes internos e modelo com cobertura.	132
Figura 49 – Módulo de ambiente com paredes retráteis	138
Figura 50 – Detalhe da graduação nos módulos das paredes retráteis	138
Figura 51 – Revestimentos de pisos	139
Figura 52 – Revestimentos de paredes com peças retráteis	140
Figura 53 – Posicionamento das esquadrias.	140
Figura 54 – Posicionamento e leiaute dos móveis	141
Figura 55 – Alguns móveis disponibilizados para simulação	141
Figura 56 – Fotos dos itens para simulação. Esquadrias, revestimentos, móveis, equipamentos, utensílios.	143
Figura 57 – Planta esquemática de HIS para simulação.	145
Figura 58 – Escolha e aplicação de revestimentos (paredes).	146
Figura 59 – Posicionamento das esquadrias e leiaute com mobiliário	146
Figura 60 – Identificação falhas na representação do modelo simulado	148
Figura 61 – Planta impressa, modelo digital e protótipo físico tridimensional em escala reduzida.	150

Figura 62 – Imagens do vídeo percorrendo a habitação na altura do observador no protótipo físico	151
Figura 63 – Interação com os instrumentos de representação	151
Figura 64 – Simulação com protótipo físico tridimensional	153
Figura 65 – Revestimento de parede com informações.	157
Figura 66 – Detalhe da peça de revestimento de parede com informações no verso.	158
Figura 67 – informações dos itens de escolha	159
Figura 68 – Projeto 01 sem modificações.	162
Figura 69 – Modelo 01 de projeto para customização	163
Figura 70 – Modelo 01- alternativas de combinações do modelo	164
Figura 71 – Projeto 02 original. Plantas e perspectiva	165
Figura 72 – Modelo 02 - alternativas de combinações do modelo	166
Figura 73 – Projeto 03 original. Plantas e perspectivas	167
Figura 74 – Modelo 03 – alternativas de combinação do projeto.	168
Figura 75 – Modelo 04 do Projeto Zemch. Plantas e perspectivas	169
Figura 76 – Matriz de referência para simulação dos 04 modelos de projetos	172
Figura 77 – Módulos executados com possibilidade de rebatimento	173
Figura 78 – Estrutura de ligação de informações atrelada ao comprimento da parede paramétrica	181
Figura 79 – Planta do modelo 01 com nomenclatura das paredes internas e externas	182
Figura 80 – Planilha com dados sobre paredes	185
Figura 81 – Planilha com dados sobre os pisos	187
Figura 82 – Planilha com dados sobre os itens	188
Figura 83 – Sequência de montagem para o estudo-piloto	190
Figura 84 – Interface com o usuário	193
Figura 85 – Dinâmica de aplicação do modelo físico na customização	195
Figura 86 – Proposta de leiaute da sala (conforme espaço disponível)	197
Figura 87 – Mostruário do catálogo de revestimentos	198
Figura 88 – Mostruário do catálogo de portas e janelas	198
Figura 89 – Definição dos valores no simulador de financiamento	202
Figura 90 – Resultados do simulador da Caixa Econômica Federal	203
Figura 91 – Opcionais modulados em destaque na interface do usuário	206
Figura 92 – Participante posicionando os itens no modelo (mobiliário)	210
Figura 93 – Inversão sala e cozinha / área de serviço	211
Figura 94 – Escolha dos itens no menu	213
Figura 95 – Participantes posicionando os itens no modelo (esquadrias e revestimentos)	217
Figura 96 – Participante observando a planilha de interface com o usuário para decisão	222
Figura 97 – Habitação UP1	226
Figura 98 – Habitação UP2	226
Figura 99 – Habitação UP3	226
Figura 100 – Habitação UP4	227
Figura 101 – Habitação UP5	227
Figura 102 – Habitação UP6	227

Figura 103 – Habitação UP7	228
Figura 104 – Habitação UP8	228
Figura 105 – Habitação UP9	228

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Níveis genéricos de CM.....	22
Quadro 2 – Etapas para comunicação Cliente-Fabricante	24
Quadro 3 - Vantagens e desvantagens do uso do formulário.....	120
Quadro 4 – Métodos de avaliação de artefatos	124
Quadro 5 – Itens opcionais de customização a partir do autor, pesquisadores e APH1	135
Quadro 6 – Opções de revestimentos, pisos e esquadrias para customização.	135
Quadro 7 – Exequibilidade dos componentes	136
Quadro 8 – Equipamentos utilizados na pesquisa	137
Quadro 9 – Móveis, equipamentos e utensílios diversos para simulação	142
Quadro 10 – Leitores de códigos de barras e códigos bidimensionais utilizados na pesquisa	160
Quadro 11 – Módulos das peças para simulação para os quatro modelos de projetos	171
Quadro 12 – Itens opcionais para customização (esquadrias, banheiros, cozinha, revestimentos)	174
Quadro 13 – Peças de mobiliário para leiaute	177
Quadro 14 – Etapas da simulação com os participantes	204

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Resultado comparativo da avaliação dos instrumentos de representação pelos entrevistados.....	154
Gráfico 2 – Relação entre números de usuários participantes x percentual de erros encontrados.	200
Gráfico 3 – Idade dos participantes	208
Gráfico 4 – Nível de escolaridade	208
Gráfico 5 – Tempo dedicado para concluir a atividade de customização	209
Gráfico 6 – Quantidade de itens suficientes para escolha	212
Gráfico 7 – Quantidade de itens suficientes para escolha	214
Gráfico 8 – Qualidade de representação dos itens	216
Gráfico 9 – Nível de dificuldade/facilidade de utilização	218
Gráfico 10 – Atualização da planilha durante a customização	221
Gráfico 11 – Satisfação em relação à customização da casa	223
Gráfico 12 – Nota do modelo físico + planilha	223
Gráfico 13 – Gráfico de áreas das UHs customizadas.....	225

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Duas dimensões
3D	Três dimensões
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
APO	Avaliação Pós Ocupação
BARcodes	<i>Códigos de barras</i>
BIM	<i>Building Information Modeling</i> – Modelagem da informação da construção
CAD	<i>Computer Aided Design</i> – Projeto auxiliado por computador
CAM	<i>Computer Aided Manufacturing</i> – Manufatura auxiliada por computador
CM	Customização em massa
CNC	Controle Numérico Computadorizado
COHAB	Companhia de Habitação
DSR	<i>Design Science Research</i>
FDM	<i>Fused Deposition Modeling</i> – Modelagem por fusão e deposição
GM	General Motors
HIS	Habitação de interesse social
HP	<i>Hewlett-Packard Company</i>
JIT	<i>Just In Time</i>
MC	<i>Mass customization</i>
MCMV	Minha Casa Minha Vida
MFC	Modelo físico de customização
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
OPP	<i>Order Penetration Point</i>
PP	Projeto Participativo
PR	Prototipagem Rápida
QR codes	Códigos QR
RV	Realidade Virtual
STP	Sistema Toyota de Produção
TI	Tecnologia da Informação
UEL	Universidade Estadual de Londrina
ZEMCH Network	<i>Zero Energy Mass Custom Home Network</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 JUSTIFICATIVA E PROBLEMA DE PESQUISA.....	3
1.2 QUESTÕES DE PESQUISA.....	5
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA.....	6
1.4 PROPOSIÇÃO DE INOVAÇÃO	6
1.5 RESUMO DO MÉTODO	6
1.6 ESTRUTURA DA TESE.....	7
2 CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA	9
2.1 EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO EM MASSA PARA A CM	10
2.2 CONCEITO DE CM.....	14
2.3 DIFERENÇAS ENTRE PERSONALIZAÇÃO, CUSTOMIZAÇÃO E CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA	17
2.4 NÍVEIS DE CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA.....	18
2.4.1 Dificuldades da implantação da CM.....	22
2.4.2 Transferência de informações entre cliente e fabricantes.....	23
2.5 MODULARIDADE DO PRODUTO NA CM.....	25
2.6 CM NO CONTEXTO DA CONSTRUÇÃO E ARQUITETURA.....	28
2.6.1 A experiência japonesa em CM	31
2.7 PONTO DE ENVOLVIMENTO DO CLIENTE NA CM	33
2.8 SÍNTESE CONCLUSIVA	35
3 PROJETO PARTICIPATIVO E CO-DESIGN.....	37
3.1 CONCEITO DE PARTICIPAÇÃO.....	37
3.2 O PROJETO PARTICIPATIVO	41
3.3 NÍVEIS DE PARTICIPAÇÃO NO PP	43
3.4 CONCEITO DE CO-CREATION E CO-DESIGN.....	45
3.4.1 Co-creation	45

3.4.2	Co-design	46
3.4.3	Métodos, técnicas e ferramentas para PP, co-design e co-creation	48
3.4.4	Co-design no processo de Customização em massa	51
3.4.5	Toolkits de configuração para CM	54
3.5	SÍNTESE CONCLUSIVA	56
4	MODELOS E MAQUETES NA ARQUITETURA	57
4.1	EVOLUÇÃO DO USO DA MAQUETE E DO MODELO	57
4.2	O CONCEITO DE MODELO E MAQUETES FÍSICAS.....	61
4.3	OS MODELOS E AS MAQUETES COMO MENSAGEM NA APRESENTAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DA ARQUITETURA.....	64
4.4	O MODELO COMO COMO MÉTODO EXPLORATÓRIO DO PROJETO.....	66
4.5	AS MAQUETES DE ESPAÇOS INTERIORES	72
4.6	O MODELO COMO SIMULAÇÃO.....	76
4.7	O MODELO COMO PROTÓTIPO.....	82
4.8	MATERIALIZAÇÃO DIGITAL – O MODELO FÍSICO-DIGITAL.....	84
4.8.1	Métodos de Materialização Digital.	91
4.8.2	Softwares para modelagem e conversão automática de peças para prototipagem.....	102
4.9	O MODELO PARAMÉTRICO FÍSICO-DIGITAL.....	104
4.10	AS LIMITAÇÕES DOS MODELOS FÍSICOS.....	109
4.11	SÍNTESE CONCLUSIVA	111
5	MÉTODO DE PESQUISA.....	112
5.1	DESIGN SCIENCE RESEARCH.....	112
5.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA	114
5.2.1	Etapa 1: Identificação do problema e motivação	117
5.2.2	Etapa 2: Compreensão objetivando uma solução.....	117
5.2.3	Etapa 3: Design e desenvolvimento de uma solução (Artefato).....	117
5.2.4	Etapa 4: Testes e avaliações das soluções – Eficácia e utilidade do artefato	118

5.2.5	Etapa 5: Organização das contribuições teóricas e práticas.....	119
5.2.6	Etapa 6: Comunicação/publicação.....	119
5.3	INSTRUMENTOS DE PESQUISA	119
5.3.1	Formulário.....	120
5.3.2	Entrevistas	121
5.3.3	Simulação como estratégia de investigação	121
5.4	MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DOS ARTEFATOS	123
5.4.1	Avaliação do instrumento por simulação	125
5.4.2	Avaliação da usabilidade do artefato	125
6	DESENVOLVIMENTO DO MODELO FÍSICO para CUSTOMIZAÇÃO	127
6.1	MODELOS FÍSICOS NO PROCESSO PARTICIPATIVO E COLABORATIVO EM ARQUITETURA 127	
6.2	O PROTÓTIPO 01 – COMUNICAÇÃO E INTERATIVIDADE	132
6.2.1	Planejamento do protótipo	133
6.2.2	Definição de público-alvo e itens de customização da habitação	134
6.2.3	Definição da escala.....	136
6.2.4	Equipamentos utilizados	137
6.2.5	Características do modelo	137
6.2.6	Opções de móveis, utensílios, equipamentos, peças hidráulicas.	141
6.2.7	Avaliação 1 - Receptividade do artefato	143
6.2.8	Avaliação 2 - Comparação entre instrumentos de representação	148
6.2.9	Avaliação 3 – Especialistas	155
6.3	O PROTÓTIPO 02 – ATRIBUTOS PARAMÉTRICOS	156
6.3.1	Leitores de Bar code (Código de barras) e QR code (Códigos QR)	160
6.3.2	Modelos de projetos de HIS para customização.....	161
6.3.3	Definição dos módulos de paredes para os modelos de projetos.....	170
6.3.4	Itens de customização	173

6.3.5	Estrutura de funcionamento da planilha.....	179
6.3.6	Interface com o operador da planilha.....	183
6.3.7	Avaliação 4 - Especialistas	188
6.3.8	Avaliação 5 - Estudo-piloto	189
6.3.9	Interface com o usuário	192
6.4	PRÉ-TESTE DO FORMULÁRIO.....	194
6.5	DINÂMICA PARTICIPATIVA PARA CUSTOMIZAÇÃO DA HABITAÇÃO	194
7	AVALIAÇÃO FINAL DO ARTEFATO	199
7.1	SELEÇÃO DOS PARTICIPANTES	199
7.2	PREPARAÇÃO DOS PARTICIPANTES	201
7.3	SIMULAÇÃO COM O PROTÓTIPO.....	202
7.4	AVALIAÇÃO DA SIMULAÇÃO.....	206
7.4.1	As habitações customizadas na simulação.....	224
7.4.2	Discussão	229
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	231
8.1	LIMITAÇÕES E DIFICULDADES.....	233
8.2	TRABALHOS FUTUROS	234
8.3	CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA.....	235
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	238
	APÊNDICE A – Formulário utilizado na avaliação final	253
	APÊNDICE B – INTERFACE DO USUÁRIO - PLANILHA.....	256

1 INTRODUÇÃO

Esta tese tem origem na discussão sobre a falta de participação do usuário na definição da sua habitação, e seus reflexos, mais especificamente nos empreendimentos de Habitação de Interesse Social (HIS). A necessidade de agilidade, no processo de provisão, é um dos motivos que levam os empreendedores a utilizarem o sistema de produção em série de unidades habitacionais padronizadas, sem a inclusão dos usuários na definição da sua habitação, tendo muitas vezes, como resultado, necessidades objetivas não atendidas (SHIMBO, 2010). Os desdobramentos deste desatendimento são observados nas diversas ocorrências pós-entrega, tais como ampliações, adaptações, uso inadequado dos ambientes, custos adicionais, desperdício de materiais, geração de entulhos, entre outros, comprometendo, desta maneira, a qualidade da habitação (MARROQUIM; BARBIRATO, 2013).

O processo de produção em série, ainda que apresente para o fabricante ou construtor diversas vantagens como rapidez, eficiência e economia, acabam gerando produtos padronizados, que podem ser entendidos como um problema para os usuários, considerando as idiosincrasias das pessoas e suas necessidades diversificadas dos usuários de Habitação de Interesse Social (HIS). Diante deste cenário, pesquisadores têm debatido a Customização em Massa (CM) como uma ideia promissora para a solução deste problema (BECHTHOLD, 2013; FRUTOS; BORENSTEIN, 2003; NAIM; BARLOW, 2003; NOGUCHI; HERNÁNDEZ-VELASCO, 2005; DUARTE, 2007; MACHADO, 2007; TILLMANN, 2008; NOGUCHI, 2009; BENROS; DUARTE, 2009; ROCHA, 2011; PIROOZFAR, 2013; MENDES, 2014; CONCEIÇÃO, 2015; TAUBE, 2015).

A CM é uma estratégia de produção relacionada à ampla oferta de produtos e serviços personalizados, produzidos em grande escala, que atendam às necessidades específicas dos clientes, a custos semelhantes aos dos produtos padronizados produzidos em série (DAVIS, 1987; PINE II, 1993). A CM foi pronunciada nos anos 70, por Alvin Toffler (1970), em seguida definida conceitualmente, sob uma ótica visionária, nos anos 80, por Davis (1987), e posteriormente difundida, nos anos 90, a partir das definições de Pine II (1993), que a explica como uma síntese de dois sistemas aparentemente concorrentes: a produção em massa e a customização individual de bens e serviços. Desde a publicação de

Pine II (1993), a CM tem sido estudada, podendo ser recentemente viabilizada, em diversos setores, devido à convergência de avanços nos sistemas de comunicação, tecnologia da informação e flexibilidade nos sistemas de produção.

Um dos principais conceitos, intrínsecos à CM, é a necessidade da participação do cliente na configuração do seu produto, pois este deve ser projetado e construído para atender às especificações requisitadas inicialmente. Para que essa participação ocorra, é necessária a utilização de ferramentas que permitam aos clientes configurarem seus produtos, por meio de um processo participativo de projeto, podendo chegar ao *co-design*, a partir da possibilidade de escolha de determinadas opções, disponibilizadas pelo fabricante (PILLER et al., 2005; ULRICH; ANDERSON-CONNELL; WU, 2003).

As ferramentas que permitem o envolvimento do cliente neste processo de configuração recebem diversas denominações na literatura, tais como, *Toolkits* (caixa de ferramentas) de configuração, configuradores, *choice menu* - menu de opções ou menu de escolhas (FRANKE; PILLER, 2004), e funcionam como interface de visualização, compreensão e escolha, para as tomadas de decisões do cliente. No setor industrial já é muito comum encontrar *toolkits* de configuração de produtos sendo utilizados massivamente, geralmente baseados em ferramentas computadorizados, incluindo a Internet, oferecendo agilidade no tráfego de informações e interligação e integração com o sistema de produção da fábrica (FOGLIATTO; DA SILVEIRA; BORENSTEIN, 2012). Alguns configuradores *online* de produtos utilizando a Internet são bem conhecidos e utilizados há algum tempo, tendo como exemplos as fábricas de computadores, fábricas de móveis modulares, fabricante de tênis e vestuários e diversas empresas do setor automobilístico, que dispõem de ferramentas para a “montagem” customizada de automóveis.

Apesar da CM já estar presente em alguns setores, o processo de produção da habitação envolve fatores muito mais complexos que a produção de produtos e bens de consumo, tais como vestuários, computadores, *smartphones* e até mesmo automóveis (BECHTHOLD, 2013). E, nesse sentido, Linner e Bock (2012 apud ROCHA et al., 2013) ressaltam que a complexidade inerente aos edifícios os tornam produtos difíceis de serem configurados apenas por meio de dispositivos *on-line*, havendo necessidade da participação presencial de um profissional especialista em projetos, durante o processo de customização.

As empresas atuantes no setor da construção civil que utilizam, na prática, os princípios da CM, estão concentrados em indústrias japonesas de casas pré-fabricadas, como: Toyota Home, Sekisui House, Daiwa, Misawa Homes, entre outras (BARLOW, 2003; NOGUCHI, 2003; JOHNSON, 2007; KENDALL, 2013). Estas empresas têm como estratégia, realizar a customização da habitação do cliente a partir de um processo presencial com o acompanhamento de arquitetos e *designers*.

Algumas pesquisas voltadas para o contexto habitacional brasileiro, realizadas por Tillmann (2008), Rocha (2011), Conceição (2015) e Taube (2015), definiram modelos conceituais da CM, apontando-a como uma ideia promissora para o atendimento mais efetivo das necessidades do usuário, em empreendimentos de habitação de interesse social, pois seria possível prover com agilidade um grande volume de unidades habitacionais personalizadas. Outras pesquisas com características metodológico-operacionais são observadas nos trabalhos de Duarte (2007) e Mendes (2014), que propõem instrumentos aplicáveis, a partir da Gramática da forma, na obtenção de propostas projetuais diferenciadas e personalizadas. E, nesse sentido, abrem-se vários espaços para as investigações de mecanismos para a CM na produção de habitações. E permitir o envolvimento do usuário no processo de definição do projeto, certamente deve contribuir na legitimação de suas decisões, mas também demanda investigações sobre métodos e instrumentos que possam viabilizar esse procedimento participativo.

Em trabalhos precedentes, Imai (2007) e Celani (2009) demonstraram que o modelo físico em escala reduzida funcionou como interface didática, permitindo a participação e envolvimento de pessoas leigas em processos de projetos participativos. Tendo este argumento como ponto de partida, acredita-se que ao prosseguir com o desenvolvimento de modelos físicos com atributos específicos, os mesmos possam ser aplicados no processo de CM da habitação.

1.1 Justificativa e problema de pesquisa

Conforme demonstram estudos realizados anteriormente, as HIS construídas no Brasil frequentemente são modificadas pelos seus usuários após serem entregues, e essas ocorrências são por motivações diversas, quer sejam de caráter funcional, simbólico ou econômico (SZÜCS, 1998; IMAI, 2002; REIS; LAY,

2002; MARROQUIM; BARBIRATO, 2007). As alterações quase sempre envolvem ampliações, tendo em vista que, a maioria das habitações é construída com áreas mínimas, visando a redução de custos. Tais habitações são incompatíveis com as características culturais e necessidades individuais das populações envolvidas, o que acaba demonstrando a insuficiência de sintonia entre o projeto proposto e as necessidades dos usuários. Estas modificações, por sua vez, desencadeiam uma diversidade de problemas que impactam negativamente a funcionalidade, habitabilidade e qualidade destas moradias (CONCEIÇÃO, 2015; REIS, 1995).

As modificações das habitações são decorrentes, em boa parte delas, pela excessiva padronização dos projetos, embora sejam voltados às populações culturalmente diversificadas, sendo esta a razão principal de insatisfação dos moradores, conforme descreve Szücs (1998) (Figura 1). Na maioria das vezes os projetos partem de diretrizes e programas de necessidades pré-elaborados com foco no objeto (unidade habitacional) ao invés de focar-se no sujeito (usuário). E mesmo quando os usuários parecem ser considerados, são tratados como iguais, sendo que, na realidade, possuem diferentes exigências. A necessidade na consideração dessa diversidade na elaboração das unidades habitacionais, é demonstrada nos resultados de uma Avaliação Pós-ocupação (APO) de um empreendimento de HIS localizado na cidade de Londrina-PR, realizada em 2012, que identificou agrupamentos de moradores com características que diferem da tradicional família biparental, na qual se baseia a maioria dos programas habitacionais, para a elaboração de projetos para este público (CONCEIÇÃO, 2015).

Figura 1 – Foto de um típico empreendimento de HIS com unidades habitacionais padronizadas

Fonte: Site Olé Casas ¹ (2015)

¹ Residencial Chorozinho - CE. Disponível em: <http://www.olecasas.com.br/#!/price_list/cee5> Acesso em 15 set. 2015.

Neste contexto, a moradia apropriada, considerando as idiossincrasias dos indivíduos, só seria possível com a participação dos mesmos na definição da sua própria moradia, como uma forma de solucionar ou, ao menos, minimizar este problema. Entretanto, envolver os usuários nas tomadas de decisões durante o processo de projeto demanda o uso de mecanismos ou de instrumentos mais compreensíveis na definição da habitação para este público. Esta preocupação, como ponto crucial, é colocada por Malard et al. (2002), que descrevem que a obtenção da participação de um leigo num projeto constitui-se em oferecer meios para que este possa acessar os códigos de representação, para poder compreender o que está sendo proposto e contribuir com a sua proposição. Caso contrário, a participação se resumiria apenas em uma manipulação dos leigos para legitimar decisões dos arquitetos e demais técnicos envolvidos.

Desta maneira, o problema desta pesquisa consiste na necessidade de se obter instrumentos que funcionem como interfaces intuitivas e interativas na comunicação entre projetista e cliente/usuário, possibilitando a participação do mesmo no processo de customização de uma HIS.

1.2 Questões de pesquisa

Considerando o problema apresentado anteriormente, foram definidas as seguintes questões de pesquisa:

- O modelo físico pode colaborar para a participação do usuário na customização da habitação?
- Como deveria ser esse instrumento (interface) deve possuir para que funcione, na customização da habitação para permitir que o usuário compreenda melhor o projeto, de forma a facilitar suas escolhas e tomada de decisões sobre sua habitação?
- Quais os benefícios e as dificuldades, no uso dos modelos físicos tridimensionais?
- Como seria a dinâmica, utilizando-se o modelo tridimensional físico no processo participativo?

1.3 Objetivos da pesquisa

A presente pesquisa tem como objetivo principal desenvolver um processo participativo que possa apoiar os usuários nas decisões da customização da sua habitação, em projetos de HIS, por meio de modelos físicos parametrizáveis.

Para que o escopo geral fosse atingido, tomou-se como objetivos específicos:

1. Desenvolver instrumentos específicos, a partir de interfaces didáticas, para customização de habitações, utilizando modelos físicos em escala reduzida, com atributos paramétricos;
2. Integrar os modelos físicos com modelos digitais, para gerenciar custos das opções de parametrização;
3. Contribuir com a literatura sobre instrumentos customizadores em processo de Customização em Massa.

1.4 Proposição de inovação

A presente pesquisa tem como ponto de partida a identificação de um problema, para o qual se buscou uma solução por meio das seguintes proposições de inovação:

- a) Desenvolvimento de um artefato inovador, constituído de um modelo físico paramétrico, e sua contribuição para a literatura da Customização em Massa e Projeto Participativo;
- b) Contribuir com o conceito de projeto paramétrico auxiliado por modelos físicos parametrizáveis, em processos nos quais o físico está interligado ao digital.

A identificação do objeto proposto como um artefato inovador deve-se ao fato de não ter sido encontrado, na literatura, algum modelo com estas características e finalidades específicas.

1.5 Resumo do método

Considerando que a pesquisa possui um caráter prescritivo, identificou-se como estratégia mais adequada a *Design Science Research* (DSR). A DSR é uma

abordagem de pesquisa focada na proposição de algo novo no mundo, diferente das pesquisas em ciências naturais e sociais que, geralmente, possuem características descritivas e explicativas. E apesar de ser um método novo, já vem sendo aceito nas áreas de engenharia e arquitetura (FAZENDA, 2013). De acordo com Lacerda et al. (2013), na abordagem da **DSR** não **há uma hipótese** que se almeja confirmar, pois possui como escopo a produção de conhecimento que seja útil e aplicável para a solução de problemas relevantes do mundo real. E considerando que estes problemas requeiram resoluções práticas ou a criação de artefatos inovadores, contribuindo, ao final, com a teoria em questão.

No Capítulo 5, Método de Pesquisa, a abordagem da DSR é descrita com mais detalhes, assim como a forma de condução desta pesquisa.

1.6 Estrutura da tese

A presente tese é composta por 9 capítulos, sendo organizada da seguinte forma:

O **Capítulo 1** refere-se à introdução ao trabalho, e descreve o contexto da pesquisa, justificativa e objetivos da tese.

Os **Capítulos 2, 3 e 4** compõem a fundamentação teórica que serviu como base para melhor compreensão dos assuntos e para as etapas propositivas.

O **Capítulo 2** trata da Customização em massa e seus principais conceitos para a aplicabilidade no processo produtivo da habitação.

O **Capítulo 3** aborda a participação do usuário no processo de definição da sua moradia, e para isso são discutidos os conceitos de Projeto Participativo (PP) e o *Co-design*.

O **Capítulo 4** trata do modelo físico e o seu papel como instrumento de comunicação e desenvolvimento de projetos, em distintas fases da produção da arquitetura. Teve como finalidade dar suporte ao desenvolvimento do modelo proposto na pesquisa.

O **Capítulo 5** apresenta uma breve definição da *Design Science Research*, e descreve a abordagem e o método de pesquisa utilizado para se alcançar os objetivos da pesquisa.

O **Capítulo 6** descreve a idealização e o desenvolvimento do modelo funcional paramétrico para customização da habitação, relatando as fases e instrumentos utilizados. Também são apresentados resultados de dois estudos-piloto, realizados com a aplicação do protótipo, buscando verificar sua receptividade, seu potencial e suas limitações, assim como subsídios para seus ajustes e aprimoramento.

O **Capítulo 7** descreve a avaliação do artefato, realizado com participantes com perfil de usuários de HIS, por meio de simulações e aplicação de entrevistas e formulários. Neste capítulo também são analisados os dados coletados e discutidos os principais resultados.

Por fim, no **Capítulo 8**, nas considerações finais, são descritas as contribuições da pesquisa em relação ao artefato desenvolvido, e seu processo de aplicação na CM. Os resultados são relacionados com os objetivos iniciais, verificando-se se os mesmos foram alcançados, e apontando-se as limitações e sugestões para futuras pesquisas.

2 CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA

A produção artesanal foi o primeiro paradigma da indústria da transformação e por um longo período tido como a forma predominante de fabricação, sendo caracterizada pela sua personalização para o cliente, baixo volume de produção, extensa variedade e elevado custo. Conforme Hu (2013), neste princípio de produção não havia nenhum sistema de manufatura associado ao mesmo.

A partir do início do século XX, a produção em larga escala ou em massa, veio a ser o principal paradigma de produção, sendo caracterizada pela massificação do consumo. O sistema de produção em massa, baseado no taylorismo-fordismo, permitiu a redução nos custos de produção e tornou-se critério para competitividade nesse período, sendo este modelo de produção caracterizado pelo alto volume de produção e baixa variedade de produto.

O modelo de produção de Ford foi posteriormente melhorado por Sloan, que aplicado na General Motors, introduziu a diversificação de produtos nas linhas de montagem (WOMACK; JONES; ROOS, 2004). E este modelo de produção em massa perdurou até que nos anos 70 (século XX), despontou um sistema de gestão da produção, desenvolvida pela empresa japonesa Toyota, conhecida como “produção enxuta” ou produção em massa flexível. Este sistema conseguiu, não apenas grandes economias de investimento de capital, mas também rapidez na reprogramação de processos, produção em pequenos lotes, maior *mix* na diversidade de produtos e alta capacidade de produção (FABRÍCIO, 1996).

Já nos anos 80 (século XX), em um mercado altamente competitivo e segmentado, tendo como cenário a concorrência global e demandas do consumidor por alta variedade de produtos, surge a estratégia da Customização em Massa (CM). A CM está relacionada com a capacidade de fornecimento de produtos ou serviços em grande escala à custos razoavelmente baixos por meio de processos flexíveis. A CM pode ser vista como uma continuação natural dos processos produtivos que se tornam mais flexíveis e otimizados em matéria de qualidade e custos (DA SILVEIRA; BORENSTEIN; FOGLIATTO, 2001).

E apesar destes conceitos, geralmente tomarem como referência a indústria automobilística, continuam sendo aplicados em diversos segmentos

produtivos, seja integral ou parcialmente, tanto na fabricação de produtos quanto na prestação de serviços ².

Especificamente na construção civil, a aplicação destes paradigmas ocorre a partir de adaptações dos conceitos, pois este setor possui características próprias, representados principalmente pela dimensão do produto final, do local a ser implantado (o que torna singular cada edificação), a diversidade de envolvidos no processo produtivo e também as condições ambientais e climáticas que não são possíveis de serem controladas. Uma outra característica do setor é a cultura tradicionalista, que dificulta, muitas vezes, o avanço ou aplicação de novas técnicas ou modificação no processo produtivo já consolidado.

Os resultados da pesquisa de Fogliatto, Da Silveira e Borenstein (2012) demonstram que tanto a produção teórica, quanto às iniciativas de aplicação da CM na construção civil, vem crescendo nos últimos anos, principalmente na última década. Muitas vezes, a produção industrial do Japão neste setor é apresentada como modelo, ao considerar que além deste país possuir uma vasta experiência na produção de casas pré-fabricadas, também aplicam os princípios da CM desde os anos 70 (século XX). Outros países como o Canadá, Reino Unido e Estados Unidos têm ampliado as experiências na produção de habitações com conceitos de CM (NOGUCHI, 2003).

2.1 Evolução da produção em massa para a CM

No início do século XX, mais especificamente em 1913, Henry Ford colocou em prática as teorias de Taylor, e implantou a linha de montagem de automóveis em movimento, em Detroit, nos Estados Unidos. Esta inovação provocou um imenso impacto no sistema de produção vigente naquele período. Entretanto, Womack, Jones e Roos (2004) explicam que, apesar da linha de montagem em movimento contínuo ter sido uma importante inovação na fabricação de automóveis, a solução para o sucesso da produção em massa não reside exclusivamente neste ponto, mas na intercambiabilidade e na facilidade de ajustes das peças. A

² Alguns exemplos da diversificação na utilização desta abordagem podem ser conferidos nos produtos disponíveis de diversas empresas tais como: DELL (computadores), NIKE (Calçados), BMW, GM, Ford (Automóveis), Toyota Home, Sekisui House, Klabin Segall (Construção), Todeschini (móveis), Suvinil, Coral (Tinta e revestimentos imobiliários), etc.

intercambiabilidade foi obtida a partir da padronização, tanto insistida por Ford, e pelos encaixes de peças, bem como a simplificação de acessórios utilizados, permitiu a celeridade do processo de fabricação e redução nos custos do produto. Dessa forma, aplicadas conjuntamente, a intercambiabilidade, simplicidade e facilidade de ajuste, permitiu a Ford obter uma enorme vantagem competitiva em relação aos demais fabricantes.

A partir de então, o automóvel passou consequentemente a ser produzido de forma rápida a custos reduzidos, tornando-o acessível a uma ampla camada da população, incluindo os trabalhadores da própria Ford. O preço do Ford modelo “T” na época era 260 dólares, e os baixos custos de produção possibilitaram que os lucros fossem obtidos a partir da economia em escala (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

Assim sendo, a economia em escala, no paradigma de produção em massa, é obtida a partir da diluição dos custos de fabricação em grande quantidade de unidades padronizadas. Não havia uma variedade de produtos, e isso foi retratado por meio de uma famosa frase de Ford que externava a filosofia da empresa no período: “Quanto ao meu automóvel, as pessoas podem tê-lo em qualquer cor, desde que seja preta”, referindo-se ao famoso automóvel modelo “T”. Em contrapartida a produção em grande escala apresentava a falta de flexibilidade como principal desvantagem, devido à grande dificuldade de reconfiguração das máquinas e das plantas industriais em termos de custo e tempo, inviabilizando uma produção com variedade. A ideia de centralização proposta por Ford foi levada ao limite por meio da total verticalização da produção, que consistia em produzir todos os componentes dentro da mesma empresa e também concentrar o controle da empresa em uma pessoa do topo, no caso ele próprio. Essa centralização gerou sérios problemas organizacionais e quase levou a companhia à ruína na década de 30 (século XX) (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

No mesmo segmento da indústria automobilística, por volta de 1925, William Sloan, concebeu uma solução estratégica para a General Motors - GM, tentando resolver os problemas da companhia, inserindo uma oferta na variação de produtos. A princípio foram ofertados cinco modelos diferentes na tentativa de atingir diferentes segmentos do mercado. O modelo de Sloan, ao contrário do fordismo, era composto a partir de divisões descentralizadas e gerenciadas a partir do desempenho de cada setor, e entre as suas contribuições, destacam-se a revolução do marketing

e a gerência da indústria automobilística. Segundo Womack, Jones e Roos (2004), o modelo baseado em Ford e aperfeiçoado por Sloan é o que mais se acomoda na caracterização da produção em massa e teve seu apogeu em 1955, perdurando até os anos 70 (século XX), quando ampliaram-se os problemas de inflexibilidade e insatisfação no trabalho por parte dos operários. Somando-se à estas ocorrências, a adoção deste modelo por outras indústrias automobilísticas de todo o mundo, enfraqueceu a vantagem competitiva obtida inicialmente.

O conceito de flexibilidade, que se iniciou com a GM a partir de Sloan, foi mais intensivamente usado a partir da nova filosofia de produção proposta pela Toyota, uma outra empresa do setor automobilístico. As ideias que surgiram no Japão na década de 50 se destacaram nos anos 70 (século XX), mudando o paradigma de produção por meio da implementação do Sistema Toyota de Produção (STP). Este novo paradigma, denominado de produção enxuta, ou também “Toyotismo”, proporcionou uma série de benefícios e modificações para os sistemas de produção, tais como a eliminação dos estoques e outras perdas por meio da produção de lotes reduzidos, a redução do tempo de preparação das máquinas e equipamentos, uso de máquinas semiautomáticas, maior cooperação com os fornecedores de suprimentos, e outras técnicas (KOSKELA, 1992).

Segundo Koskela (1992), o ponto de partida da nova filosofia de produção foi o desenvolvimento orientado para a engenharia industrial iniciada por Ohno³ e Shingo⁴ nas fábricas da Toyota em 1950. A ideia motriz na abordagem era a redução ou eliminação de estoques. Esta por sua vez, induziu a outras técnicas tais como a redução do tamanho do lote, a reconfiguração de leiaute da produção, a cooperação com o fornecedor, a redução de tempo em configurações das máquinas e redução de perdas. Foi introduzida a estratégia de produção “puxada”, conhecida como Just In Time (JIT), na qual a produção é iniciada por demanda real e não em planos baseados em previsões. A redução de estoques, entretanto, pode ser vulnerável quando algum evento imprevisto ocorra, fazendo aqui uma referência ao terremoto que atingiu o Japão em março de 2011, onde muitas indústrias, incluindo a Toyota, ficaram sem abastecimento de peças por meses (LEITE, 2012).

³ Taiichi Ohno, considerado o principal engenheiro de produção da Toyota, foi um dos responsáveis pela criação do Sistema Toyota de Produção (STP) (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

⁴ Shigeo Shingo, foi consultor com foco na melhoria de gestão de fábrica, envolveu-se em algumas ações na Toyota otimizando tarefas como a troca de matrizes e a formalização do sistema de controle de qualidade KOSKELA (1992).

Segundo Womack, Jones e Roos (2004), a produção enxuta, comparada com produção em massa, tem uma redução considerável na utilização de quase tudo, pois usa metade da força humana na fábrica, metade do espaço necessário para produção, metade do investimento em ferramentas, metade do tempo para a engenharia desenvolver um produto e também a necessidade de se manter menos da metade do estoque no local. Resulta, conseqüentemente em uma quantidade muito menor de defeitos e maior produção e variedade de produtos.

A partir deste novo conceito, a flexibilização dos processos de produção pôde atingir níveis mais elevados, permitindo às empresas atenderem efetivamente as necessidades dos consumidores. Neste sentido, os procedimentos da Toyota não ficaram restritos ao seu sistema produtivo, mas também foi implementada uma estratégia de relacionamento com o cliente. Esta estratégia, conforme Womack, Jones e Roos (2004), estruturava-se na criação de relações e envolvimento dos revendedores e clientes, uma vez que eram os pedidos dos clientes que “puxavam” a produção. Dessa maneira a Toyota deixou de fabricar carros antecipadamente para clientes conhecidos e passou a fabricar apenas por encomenda e entregar os carros rapidamente em duas ou três semanas a partir do pedido gerado.

Em relação a flexibilidade dos processos de produção enxuta, Slack (1987⁵ apud TILLMANN, 2008) descreve a sua apresentação em quatro dimensões:

- 1) Flexibilidade de produtos: a capacidade de inserir novos produtos ou de modificar os existentes;
- 2) Flexibilidade de *mix*: a habilidade de variar o escopo de produtos que está sendo produzido dentro de certo período de tempo;
- 3) Flexibilidade de volume: a capacidade de modificar o volume de saída dos produtos; e
- 4) Flexibilidade de entrega: a habilidade de mudar datas de entrega previamente planejadas.

Contrapondo-se à economia de escala, os processos de produção mais flexíveis comportam a exploração da economia de escopo⁶, admitindo uma produção

⁵ SLACK, Nigel. The Flexibility of Manufacturing Systems. **International Journal of Operations and Production Management**, Bradford, v. 7, n.4. p. 35-45, 1987.

⁶ A economia de escopo é um conceito estudado pela ciência econômica e é baseado na possibilidade de uma mesma fábrica desenvolver mais de uma nova linha produtiva aproveitando a mesma estrutura de máquinas, prédios e pontos comerciais existentes. Tendo como exemplos os supermercados que além dos alimentos, passaram a comercializar eletrodomésticos e também os bancos que passaram a administrar e comercializar os

mais variada, flexível e fácil de ser renovada, mantendo os benefícios da economia de escala (SZWARCFITER; DALCOL, 1997 apud TILLMANN, 2008). A economia de escopo, segundo os autores, é um conceito antigo, utilizado desde o século XIX pela indústria de pigmentos, a qual conseguiu uma grande variedade de produtos a partir de um mesmo conjunto de matérias primas. Segundo Pine II (1993) a economia de escopo é obtida usando os componentes modulares mais de uma vez em diferentes produtos.

A partir dos anos 80 (século XX), em um mercado altamente competitivo e segmentado, num cenário de concorrência global e demandas do consumidor por alta variedade dos produtos, surge a estratégia da customização em massa (CM). A CM está relacionada com a capacidade fornecimento de produtos ou serviços em grande escala a custos razoavelmente baixos por meio de processos flexíveis. A CM é tida como uma continuação e evolução natural dos processos produtivos que se tornam mais flexíveis e otimizados em matéria de qualidade e custos (PINE II, 1993).

A evolução e o estabelecimento da CM como novo paradigma produtivo é resultante de quatro fatores: Mercados globais livres e dinâmicos; Fragmentação do mercado; Redução do ciclo-de-vida do produto; e o surgimento de novas tecnologias e métodos que imprimem flexibilidade aos sistemas de produção (RUOHONEN; RIIHIMAA; MÄKIPÄÄ, 2003).

2.2 Conceito de CM

A Customização em massa (CM) está relacionada com a capacidade de fornecimento de produtos ou serviços em grande escala a custos razoavelmente baixos por meio de processos flexíveis (DAVIS, 1987; PINE II, 1993). A CM também surge como uma alternativa para diferenciar as empresas num mercado altamente competitivo e segmentado (DA SILVEIRA; BORENSTEIN; FOGLIATTO, 2001).

A CM, enquanto capacidade tecnológica, foi antecipada em 1970 por Alvin Toffler em seu livro “Choque do Futuro”, que numa visão futurística, descreveu as oportunidades que as modernas tecnologias de manufatura flexíveis iriam

cartões de créditos (MACHADO, L. **Economia – “o outro lado da moeda”**. Publicação em maio, 2014. Blog pessoal. Disponível no endereço eletrônico: <<https://luisantonioicks.wordpress.com/2014/05/28/criatividade-e-economia-de-escopo/>>. Acesso em: 25 07 2015.)

proporcionar (PILLER; KUMAR, 2006). O conceito amplo e visionário da CM foi criado por Davis em seu livro *Future Perfect* de 1987, no qual se referia à essa estratégia quando um grande número de consumidores (como nos mercados em massa) recebe tratamento individualizado semelhante ao existente no mercado de produtos personalizados da economia pré-industrial. Por meio de uma abordagem visionária, Davis previa que a CM poderia oferecer aos clientes, e ainda de forma rentável para a empresa produtora, qualquer coisa, a qualquer momento, em qualquer forma e em qualquer lugar o que desejassem. Desde a publicação do seu livro, os avanços na fabricação, tecnologia da informação e métodos de gestão, permitiram que a CM se tornasse uma prática comercial nos dias atuais. Obviamente não exatamente da forma prevista, mas a partir da manutenção dos conceitos iniciais.

Segundo Weaver (2010), outro fato que contribuiu na difusão do conceito foi a publicação de Joseph Pine II em 1993, intitulada “Customização em massa: a nova fronteira da competição dos negócios” na qual Pine II (1993) descreve que as pessoas já não estariam dispostas a sacrificar as suas preferências por qualidade a baixos preços, mas estariam procurando produtos ou serviços exatamente conforme elas queriam e precisavam, e para isso estariam dispostas a pagar mais para obtê-los. Além disso, os avanços da fabricação assistida por computador permitem que as economias de escopo possam ser obtidas com um pequeno lote, e até mesmo os produtos individuais possam ser fornecidos de maneira rentável. A convergência destes avanços permitiu que os produtores pudessem customizar a baixo custo e os clientes a obter os benefícios de produtos customizados com preços relativamente baixos (KOTHA, 1996; PINE II, 1993).

Pine II (1993) definiu a CM como a capacidade de fornecer produtos ou serviços projetados individualmente para cada cliente por meio de processos ágeis, flexibilidade e integração. De acordo com este autor, apesar da CM parecer uma contradição, na verdade é uma síntese dos dois sistemas concorrentes de gestão, ou seja, a produção em massa de bens e serviços customizados individualmente. Na descrição de Da Silveira, Borenstein e Fogliatto (2001) e Yolovich (1993 apud BARDAKCI; WHITELOCK, 2003), a CM está associada a um sistema que utiliza tecnologia da informação, processos flexíveis e estruturas organizacionais para o fornecimento de uma grande variedade de produtos ou serviços, que correspondam às necessidades específicas de clientes individuais com um custo semelhante ao de itens produzidos em massa. A CM possui uma amplitude que envolve desde a escolha

realizada pelo cliente, seguidos pelos processos de desenvolvimento, produção, venda e entrega do produto ou serviço finalizado (KAY, 1993; JIAO et al., 1998; DA SILVEIRA; BORENSTEIN; FOGLIATTO, 2001). Neste sentido, Gardner (2009) também descreve que a CM deve ser tratada como uma estratégia de negócios em toda a empresa, numa abordagem holística, e não como uma série de desafios departamentais.

Na visão de Gardner (2009) a CM refere-se à fabricação de produtos altamente configurados com a eficiência de um produto produzido em massa e por vezes é mencionada como: *Build to order, assemble to order, configure to order, make to order, engineer to order*, onde o complemento “to order”, denota que a configuração dos produtos é elaborada a partir de um pedido real, ou seja, é o pedido que dirige a demanda, diferente dos produtos definidos baseados em previsões. Sobre este aspecto, Gardner (2009) ressalta que quando um item é produzido sob o paradigma da produção em massa, o produto é projetado antecipadamente sem a participação do cliente e, portanto, o mesmo não é produzido baseado em pedidos reais. Dessa forma, o cliente não tem a oportunidade de atuar na definição no produto final, a não ser escolher entre as opções disponibilizadas no mercado de varejo. Na CM as empresas podem oferecer produtos personalizados sob a ótica do paradigma de negócios “*engineer-to-order*”. Isto significa que as configurações de pedidos individuais exigem esforços significativos de engenharia para projetar e documentar o produto de modo que cada configuração solicitada possa ser produzida.

Em uma visão no contexto da arquitetura, Kieran e Timberlake (2004) descrevem que a CM é uma realidade recente emergida a partir do século XXI. É um híbrido, na qual propõe-se novos processos para a construção a partir da produção automatizada, com a capacidade de diferenciar cada artefato que será fabricado antes e depois. Com as ferramentas de controle de informações, é possível visualizar e gerenciar a fabricação *off-site* da arquitetura customizada em massa.

Conforme Da Silveira, Borenstein e Fogliatto (2001), a justificativa para o desenvolvimento de sistemas de CM baseia-se em três ideias principais:

- 1) Nova fabricação flexível e tecnologias de informação permitindo que os sistemas de produção ofereçam maior variedade a um custo menor.
- 2) Há uma crescente demanda para a variedade de produtos customizados.

- 3) O encurtamento dos ciclos de vida do produto que amplia a competição industrial e aumenta a necessidade de estratégias de produção, focada em clientes individuais.

2.3 Diferenças entre personalização, customização e customização em massa

É muito comum na literatura que conceitos como personalização, customização e customização em massa acabem se misturando, causando certa confusão à própria definição de CM. Esta preocupação levou a uma verificação sobre os significados destes termos buscando esclarecê-los.

No campo de negócios, uma definição apropriada sobre personalização é enunciada por Piller (2010) descrevendo que o ponto de partida para a customização em massa e personalização é fundamentalmente o mesmo, que é tornar as necessidades heterogêneas dos clientes em uma vantagem competitiva. Piller (2010) não diferencia a personalização, da customização de um produto ou serviço, colocando estes dois termos como objetivo final, mas atribui ao processo para implementação desta personalização ou customização, a denominação de customização em massa. Dentro desta ótica, a personalização ou customização são consideradas com uma meta e a customização em massa é o caminho ou uma estratégia para atingir este objetivo.

Sendo assim, a customização em massa significa criar processos e capacidades para alinhar uma organização com as necessidades de seus clientes no qual o resultante oferecido pode ser chamado de produto ou serviço "personalizado" a partir da perspectiva do cliente (PILLER, 2010; WEAVER, 2010). E o complemento "em massa" (grande quantidade; em série), é o que leva a entender a expressão "customização em massa" como um processo ou como estratégia, assim definida por Piller (2010).

Segundo YOLOVICH⁷ (1993 apud BARDAKCI; WHITELOCK, 2003), o que distingue a customização em massa a partir da simples customização ou personalização é a integração de sistemas de informação computadorizados com os sistemas de produção, tais como fabricação flexível, e o uso desses sistemas interligados para fornecer produtos exclusivos para cada cliente. Em outras palavras,

⁷ YOLOVICH, B. G. Mass-customization sparks sea change. Business Marketing, November, p. 43, 1993.

a customização em massa combina os melhores elementos de produção em massa e customização permitindo que as empresas atendam às necessidades dos clientes de forma mais precisa, mantendo a escala de economia. Uma das principais características distintivas da customização em massa é a sua capacidade de produzir produtos personalizados de forma rápida e barata (BARDAKCI; WHITELOCK, 2003). Neste sentido Gardner (2009) também acrescenta a distinção entre a CM e simples personalização, é que a CM implica na eficiência do ponto de vista de configuração, preços e encomenda em todo o caminho do processo de fabricação, no qual muitas vezes personalizadores perdem a eficiência no tempo de preparação para a produção de uma encomenda, enquanto que customizadores em massa não sofrem esta ineficiência.

Em seu livro *Personalizar a habitação em série*⁸, Duarte (2007) a expressão *Mass Customization* é traduzida para a língua portuguesa como Personalização em Série, e neste caso, personalização também é entendida como processo.

Considerando que a customização em massa não é uma personalização completa de um produto, mas uma customização do produto a partir das possibilidades ofertadas pela empresa, adotou-se neste trabalho a expressão Customização em massa como processo a partir da definição de Piller (2010) e a distinção entre customização e personalização estabelecida por Noguchi (2004), que descreve a customização como o processo que ocorre até a entrega do produto, enquanto que a personalização é a variação obtida pelo cliente após a entrega do produto.

2.4 Níveis de Customização em Massa

Em se tratando da determinação do nível de individualização, caracterizando produtos customizados em massa, não existe consenso na literatura. Os puristas atribuem o conceito de CM apenas aos produtos que contemplem todas as exigências feitas por clientes individuais, enquanto que os pragmáticos sugerem

⁸ Apesar do livro de Duarte ser publicado em 2007, o mesmo foi baseado em sua tese de doutoramento concluído em 2001 com o Título: *Customizing mass housing: a discursive grammar for Siza's Malagueira houses*.

que o nível de CM pode ocorrer simplesmente na entrega dos produtos, independentemente do número de opções oferecidas (DA SILVEIRA; BORENSTEIN; FOGLIATTO, 2001). Ao se basear em observações empíricas, Gilmore e Pine II (1997), identificaram, em suas pesquisas, quatro níveis de abordagem da customização, que podem ser utilizadas isoladamente ou em combinação entre elas (Figura 2).

Figura 2 -. Alternativas de CM segundo Gilmore e Pine II

Fonte: Gilmore e Pine II (1997)

- (a) **Colaborativa.** Promoção de um diálogo entre os *designers* e consumidores/clientes a fim de auxiliá-los a articular suas necessidades identificando opções precisas para a fabricação de produtos customizados que atendam suas necessidades e exigências. Esta abordagem é mais comumente empregada para o desenvolvimento de produtos cujas características ou complexidades técnicas dificultam que o consumidor articule suas necessidades mais facilmente. Exemplo: Máquinas misturadoras de tintas em lojas.
- (b) **Adaptativa.** As empresas oferecem produtos padronizados, mas customizáveis de modo que possam ser alterados pelos clientes durante o uso. Exemplo: Telefones celulares (Capas, sons de toques, cores de tela, etc.).

- (c) **Cosmética.** Apresentam produtos padronizados embalados ou apresentados especialmente para cada cliente. Exemplo: Embalagens, estampas de vestuário e objetos em geral, impressão.
- (d) **Transparente.** Oferecem aos clientes produtos e/ou serviços adaptados às necessidades individuais sem deixá-los saber explicitamente que foram customizados para eles.

Uma sequência de cinco estratégias de customização é proposta por Lampel e Mintzberg (1996) a partir da participação do cliente (Figura 3):

- 1) **Customização pura** (um produto é construído por encomenda, e é assumido que a customização começa no processo de criação do projeto. Ex.: O processo tradicional do projeto arquitetônico);
- 2) **Customização adaptada** (processos padronizados e materiais são utilizados para fornecer produtos customizados, ou seja, a customização acontece no estágio de fabricação. Ex: Setor de vestuário);
- 3) **Padronização customizada ou customização padronizada** (produtos customizados são feitos a partir de componentes padronizados e customizados no processo de montagem. Ex: Computadores da Dell);
- 4) **Padronização segmentada** (um conjunto de produtos é oferecido em resposta às necessidades de grupos distintos de clientes, mas não suficientes para cada cliente individualmente); e
- 5) **Pura padronização** (um produto padrão é fornecido, não sendo, portanto, customização).

Figura 3 - Cinco estratégias de CM segundo Lampel e Mintzberg

Fonte: Traduzido de Lampel e Mintzberg (1996, p. 24)

Uma outra classificação é descrita por Pine II (1993) indicando cinco estágios de produção modular:

- 1) **Customização de serviços** (os produtos padronizados são modificados pela divisão de marketing e entrega antes de chegarem os clientes),
- 2) **Customização embutida** (produtos padronizados podem ser adaptados pelos clientes durante o uso),
- 3) **Customização no ponto de entrega** (a customização pode ser elaborada no ponto de venda),
- 4) **Fornecimento de resposta rápida** (curto prazo para entrega de produtos), e
- 5) **Modularização dos componentes** (os componentes padronizados podem ser configurados em uma ampla variedade de produtos e serviços).

A combinação destes estágios leva a obtenção de produtos customizados que vão da pura personalização (os produtos são concebidos individualmente) à pura padronização.

Essa mesma estrutura é desenvolvida por Spira (1996 apud DA SILVEIRA; BORENSTEIN; FOGLIATTO, 2001), considerando quatro tipos de customização:

- 1) Embalagens customizadas,

- 2) Serviços customizados,
- 3) Trabalho adicional customizado, e
- 4) Montagem de módulos.

A combinação destes quadros genéricos leva até oito níveis de CM, que vão da pura personalização (concebidos individualmente os produtos) à pura padronização; estes níveis são apresentados na **Quadro 1**.

Quadro 1- Níveis genéricos de CM

	Gilmore and Pine (1997)	Lampel and Mintzberg (1996)	Pine (1993)	Spira (1996)
Níveis de CM	Abordagem da CM	Estratégias de CM	Estágios da CM	Tipos de customização
8. Design	Colaborativo; transparente	Customização pura		
7. Fabricação		Customização sob medida		
6. Montagem		Customização padrão	Modularidade	Montagem com componentes padronizados em configurações únicas
5. Trabalho customizado adicional			Customização no ponto de entrega	Realizando trabalhos customizados adicionais
4. Serviço adicional			Serviços customizados; fornecendo resposta rápida	Realizando serviços adicionais
3. Embalagem e distribuição	Cosmético	Padronização segmentada		Customizando embalagens
2. Adaptação no uso			Customização embutida	
1. Padronização		Pura padronização		

Fonte: Traduzido de Da Silveira, Borenstein e Fogliatto (2001).

2.4.1 Dificuldades da implantação da CM

Segundo Gardner (2009), Michael Dell, proprietário da empresa de computadores DELL, adotou a customização em massa por razões bem mais pragmáticas. Do seu humilde dormitório na faculdade, ele só podia criar produtos sob demanda, pois não dispunha na época de recursos (capital, espaço de trabalho, infraestrutura, etc.) para a manutenção de estoque de produtos acabados e colocá-lo em uma prateleira na esperança de que alguém viesse comprar o que já havia sido construído. Desse modo, foi forçado a adotar essa estratégia de negócios devido a restrições tangíveis, e não pelo reconhecimento de um maior potencial de negócio na estratégia da CM.

Esse exemplo demonstra que, a adoção da estratégia de CM por uma determinada empresa, não se inicia apenas por questões de aspiração ideológica, ou de fatores externos, mas depende principalmente da real necessidade de implementação desta estratégia. O caso da Dell é semelhante ao da Toyota, pois ambos criaram uma estratégia baseada na escassez de recursos: não se tratou de

um incremento ou aperfeiçoamento, mas uma necessidade para a sobrevivência ou da própria viabilização da empresa. Assim sendo, caso a empresa não consiga visualizar as vantagens da CM, os produtos continuarão sendo produzidos em massa, pois ainda continuam sendo lucrativos.

Estas constatações são tratadas por Gardner (2009) quando o mesmo observa que, ao contrário do que se acredita, a maioria das empresas que estão migrando para a CM não estão fazendo isso a partir do paradigma da produção em massa. As empresas que estão se movendo em direção da CM o fazem a partir dos paradigmas da produção artesanal ou *engineer-to-order*, uma vez que buscam maior eficiência. Atribui-se isso ao fato da maioria dos produtores em massa estarem fortemente enraizados no paradigma da produção em massa e, portanto, torna-se extremamente difícil essa transição. O envolvimento de outros setores além do produtivo, principalmente de distribuição e vendas, faz com que a implantação da CM não seja bem-sucedida. Neste contexto, Gardner (2009) exemplifica a Levi Strauss, que tentou personalizar suas calças jeans, mas percebeu que os consumidores queriam experimentar as calças fisicamente antes de comprá-las. Outro caso de insucesso é da empresa de computadores HP-Compaq que tentou oferecer computadores *built-to-order*, semelhante a Dell, cortando o varejo. Entretanto, após os varejistas se revoltarem a empresa recuou em sua decisão. Dessa forma, compreende-se que a CM não pode ser tratada de forma pontual, mas precisa ser analisada de forma sistêmica, para que toda a cadeia de envolvidos possa funcionar de forma colaborativa.

2.4.2 Transferência de informações entre cliente e fabricantes

A transmissão de informações de clientes para fabricantes é um recurso importante na CM. Em programas de CM, as demandas do cliente em relação a um determinado produto são capturadas e transmitidas para uma unidade de produção, onde um produto é fabricado para atender a essas solicitações. Os agentes de transferência de informação são o fabricante e seus clientes. O fabricante define até que ponto os clientes podem customizar seu pedido, enquanto que, os clientes alimentam com informações sobre suas escolhas de elementos de *design*. A interface entre o cliente e fabricante é definida exclusivamente para que a empresa possa desenvolver e implementar um programa de CM. (DA SILVEIRA; BORENSTEIN;

FOGLIATTO, 2001). Estes mesmos autores relacionam quatro passos para se estabelecer a comunicação entre cliente e fabricante conforme **Quadro 2** :

Quadro 2 – Etapas para comunicação Cliente-Fabricante

PASSOS	DESCRIÇÃO
<p>PASSO 1</p> <p>Definição de um catálogo de opções ofertadas aos clientes</p>	<p>O catálogo de opções oferecido aos clientes define o grau de customização de um produto. Produtos altamente customizados apresentam extenso catálogo de opções, com a maioria das suas características relevantes. No grau de customização média e baixa, os produtos customizados oferecem escolhas mais restritas aos clientes. A oferta de opções deve ser condizente com a capacidade tecnológica do fabricante.</p>
<p>PASSO 2</p> <p>Coleta e armazenagem de informações sobre as opções do cliente</p>	<p>Informações sobre as escolhas do cliente podem ser coletadas em uma loja por algum funcionário treinado orientando o cliente por meio do processo de decisão, ou ser obtidas usando uma interface de computador com o mínimo de interferência humana. Em outras situações, <i>designer</i> e cliente desenvolvem conjuntamente um projeto desde a concepção. Em ambos os casos, deve ser oferecido aos clientes um conjunto de fácil manuseio de opções para seleção e escolha.</p>
<p>PASSO 3</p> <p>Transferência de dados do varejo para o fabricante</p>	<p>Os pedidos são enviados da loja para o fabricante via Internet. Informações sobre as preferências do cliente são anotadas em um sistema de computador que gera uma identificação de produto, usado para rastrear o produto durante as fases de fabricação.</p>
<p>PASSO 4</p> <p>Interpretação das escolhas do cliente em características de <i>design</i> de produto e instruções de fabricação</p>	<p>Especificações de <i>design</i> dos produtos alimentam sistemas CAD e CAM e são convertidas em instruções de produção. O sucesso da implementação da CM é fortemente dependente da existência de um ambiente de fabricação computadorizada. Os sistemas de CAD e CAM são fundamentais durante a tentativa de implementação qualquer estratégia de CM. Isso é esperado uma vez que, em essência, a CM baseia-se na flexibilidade e capacidade de resposta rápida. Sistemas CAD permitem ao cliente decidir que alterações de <i>design</i> sejam implementadas e distribuídas em instruções de produção no seu devido tempo.</p>

Fonte: A partir de Da Silveira, Borenstein e Fogliatto (2001)

2.5 Modularidade do produto na CM

Segundo Pine II (1993), a criação de componentes modulares que possam ser configurados dentro uma larga variedade de produtos finais e serviços é o melhor método para atingir a CM. Economias de escala são obtidas por meio de componentes em vez de produtos, enquanto que a economias de escopo são obtidas pelo uso repetido de componentes modulares; e a customização é obtida por um grande número de produtos que podem ser configurados. Pine II (1993) ainda descreve a necessidade de modular as partes intercambiáveis de produtos e serviços.

Segundo DURAY et al. (2000) a modularidade também está relacionada como um meio para a produção repetitiva de componentes, permitindo que uma parte do produto seja feita em volume, como módulos padronizados e obtendo-se uma distinção do produto por meio da combinação ou modificação destes. Dessa forma, os módulos que serão usados nos produtos customizados, podem ser fabricados com técnicas de produção em massa. As peças ou módulos padronizados permitem que os produtos customizados em massa obtenham um baixo custo e qualidade consistente relacionado com a fabricação repetitiva. Dessa maneira, a modularidade pode ser vista como o aspecto decisivo para a obtenção de escala na CM.

Além do custo e qualidade, o *design* modular do produto é a melhor maneira para fornecer a variedade e velocidade, aliviando assim o aperto na capacidade de resposta de customização, que ocorre quando os clientes exigem maior variedade e os prazos de entrega são reduzidos simultaneamente. Uma abordagem modular pode reduzir a variedade de componentes, oferecendo uma maior variedade de produtos finais (MCCUTCHEON; RATURI; MEREDITH⁹, 1993 apud DURAY et al., 2000).

Neste mesmo sentido, Ulrich (1995) complementa que a modularidade além de ajudar a aumentar a variedade de produtos, pode também encurtar os prazos de entrega, e proporcionar economias no final. Pine II, Pepper e Rogers (1995) também afirmam que para ser bem-sucedido, customizadores em massa devem

⁹ MCCUTCHEON, D. M.; RATURI, A. S.; MEREDITH, J.R. The customization responsiveness squeeze. **Sloan Management Review** 35 vol. 2, pag. 89–99, 1994.

empregar uma estratégia de produção/entrega, que incorpora modularidade em componentes e processos.

Na essência, a literatura sugere que a modularidade pode facilitar o aumento do número de diversidade do produto disponibilizado e, ao mesmo tempo, diminuir seus custos. Portanto, a implementação bem-sucedida de customização em massa requer o uso eficaz de projetos modulares de produtos ou serviços.

E dependendo da organização do sistema modular, diferentes tipos de modularidade podem ser encontrados e desenvolvidos. Segundo Pine II (1993) a modularidade pode ser classificada em seis tipos diferentes conforme a sua forma: (1) modularidade por compartilhamento de componentes; (2) modularidade por permuta de componentes; (3) modularidade por ajuste de componentes; (4) modularidade por *mix*; (5) modularidade por *bus*; e (6) modularidade seccional (Figura 4).

Figura 4 - Tipos de modularidade -baseado em *Patterns of Industrial Automation*

Modularidade por compartilhamento de componentes
Um mesmo componente é usado no *design* de produtos. Produtos são unicamente projetados a partir de um único componente básico. Ex. Elevadores.

Modularidade por permuta de componentes
Habilidade de trocar componentes em produto padrão. Os módulos são selecionados a partir de uma lista de opções para serem adicionados a um produto base. Ex: Computadores pessoais (PCs)

Modularidade por ajuste de componentes
Altera as dimensões de um módulo para combinar com outros módulos. Usado quando produtos possuem dimensões únicas. Ex. Óculos.

Modularidade por *mix* (mistura)
Similar permuta de componentes, mas é distinto pelo fato que quando combinado, os módulos perdem suas identidades únicas. Ex. Tinta imobiliária tipo *mix*, alimentos.

Modularidade por BUS
Habilidade para adicionar diferentes tipos de componentes em uma base existente Ex. Chassi de automóvel, trilho de luminária.

Modularidade seccional
Similar a permuta de componentes, é o que proporciona o maior grau de customização. Caracteriza-se por possibilitar uma ampla variedade de configuração entre diferentes componentes. Ex. Lego.

Fonte: Albernathy e Utterback¹⁰ (1978 apud Pine II, 1993), arte do autor.

¹⁰ ALBERNATHY, W. J.; UTTERBACK, J. M. Patterns of Industrial Automation. **Technology Review** 80(7) 40-7, 1978.

Ao se relacionar os conceitos tratados anteriormente com o produto do setor da construção civil, neste caso as edificações, fica evidente que utilizar a modularização é uma condição essencial, principalmente ao considerar as características específicas desse produto em relação à grande dimensão, mobilidade e ser um produto único. E apesar destas particularidades, é possível ter partes do edifício ou conjuntos pré-montados e estocados.

2.6 CM no contexto da construção e arquitetura

Segundo Frutos e Borestein (2003), a indústria de construção civil tem por tradição seguir o paradigma da produção em massa adotado por outras indústrias. Os sistemas construtivos industrializados começaram em meados do século XIX nos Estados Unidos por meio da padronização de componentes de madeira. Esta iniciativa foi apoiada posteriormente por programas de construção de casas, no início do século XX. Na Europa (especialmente na França), na União Soviética e no Japão, vários programas de construção foram realizados por volta do ano de 1930 após a Segunda Guerra Mundial. Estes programas consistiam em sistemas construtivos que não permitiam qualquer tipo de variabilidade, e tiveram como objetivo principal, ajudar a reconstrução após as duas guerras mundiais. Durante a década de 1960, os governos da França e da Inglaterra foram pioneiros no desenvolvimento de sistemas flexíveis. A demanda reduzida e do declínio dos subsídios do setor público após as crises do petróleo estimulou o desenvolvimento de sistemas de construção com processos de produção mais flexíveis, a fim de atender a uma demanda heterogênea (MANDOLESI, 1987¹¹ apud FRUTOS; BORESTEIN, 2003).

No setor específico da habitação, conforme observa Duarte (2007), os projetos de habitações em série têm sido um tema importante na arquitetura, e uma parte considerável da produção arquitetônica do século XX esteve empenhado em dar soluções para este problema. Três diferentes abordagens são identificadas por Duarte (2007):

A **primeira** ocorrida durante a primeira metade do século, quando os projetistas tentaram solucionar o problema introduzindo na arquitetura, os processos

¹¹ MANDOLESI, E. **Edificación**. Ediciones CEAC, Barcelona, Spain, 1987.

de **produção em massa** seguindo o modelo fordista, baseados na linha de montagem, que embora tenha sido desenvolvida para a indústria automobilística, acabou se instalando como modelo em quase todos os seguimentos industriais.

A **segunda** ocorrida nos EUA nos anos 60 (século XX), a partir do paradigma para produção de habitações em série denominado de "**kit-of-parts**"¹². Este sistema era constituído de uma arquitetura aberta, exigindo uma elevada coordenação para integrar componentes fabricados por distintos fornecedores. Neste sistema construtivo, todos os subsistemas eram pré-fabricados, depois transportados ao canteiro de obras em partes separadas, e finalmente montados no local da obra. No entanto, dificuldades de comunicação não permitiram garantir uma perfeita intercambiabilidade de componentes.

A **terceira**, ainda em curso, é derivada da revolução informática que permitiu uma transformação em direção à **personalização**¹³ **em série**. Neste novo modelo industrial, a linha de montagem pode produzir inúmeras variações do mesmo produto. Dessa forma, há uma tendência da fabricação de produtos padronizados evoluir para produção de produtos personalizados, semelhante ao que já ocorre nas indústrias têxtil e de informática. Duarte (2007) complementa enfatizando que a indústria da construção tem demorado em adotar este último modelo, embora tivesse surgido desde os anos 90 (século XX).

Em relação ao atraso na adoção de novas tecnologias, Bechthold (2013), explica que, embora o campo da construção civil não acompanhe a velocidade e desenvolvimento da indústria de manufatura, é possível perceber que a demanda para uma maior variedade de produtos aumentou nas últimas décadas, sejam eles de arquitetura, de consumo ou produtos industriais. Produtos e componentes de arquitetura podem ser criados em uma grande variedade de formas, dependendo da quantidade necessária, da escala, dos materiais e dos requisitos de desempenho, bem como dos conceitos de *design* subjacentes. Entre as duas abordagens extremas, caracterizada pela elaboração individual de um único artefato, e a produção em massa de produtos, existem outros processos que permitem um certo grau de customização na produção de quantidades intermediárias de produtos.

¹² Conjunto articulado de partes de um sistema construtivo projetado conforme normas prévias, associado à industrialização e pré-fabricação de componentes construtivos. (PORTER, 2004 apud JORGE, 2012).

¹³ O conceito de **mass customization** é traduzido por Duarte (2007) como **personalização em série**. Duarte é arquiteto em Portugal.

Bechthold (2013) continua ainda descrevendo que, seguramente há diferenças óbvias entre edifícios e produtos de consumo, considerando diversos fatores como: a função, a dimensão, o número de unidades produzidas, as tecnologias inerentes, a complexidade, os métodos de construção ou fabricação do produto e produção, organização do projeto e da equipe de produção, entre outros. A maioria dos edifícios são projetados com exclusividade e são relativamente mais complexos se comparados com produtos de consumo como telefones, computadores, vestuário, etc. Contudo, esta típica complexidade inerente aos edifícios pode ser solucionada em grande parte com elementos padronizados e produtos que, com pequenas modificações, podem ajustar-se às condições específicas do projeto.

Em relação às diferenças significativas entre produtos de consumo e edifícios, Bechthold (2013) salienta que as elas estão relacionadas com a questão da escala, pois os produtos de consumo geralmente são pré-fabricados, enquanto que edifícios tipicamente se constituem de uma combinação de produtos e componentes pré-fabricados, produtos parcialmente customizados e elementos construídos no local da obra.

A indústria da construção civil tem uma cultura tradicionalista com origens muito remotas, e também pela sua particularidade não possui um nível de industrialização como outros setores como as indústrias automotivas ou de produtos de consumo. Estas características poderiam dificultar a implementação da CM na construção civil, pois apesar de novas tecnologias disponíveis, a maioria dos edifícios ainda são construídos de forma tradicional e dependente de métodos com base na habilidade artesanal dos operários. Neste sentido, Piroozfar (2013) também explica que a indústria da construção é menos receptiva às novas ideias e conceitos emergentes do que as indústrias correlatas, portanto, mais lenta para aceitar a mudança, evoluir e melhorar.

Entretanto, a necessidade de aprender com outros setores industriais já foi reconhecida há muito tempo, conforme ressaltam Kieran e Timberlake (2004), fazendo uma analogia entre as indústrias aeroespacial, naval e automobilística com a indústria da construção civil. Nitidamente são observadas discrepâncias na comparação entre estas indústrias, e desta forma, estes autores discutem que a indústria da construção civil possa utilizar estes exemplos na construção de edifícios, ao considerarem que as tecnologias mais avançadas utilizadas atualmente para se construir edifícios são análogas à fabricação de automóveis de cem anos atrás. Kieran

e Timberlake (2004), exemplificam a possibilidade de se construir edifícios, tomando como exemplo a fabricação de grandes objetos, tais como os aviões e navios. Estes objetos tomam partido da modularidade do produto, ou seja, as partes podem ser construídas em sistemas *off-site* e posteriormente montados no local de instalação permanente.

No Brasil a aplicação prática dos conceitos da CM, no setor da construção civil, ainda se mostra incipiente. Conforme Machado (2007), após uma pesquisa em edifícios verticais para habitação, constatou que a experiência da customização neste tipo de imóvel é restrita a customização do leiaute da planta (planta flexível a partir de modelos pré-elaborados), forros de gesso e acabamento que envolve piso, metais, louça, ferragens e pintura, assim como a inclusão de diversos equipamentos como: box, armários, ar-condicionado, aquecedor, luminárias, cortinas, etc.

2.6.1 A experiência japonesa em CM

A indústria japonesa de fabricação de casas tem uma larga experiência no mercado, e muitas vezes, é tomada como exemplo para se compreender melhor os fatores que levam ao sucesso da CM. Entretanto, conforme coloca Noguchi (2003), nem sempre foi assim, pois diferente dos dias atuais, durante as décadas de 60 e 70 (século XX), devido a técnicas simples de produção em massa, o povo japonês havia associado as casas pré-fabricadas com produtos de baixa qualidade.

Noguchi (2003) continua descrevendo que, atualmente, os fabricantes tendem a produzir casas de qualidade, aderindo aos padrões mais elevados do que os exigidos pela regulamentação da construção comum, e suas estratégias de marketing são mais integradas com procedimentos de projeto e produção. Fabricantes de habitação japoneses já não orientam os seus produtos para atender a demanda de casas a preços acessíveis, mas sim atender a demandas de casas de qualidade com valor agregado.

Apesar da redução drástica dos custos de produção, a tendência de hoje entre os fabricantes japoneses de habitação é competir para melhorar a qualidade de seus produtos, em vez de reduzir o preço de venda. A maioria dos fabricantes de habitação no Japão aplicam a abordagem de produção de casas pré-fabricadas "orientadas para a qualidade", melhorando assim a qualidade da habitação, em resposta às diversas demandas do mercado de habitação. A abordagem da produção

orientada para a qualidade pode ser observada não só na qualidade do produto (ou seja, a melhoria do desempenho da habitação em termos de resistência estrutural, durabilidade e conforto), mas também na qualidade do projeto obtidas pela customização (NOGUCHI, 2003).

Na visão dos consumidores de hoje, os mesmos não estão mais satisfeitos com os produtos monótonos, embora sejam confiáveis o suficiente em termos de qualidade. Os produtos têm de ser capazes de responder às necessidades individuais, principalmente quando eles são relativamente dispendiosos, como a habitação por exemplo. A fim de melhorar a qualidade do projeto de habitação industrializada, os fabricantes de habitação japoneses têm aplicado a abordagem da CM (NOGUCHI; FRIEDMAN, 2002¹⁴ apud NOGUCHI 2003). A prática desta abordagem é possibilitada pela combinação de componentes de habitação produzidos em massa, diferente dos modelos de habitação inteiramente padronizados, o que permite que os compradores customizem suas casas segundo às suas demandas individuais de habitação. Ao perceber a economia de escala, a produção em massa de componentes da habitação pode ajudar a reduzir os custos de produção, enquanto a combinação de componentes padronizados também pode ampliar o nível de customização de *design* para atender às diversas demandas do mercado atual.

Em geral, as opções para a customização do *design* incluem componentes de *design* de interiores e exteriores, bem como o arranjo espacial que afeta a área total de uma habitação (NOGUCHI; FRIEDMAN, 2002 apud NOGUCHI, 2003).

Uma descrição interessante é relatada por Kotler (1997 apud BRANDÃO, 2002) ilustrando a prática de encomenda de casas no Japão a partir da customização em massa:

Quando um casal está pronto para comprar sua casa, vai a um showroom, senta-se com um vendedor diante de uma tela de computador com recursos de CAD/CAM e projeta diretamente a casa que deseja. Suponhamos que os dois queiram uma sala de estar de 4,5 por 5,5 metros. O computador mostrará um retângulo em escala e o casal poderá ir colocando as janelas aqui, as portas ali e acrescentando quaisquer outros detalhes personalizados que quiser. Neste ponto os compradores reclamam do preço final de 10 milhões

¹⁴ NOGUCHI, M.; FRIEDMAN, A. Mass custom design system model for the delivery of quality homes – learning from Japan's prefabricated housing industry, In: **Proceedings** from the CIB W060–096 Syllabus Joint Conference, Measurement and Management of Architectural Value in Performance-Based Building (Eds, ANG, G. and PRINS, M.), Hong Kong, 6–10 May 2002, CIB, Rotterdam, pp. 229–243, 2002.

de ienes uma vez que suas possibilidades eram 8 milhões]. O computador reduz o tamanho da casa em determinado percentual. O casal tem agora uma sala de estar de 4,2 por 5,2 e o preço cai para 8 milhões de ienes. [...] de fato, no dia marcado, quatro caminhões chegam ao local de construção carregando paredes, tetos e pisos que são então montados pelos pedreiros. Pode ser construção em massa, mas também é construção personalizada. (KOTLER, 1997 apud BRANDÃO, 2002 p.74)

O volume de produção de casas pré-fabricadas no Japão é significativo. Um dado divulgado pelo JPA¹⁵ (2012 apud NOGUCHI, 2013), demonstra que de um total de 813.126 casas recém-construídas em 2010, 126.671 unidades, ou 15,6 % eram pré-fabricadas. A maioria das casas pré-fabricadas atualmente no Japão são construídas a partir da customização em massa em resposta às necessidades, desejos e expectativas individuais dos compradores (NOGUCHI, 2003 apud NOGUCHI, 2013). E a padronização e/ou a modularização de componentes habitacionais é uma das abordagens que tornam sucesso a CM aplicadas à indústria de construção civil japonês.

2.7 Ponto de envolvimento do cliente na CM

A CM tem como premissa a satisfação do cliente e, portanto, o mesmo necessita fazer parte do processo de definição das características do seu produto em algum momento. Neste sentido, Gardner (2009) destaca que o foco da CM é o envolvimento do cliente no processo tornando-o a força motriz por trás de cada configuração de pedido. Dessa forma, os produtos podem ser adquiridos de acordo com as especificações de requisitos detalhados de cada cliente. E para que isso ocorra, Duray et al. (2000) orienta que as empresas customizadoras em massa devem encontrar um meio para a inclusão de especificações de cada cliente na concepção do produto. Caso os clientes estejam envolvidos nas fases iniciais do projeto do ciclo de produção, um produto pode ser altamente customizado. Contudo, se as preferências dos clientes forem incluídas, apenas na fase de montagem final, o grau de customização será baixo. Sendo assim, o ponto de envolvimento do cliente fornece um indicador prático do relativo grau de customização de produtos, ou seja, os

¹⁵ JPA - Japan Prefabricated Construction and Supplies Manufacturers Association

produtos com um envolvimento precoce do cliente são relativamente mais customizados do que aqueles com envolvimento posterior.

Na visão de Bechthold (2013) uma forma de obter a variedade e ainda lucrar com a produção em massa é deixar o usuário final customizar o produto padrão. Esta abordagem existe tanto para produtos de consumo quanto para produtos arquitetônicos, sendo que o produto de consumo normalmente é montado e configurado por um leigo, enquanto o produto arquitetônico é montado, configurado e instalado por um especialista. Na arquitetura a configuração pelo usuário permite a construção de edifícios únicos com elementos de baixo custo produzidos em massa.

Segundo Olhager (2003), no processo de desenvolvimento do produto, o momento em que o pedido do cliente é associado ao produto, é chamado de Ponto de Envolvimento do Cliente (*Order Penetration Point – OPP*), pode receber outros nomes também como Ponto de Desacoplamento do Pedido do Cliente (*Customer Order Decoupling Point - CODP*). Este marco serve como uma das formas de medir o nível de customização de um produto, e caracteriza o ponto no processo de produção, no qual o consumidor exerce sua influência direta, ou seja, quando o cliente pode entrar com as especificações individualizadas que serão consideradas na produção.

Neste ponto, a customização dos produtos deve ser separada do processo primário de manufatura das matérias-primas. Essa separação possibilita que o processo primário seja feito de forma convencional (produção em massa), com o foco na produtividade e nos baixos custos (economia de escala), resultando em produtos padronizados; enquanto que as atividades finais se concentram na customização (diferenciação) e entrega dos produtos (MELO; EULALIA; BREMMER, 2000¹⁶ apud ARAUJO FILHO e GOMES, 2010).

A posição do *OPP* na cadeia de produção possibilita determinar o nível de customização de um produto. Segundo Olhager (2003), quanto mais próximo a *OPP* estiver do início da cadeia, é possível obter-se produtos com nível maior de customização, em contrapartida, um tempo maior será necessário para a sua produção. Assim também ocorre inversamente, quanto mais próximo do final, menor o grau de customização e menor tempo para a produção.

¹⁶ MELO, H. L.; EULALIA, L. A. S.; BREMER, C. F. Postponement: uma prática de supply chain management para possibilitar a customização em massa. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 7, 2000. *Anais...* Bauru: UNESP, 2000.

O Ponto de Envolvimento do Cliente por sua vez será somente possível a partir da geração de um pedido contendo as especificações individualizadas do cliente. Neste sentido, outro conceito importante para o sucesso da CM está no processo de *Co-design*, no qual clientes ou usuários são integrados no processo de concepção ou produção. Na realidade o *Co-design* é uma estratégia que se mostra promissora para empresas que estão sendo forçadas a reagir à crescente demanda pela individualização, incluindo neste caso, a indústria da construção (PILLER et al., 2005).

Apesar do conceito de *Co-design* ser intrínseco à abordagem da CM, outro conceito precedente que trata do envolvimento do usuário, já faz parte do domínio da arquitetura que é o **projeto participativo**. Como estes conceitos se assemelham o tema sobre *co-design* tratado no processo de Customização em Massa será tratado no item 3.4 Conceito de *co-creation* e *co-design*.

2.8 Síntese conclusiva

A CM aponta a sua aplicação a partir de processos de fabricação industrializados ou pré-fabricação, portanto, no processo produtivo da construção civil tradicional no Brasil, feito de modo artesanal, não é possível aplicar os conceitos de customização em massa. Neste sentido, a presente pesquisa adota como referência o sistema construtivo em *wood frame* que apresenta características de mais avançadas de industrialização. Esta escolha também se baseia na condição do presente pesquisador participar no Grupo ZEMCH-Brazil, o qual tem desenvolvido pesquisas tendo adotado o sistema em *wood frame* como referência.

A modularidade é um importante ponto a ser considerado pois permite a pré-fabricação de componentes em recintos industriais, como os sistemas em painéis ou de partes inteiras de ambientes de uma habitação, devendo ser previsto e viabilizado o transporte até o local de montagem final da edificação.

É possível também identificar a necessidade de desenvolvimento de interfaces eficientes de configuração de habitação, tendo considerado que a utilização de interfaces *on-line* para a configuração de edificações pode não ser a estratégia mais adequada, conforme apresentam Linner e Bock (2012 apud ROCHA et al. 2013). E neste caso para a configuração de uma habitação na CM, arquitetos e *designers*

devem ser envolvidos no processo, para orientar e assegurar uma confiabilidade maior ao usuário e equilibrar uma presumível falta de habilidade técnica dos clientes.

A interatividade deve se constituir em um meio que favoreça a participação e possa guiar os clientes ou usuários em um processo de identificação mais precisa de suas necessidades e vontades.

3 PROJETO PARTICIPATIVO E CO-DESIGN

A arquitetura não é simplesmente uma arte, mais ou menos bem executada: é uma manifestação social. Se quisermos saber porque algumas coisas são o que são em nossa arquitetura, é necessário que olhemos para o povo, pois os edifícios no seu conjunto são uma imagem do povo como um todo, embora especificamente eles sejam a imagem individual daqueles aos quais, constituindo uma classe, o público delegou e proporcionou poderes para construir. Isto posto, o estudo crítico da arquitetura nada mais é, na realidade, que o estudo das condições sociais que a produzem.

Louis Sullivan

3.1 Conceito de participação

Na visão de Pateman (1970 apud TILL, 2005), a participação de um modo geral, pode ser classificada em três tipos: a **pseudo**, **parcial** e **plena**. A pseudoparticipação envolve técnicas utilizadas para persuadir as pessoas a aceitar decisões que já foram adotadas. Embora a sua análise se baseie na participação no local de trabalho, pode ser igualmente relevante para o campo da arquitetura, especialmente quando ela descreve a pseudoparticipação como a criação de um sentimento de participação. A participação parcial é quando não há igualdade de poder na forma como é feita a decisão, dessa forma o poder final para decidir se apoia em apenas um grupo (PATEMAN, 1970¹⁷ apud TILL, 2005).

Neste caso, Till (2005) descreve que a participação plena seria a ideal, mas impossível de ser obtida em arquitetura, pois depende de cada uma das partes possuir conhecimento necessário e que haja canais transparentes de comunicação. Entretanto, na arquitetura, o conhecimento especializado do arquiteto e o conhecimento tácito do usuário participante permanecem em níveis diferentes, e os meios de comunicação estão comprometidos por códigos, convenções e autoridade. Enquanto a participação parcial reconhece esse diferencial no poder, ainda supõe que o poder final reside com a pessoa com mais conhecimento, neste caso, o arquiteto.

Esta pode ser uma análise realista da participação arquitetônica, mas é um modelo que tem como objetivo da participação a capacitação do especialista e não do usuário cidadão. Colocado isso, Till (2005) ressalta a necessidade de uma outra forma de participação, que seja realista o suficiente para reconhecer os desequilíbrios

¹⁷ PATEMAN, C. **Participation and Democratic Theory**. London, Cambridge Press, 1970.

de poder e conhecimento, mas que, ao mesmo tempo opere com essa desigualdade de conhecimentos e expectativas de forma transformadora para o futuro dos participantes.

Em relação à participação do usuário no processo de planejamento, o mesmo pode ocorrer em diversos níveis, assim como com diferentes objetivos. Em relação aos níveis, podem variar desde o **indireto** de caráter informativo, por meio de fóruns públicos, passando pelo nível **consultivo**, com utilização de questionários e entrevistas, e o nível **decisório** em que o usuário tem poder sobre as tomadas de decisão. E quanto aos objetivos, estes se voltam para a participação do usuário em processos de projeto, execução e/ou manutenção do ambiente construído (BRUNA et al., 2004).

Segundo Wulz (1986), dentro ainda do contexto da arquitetura, a participação pode ser **passiva** ou **ativa**. Esta divisão em apenas dois lados extremos resulta em polos opostos, tendo de um lado o especialista autônomo (arquiteto) e do outro lado o cliente autônomo. O conceito de arquitetura especialista autônoma indica valores e ideias subjetivas oriundas do próprio arquiteto. E neste caso, as decisões de planejamento e projeto são exercidas pelo próprio arquiteto, rejeitando as exposições de outras opiniões, ou seja, prevalece a imagem do arquiteto “artista”. A outra extremidade da escala, a arquitetura do cliente autônomo, o arquiteto é quase eliminado do processo de planejamento, projeto e construção. E nesta última definição o cliente, empresário, arquiteto e usuário estão incorporados em uma só pessoa, que decide suas próprias normas de acordo com a melhor conveniência de forma e tempo.

Os dois modos extremos de arquitetura, não são comumente encontrados atualmente em suas condições puras, mas podem servir para ilustrar mais simplificadaamente os dois lados opostos no processo de *design* arquitetônico. No mundo prático da construção, os dois extremos são obrigados a chegar a um acordo comum. A questão que interessa é quem toma as decisões cruciais relacionadas ao planejamento e projeto do ambiente arquitetônico. A diferença entre a influência do arquiteto e do cliente indica uma escala recíproca no qual o aumento da influência do arquiteto acarreta na diminuição do domínio do cliente.

A partir desta escala, Wulz (1986) define as formas de participação do cliente/usuário no contexto europeu:

- **representação** – É a forma mais passiva de participação na qual o arquiteto, a partir do seu próprio conhecimento pessoal, é intérprete dos desejos, ambições, sonhos, necessidades e autoestima individuais dos clientes.

- **questionário** – Considerado ainda uma forma de participação passiva, foi criado a figura do **usuário anônimo**, moldado a partir de resultados de abordagem científica, mais especificamente a aplicação de questionários. Houve também uma separação do cliente e do usuário final, uma vez que se objetivou a produção em massa da habitação, muitas vezes, financiados pelo administrador público. O arquiteto passou a projetar os produtos arquitetônicos a partir de um modelo objetivado coletivamente. A técnica do questionário envolvia a estruturação das necessidades e generalização de desejos.

- **regionalismo** – A reação contra a uniformidade das residências na década de 1960, com aparências arquitetônicas semelhantes, independentemente de suas condições geográficas e culturais, resultou na demanda de distinguir arquitetonicamente as áreas residenciais, colocando-as em um contexto histórico. O regionalismo cuida especificamente do patrimônio cultural em uma área geográfica limitada, e é baseado em um inventário das preferências da população local, considerando a expressão arquitetônica, símbolos, formas e comportamento ambiental.

- **diálogo** – Esta forma de participação é mais frequente com base em conversas informais entre o arquiteto e os residentes locais. A participação baseia-se em dois sentidos de comunicação: Por um lado o arquiteto informando a sua proposta em uma fase inicial do processo projetual, e por outro, a obtenção de comentários e pontos de vista dos residentes locais em relação à proposta. Entretanto, a participação finaliza neste ponto e o arquiteto reserva para si o direito de tomar as decisões finais.

- **alternativa** – Esta forma de participação avança um pouco em relação às anteriores quanto ao envolvimento do usuário no processo de *design*. É oferecida aos moradores locais a escolha entre diversas alternativas. Existe uma preocupação para que arquiteto apresente com muito cuidado a arquitetura proposta ao usuário leigo, pois, plantas, mapas, imagens e até mesmo modelos arquitetônicos são abstrações de uma realidade que até então existem apenas na cabeça do arquiteto. A forma e os meios utilizados na visualização da proposta arquitetônica são fundamentais para permitir a participação do usuário. A escolha de projetos pode ocorrer de forma individual, no caso de unidades habitacionais, ou também em outra

situação quando a escolha afeta um grande número de pessoas, a participação pode ocorrer por votação.

- **co-decisão** – Abrange a participação decisória em situação de equilíbrio, envolvendo a participação da população desde o início do processo de *design* visando a participação direta e ativa dos usuários. Alguns obstáculos devem ser considerados e superados nesta modalidade de participação:

- a) A participação direta pressupõe que as pessoas envolvidas são reconhecidas como indivíduos;
- b) Que estes indivíduos estejam interessados e motivados para participação;
- c) Que estes indivíduos dispõem de tempo para serem envolvidos em todas as fases do projeto;
- d) Que os custos adicionais pelo eventual acréscimo de tempo para o planejamento serão assumidos pelos futuros moradores.

Se estas condições não existirem, corre-se o risco da participação ativa retornar para a condição de passividade.

- **auto-decisão** – Na situação de auto-decisão a influência do arquiteto não é extinta, mas bem reduzida. Neste caso as pessoas são vistas como entidades criativas e como indivíduos independentes das formas de intervenção autoritária. Expressa o conceito de que as pessoas têm uma necessidade fundamental e desejo de expressar sua própria individualidade e singularidade como seres humanos. A **autoconstrução** é um exemplo dessa forma de participação.

Figura 5 – Formas de envolvimento do usuário no processo participativo

Fonte: Autor. Preparado a partir de Wulz (1986).

3.2 O projeto participativo

O Projeto Participativo (PP) é definido por Sanoff (1991¹⁸ apud BRUNA et al, 2004) como um **método** que busca resolver aspectos sociais e econômicos, além dos aspectos físicos do ambiente construído. Este método é caracterizado principalmente pelo envolvimento do usuário como elemento chave no processo de projeto ou planejamento, de modo a transformar tanto o ambiente construído, como as pessoas que o habitam.

Em um contexto mais recente, Sanoff (2007) define PP como uma prática para a modificação de geração e gestão de ambientes para as pessoas, e estes esforços o torna um movimento que tem ultrapassado fronteiras tradicionais, tanto profissionais, quanto culturais. Suas origens estão arraigadas nos ideais de uma democracia participativa, na qual o processo de decisão coletiva é altamente descentralizado em todos os setores da sociedade, de forma que, todos os indivíduos aprendam habilidades participativas e possam colaborar ativamente de diversas maneiras na tomada de todas as decisões que os afetem.

¹⁸ SANOFF, H. **Visual Research Methods in Design**. New York, Van Nostrand Reinhold, 1991.

O conceito de projeto participativo surgiu a partir dos anos 60 (século XX), mas a dificuldade da sua aplicação se deve principalmente a obstáculos de cunho operacional, pois promover a participação de indivíduos no processo decisório, requer a abdicação da autoridade decisória de determinadas pessoas, assim como também, o uso de ferramentas que permitam ou propiciem a participação de indivíduos leigos (Wulz, 1986).

Conforme descrito por Barone e Dobry (2004), o arquiteto Giancarlo de Carlo, que fez parte do Team 10 nas décadas de 1960 e 1970, foi um dos precursores na reflexão sobre a importância da “Arquitetura Participativa”, ou projeto participativo e na criação de métodos de trabalho que envolviam a participação do usuário no processo de elaboração de projetos. Suas propostas e a maneira de desenvolver projetos foram passos importantes na definição de procedimentos de trabalho para o projeto participativo. Segundo Madrazo (2011) o processo participativo de De Carlo era consistido de três fases: 1) definição do problema ou descoberta das necessidades dos habitantes; 2) formulação de uma hipótese ou o desenvolvimento de uma proposta de *design* e; 3) análise da utilização ou a avaliação dos resultados.

Dentro da discussão de colaboração, outros autores como Abras, Maloney-Krichmar e Preece (2004) distinguem o PP a partir da ativa participação dos usuários finais de um produto ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento de projeto. Os usuários cooperam efetivamente por expressarem suas expectativas e necessidades e pela colaboração nas tomadas de decisão durante todo o processo de projeto. O envolvimento dos usuários no PP durante o processo de desenvolvimento de produtos, particularmente os tornam *co-designers*, não no sentido de co-autoria, mas de colaboratividade.

E diferente do modelo de projeto tradicional, no qual os dados são passados a um especialista por meio de um programa de necessidades ou relatório e este por fim apresenta uma solução para o problema inicial, no modelo de PP não há desvalorização do especialista (arquiteto ou projetista), mas propõe-se uma cooperação entre os projetistas e usuários, distribuindo responsabilidades com o objetivo de obter o sucesso do projeto (CUPERSCHMID, 2014).

Segundo Madrazo (2011) os processos participativos são práticas de reflexão, nas quais arquitetos e habitantes buscam chegar a um consenso. Os arquitetos contribuem com o seu conhecimento sobre o ambiente construído, e os habitantes colaboram com as suas experiências pessoais de viver em lugares

diferentes. Um processo participativo é, portanto, um processo pedagógico que não se destina a transformar habitantes em *designers*, mas propõe que arquitetos adquiram conhecimento e compreendam as exigências e expectativas desses habitantes, tornando-os parte integrante da equipe de *design*. Os processos participativos podem ser baseados no diálogo (troca de informações e negociação), na observação (dos padrões de comportamento das pessoas em espaços vivos) ou ambos, e usar meios gráficos de representação para facilitar a comunicação entre arquitetos, habitantes e demais técnicos.

3.3 Níveis de participação no PP

A prática arquitetônica tradicional normalmente desvaloriza a experiência dos usuários e nega seu envolvimento na tomada de decisões. Neste sentido, Sanoff (1991) descreve que, muitas vezes, profissionais de *design* e o público não compartilham os mesmos valores estéticos. Apesar de Sanoff (1991) se referir especificamente a valores estéticos neste texto, sabe-se que estes valores são extensíveis às questões técnicas do projeto.

No processo projetual tradicional, o cliente, quando usuário final, participa do projeto no momento do fornecimento de informações para a elaboração de um programa de necessidades e posteriormente participa na aprovação das propostas apresentadas a ele pelo arquiteto. No processo participativo, os arquitetos não desenvolvem o programa de necessidades a partir de uma única entrevista, mas as decisões são tomadas ao longo do processo de desenvolvimento do projeto, de acordo com a demanda. Neste processo, o usuário tem um papel ativo durante a elaboração do projeto, não se resumindo a apenas fornecer informações para o programa de necessidades (MATOS, 2010).

A partir do axioma, "Arquitetura é para ser usada por pessoas", Wulz (1986) reflete sobre a necessidade do arquiteto estudar a humanidade e sua condição de vida, mas esclarece que, a maneira de como este estudo será realizado é uma questão particular. Esta expressão garante o interesse pelas necessidades dos clientes/usuários e desse modo, todos os arquitetos integram, ou deveriam integrar, alguma forma de participação do usuário em seu processo projetual.

Uma pré-condição indiscutível para a participação é que, tanto decisões, quanto os produtos arquitetônicos, podem ser influenciadas e alterados pelo usuário. Isto pressupõe que, o participante em si, possui um certo conhecimento e compreensão de princípios de qualidade arquitetônica. Este é um conhecimento que, em parte, existe no início da participação e coexiste durante e após a participação. Desse modo, estabelece-se que a participação não é só uma mera ação, mas trata-se de um processo aberto influenciado por tomadas de decisões. É um processo aberto no sentido de que, conhecimentos existentes são acrescentados e novos conhecimentos também são adquiridos (WULZ, 1986).

A participação dos usuários no processo de planejamento e projeto do ambiente construído, segundo Malard et al. (2002) é puramente uma questão metodológica operacional. Uma das dificuldades apresentadas, está relacionada com a compreensão dos códigos de representação, por parte dos leigos¹⁹, podendo estes serem os futuros usuários da habitação. Estes códigos constituídos por plantas, corte e fachadas, requerem conhecimento específico para a sua leitura. Malard et al. (2002) consideram que as visualizações em perspectiva e os modelos reduzidos (maquetes), embora sejam mais acessíveis ao entendimento do leigo, apresentam também muitas dificuldades para sua compreensão. A perspectiva reduz a possibilidade de visualização e entendimento de determinados ângulos e a maquete, apesar de incutir melhor a ideia do objeto, traz o problema de escala, gerando certas ilusões. Sob este argumento, o que estes autores observam é que permitir a participação de um leigo num projeto constitui-se em oferecer meios para que este possa acessar os códigos de representação compreendendo o que está sendo proposto e assim contribuir com a sua proposição. Caso contrário, a participação se resumiria apenas em uma manipulação para legitimar decisões dos arquitetos e demais técnicos envolvidos.

Dessa forma, é imprescindível proporcionar aos usuários um diálogo no qual se utilize uma linguagem inteligível e comum a todos, pois segundo Sommer (1979), de nada adianta solicitar às pessoas, ao se referir aos usuários) sugestões sobre questões que não foram compreendidas. A interação entre projetista e cliente também é tratada por Kowaltowski et al. (2006), orientando para que a discussão entre projetista e cliente/usuários seja mais direta, evitando-se interpretações erradas.

¹⁹ O leigo citado por Malard et al. (2002) está relacionado à pessoa que não tem o conhecimento específico dos códigos de representação gráfica arquitetônica, entretanto, dentro do contexto do PP, é tido como uma das peças mais importantes no processo decisório.

Neste sentido, Jenkins, Pereira e Townsend (2010), observam também que, quando os arquitetos realizam um exercício participativo, precisam preocupar-se com o fato de que os usuários podem não entender as linguagens especializadas utilizadas por eles (técnico, estético, espaciais, etc.), tornando, assim, o exercício limitado.

3.4 Conceito de *co-creation* e *co-design*

Segundo Sanders e Stappers (2008), nos últimos 60 anos os *designers* têm se aproximado cada vez mais dos futuros usuários, para os quais estão projetando, buscando abordagens para definir produtos baseados nas necessidades das pessoas. Os primeiros avanços consolidados são observados na indústria e educação que praticam o *user-centered design*, ou *design* centrado no usuário, em uma visão especialista em que pesquisadores treinados observam e/ou entrevistam os usuários basicamente passivos, cuja contribuição é executar tarefas instruídas sobre os conceitos de produtos gerados por outros.

No cenário de projeto participativo, tem crescido as noções de *co-creation* e *co-design*. Estes termos atualmente são confundidos e/ou tratados como sinônimos um do outro. Entretanto, as opiniões sobre quem deve ser envolvido nas atividades coletivas de criatividade, quando, e em qual função, variam consideravelmente (SANDERS; STAPPERS, 2008).

Sanders e Simons (2009) definem *co-creation* como qualquer ação de criatividade coletiva de forma mais ampla, ou seja, a criatividade compartilhada por duas ou mais pessoas, enquanto o *co-design* é tido como a criatividade coletiva aplicada ao longo de todo um processo de *design*, sendo, portanto, uma instância específica de *co-creation*.

3.4.1 Co-creation

A co-criação envolve a colaboração na qual a intenção é criar algo que não é conhecido antecipadamente. O conceito de *co-design* está diretamente relacionado à co-criação sendo uma instância específica desta última. Atualmente a co-criação ocorre em diversas partes tais como: em comunidades empresariais e organizações, assim como entre empresas e seus parceiros de negócios e também entre as empresas e clientes, consumidores, usuários e usuários finais. O princípio do

conceito de co-criação é acreditar que, todas as pessoas são criativas e buscam exteriorizar a criatividade em suas vidas (SANDERS; STAPPERS, 2008).

3.4.2 Co-design

O *co-design* é definido como a criatividade dos *designers* e pessoas não treinadas em *design* trabalhando em conjunto no processo de desenvolvimento do projeto. O *co-design* pode ser praticado em etapas iniciais, como geração de ideias, e também nos principais momentos de tomada de decisão ao longo do processo de desenvolvimento do projeto (SANDERS; STAPPERS, 2008).

Os motivos para que tenha levado tanto tempo para que os princípios do projeto participativo ou *co-design* fossem colocados em prática estão relacionados à estrutura de poder existente, em que o *co-design* pode ameaçar uma cadeia de hierarquia e autoridade, exigindo que o controle seja renunciado e dado a potenciais clientes, consumidores ou usuários finais. No caso específico da arquitetura, muitos projetistas adotam posições impositivas se fazendo entender que apenas eles detêm o conhecimento técnico do projeto e ao cliente reste apenas o dever de aprovar ou não a solução apresentada para determinado programa de necessidades.

O *co-design* requer iniciativa criativa por parte de toda a equipe: pesquisadores, *designers*, clientes ou usuários finais que irão beneficiar-se desta experiência. A modificação do design centrado no usuário para o *co-design* tem gerado impacto sobre os papéis dos participantes no processo de *design*. Considerando as funções de usuário, pesquisador e *designer*, no clássico processo de *design* centrado no usuário, o usuário é um objeto passivo de estudo, e o pesquisador traz o conhecimento de teorias e desenvolve mais conhecimento por meio de observações e entrevistas. O *designer* então passivamente recebe este conhecimento na forma de um relatório e adiciona uma compreensão da tecnologia e o pensamento criativo necessários para gerar ideias e conceitos. No *co-design*, por outro lado, os papéis se misturam: o usuário é colocado como “expert” de sua experiência e desempenha um papel importante nas fases de desenvolvimento de conhecimento, geração de ideias e desenvolvimento de conceito (Figura 6). Na geração de ideias, o pesquisador dá suporte ao usuário, fornecendo ferramentas para a ideação e expressão. O *designer* colabora na idealização de ferramentas porque suas habilidades são muito importantes no desenvolvimento destas para o pesquisador. O *designer* e pesquisador podem, em algumas situações ser a mesma

pessoa. O *designer* também desempenha um papel decisivo em dar forma às ideias (SANDERS; STAPPERS, 2008).

Figura 6 – Papéis dos usuários, pesquisadores e designers no processo de *design* no método clássico (à esquerda) e no processo de *co-designing* (à direita)

Fonte: Traduzido e rediagramado a partir de Sanders e Stappers (2008)

Assim como os *co-designers*, os praticantes de PP também concordam que, no processo participativo, cada participante é um especialista no domínio daquilo que faz, cuja voz precisa ser ouvida, e que as ideias de *design* surgem da colaboração com participantes de origens diversas. Dessa forma, os praticantes de PP preferem passar o tempo com os usuários em seu ambiente, ao invés de analisá-los em laboratórios. Os profissionais de PP compartilham a posição de que a participação do grupo na tomada de decisões é mais óbvia e não se trata meramente da obtenção de um acordo. É sobretudo uma questão de como envolver as pessoas de forma significativa e proposital na modificação do seu ambiente diário (SANOFF, 2007).

Segundo Sanders e Simons (2009), para que o *co-design* possa resultar em uma transformação social, existe uma série de pré-requisitos para apoio da sua prática os quais são relacionados a seguir:

- A confiança de que todas as pessoas são criativas e que participarão de um processo criativo caso estejam motivadas e sejam fornecidas ferramentas adequadas para esta atividade;
- A diversidade é um fator-chave: se todos os participantes forem do mesmo contexto, possuirão perspectivas e opiniões semelhantes, o resultado poderá ser limitado e até mesmo previsível;

- A definição de problemas comuns entre os interessados, não solucionando apenas os problemas individuais, são os condutores na etapa do “*fuzzy front end*”²⁰ do processo de *design* (Figura 7);
- É necessário um diálogo contínuo, em conjunto com oficinas, que envolvam uma ampla gama de partes interessadas;
- São necessárias a exploração e a utilização de ferramentas de *design*, materiais e métodos que colocam todos os participantes em um patamar comum;
- Há um foco em experiências, e não apenas sobre os produtos e serviços;
- Há um foco sobre a totalidade de uma experiência, não apenas uma ocorrência ou único ponto de contato.

Figura 7 – Situação do “*fuzzy front end*” no processo de co-design

Fonte: Sanders e Stappers (2008, p. 6)

3.4.3 Métodos, técnicas e ferramentas para PP, co-design e co-creation

Ao definir a participação como um processo pedagógico, no qual algum conhecimento possa ser produzido, torna-se necessário pensar nas duas dimensões essenciais para que ocorra a participação, sendo uma delas o instrumento e a outra o método.

Neste sentido, disponibilizar meios para que os usuários participem do processo de projeto tem sido uma preocupação de Sanders e Stappers (2008). Os

²⁰ O termo “*fuzzy front end*” foi cunhado por Don Reinertsen em 1985 e na descrição de Sanders e Stappers (2008) está relacionada com uma fase inicial de um projeto ou de processo (pré-*design*), e muitas vezes, não é possível saber se o resultado do processo de *design* será um produto, um serviço, uma interface, ou outra coisa. Geralmente as pesquisas nesta etapa servem para definir tanto os problemas fundamentais quanto as oportunidades e posteriormente determinar o que é para ser (ou não), projetado e fabricado.

mesmos descrevem que os usuários podem tornar-se parte da equipe de *design* como “perito de suas experiências”, mas para que tenham condições de assumir este papel, devem ser disponibilizadas ferramentas adequadas para se expressarem. Segundo Sanders e Stappers (2008), nos últimos anos, grupos de pesquisas de diversas instituições acadêmicas e institutos industriais têm explorado ferramentas e técnicas para o *co-designing*. Dentre as ferramentas, na Figura 8 é exemplificado um conjunto de ferramentas tridimensionais para prototipagem de geração de ideias (generativa) utilizadas no processo de *co-design* junto com enfermeiras objetivando projetar um futuro quarto ideal para um paciente.

Figura 8 – Enfermeiras em processo de co-design projetando um quarto ideal para paciente usando um conjunto de ferramentas tridimensionais para prototipagem

Fonte: Sanders²¹ (2006 apud SANDERS e STAPPERS, 2008)

O pesquisador que possui um papel de intérprete entre os usuários e o *designer* no processo tradicional de projeto, passa a assumir um papel de facilitador no processo de *co-design*. Reconhecendo a existência de diferentes níveis de criatividade, é necessário também aprender a oferecer experiências relevantes para facilitar as expressões das pessoas em todos os níveis de criatividade. Na Figura 9, é possível perceber que alguns instrumentos são elaborados com a intenção de criar uma atmosfera para motivar a iniciação da participação das pessoas, e são

²¹ SANDERS, E. B. N. **Nurse and patient participatory workshops for the NBBJ project**. Inpatient tower expansion for H. Lee Moffitt Cancer Center and Research Institute. Tampa, FL, USA, 2006.

constituídos de peças que se aproximam do imaginário das pessoas. Estes instrumentos denominados de *toolkits* por Sanders (2006 apud SANDERS; STAPPERS, 2008) possuem o atributo de levar o participante a colocar-se nos ambientes em situações de simulação em uma condição de “imersão”.

Figura 9 – *Toolkits* tridimensionais para o processo de co-design

Fonte: Sanders²² (2006 apud SANDERS; STAPPERS, 2008)

Na visão de Abras, Maloney-Krichmar e Preece (2004), no Projeto participativo os usuários estão envolvidos no desenvolvimento dos produtos e na sua essência eles são *co-designers*. E como geralmente surgem as diferenças culturais entre os usuários e *designers*, muitas vezes, os usuários não conseguem entender a linguagem dos *designers*. É recomendado, nestes casos, que a equipe utilize protótipos que facilitem a compreensão pelos usuários, tais como modelos físicos (baseado em representação tridimensional) ou até mesmo esboços em papel

²² SANDERS, E. **Nurse and patient participatory workshops for the NBBJ project**. Inpatient tower expansion for H. Lee Moffitt Cancer Center and Research Institute. Tampa, FL, USA, 2006.

representando um determinado produto (EHN; KYNG²³, 1991 apud ABRAS; MALONEY-KRICHMAR; PREECE, 2004).

Segundo Sanders e Simons (2009) a co-criação disponibiliza ferramentas de comunicação e criatividade nas mãos das pessoas que se beneficiarão diretamente dos resultados. As ferramentas disponibilizadas para a co-criação podem apoiar o processo de *design*, estimulando o interesse e provocando diálogo e ação entre os participantes.

Em relação aos métodos que propiciem a participação do usuário, uma observação que se ajusta a esta abordagem foi feita por Jones, Petrescu e Till (2005), ao descreverem que **para o projeto participativo não existe um padrão ou fórmulas regradadas**, é necessário que se apliquem multi-fórmulas e meios de propiciar a participação dos envolvidos. Uma vez que determinar uma técnica normativa, seria como voltar a enxergar o usuário mais uma vez como padrão para ser submetido a métodos comuns. Há, portanto, de admitir que a existência de vários usuários, diferentes desejos e contextos diversos, levam à exigência de múltiplas formas de participação.

3.4.4 Co-design no processo de Customização em massa

Relacionado o processo de *co-design* especificamente na instância do processo de Customização em massa, King²⁴ (1989 apud ULRICH; ANDERSON-CONNELL; WU, 2003) explica que termo "*co-design*" tem conotações diferentes em ambientes diferentes. Arquitetos e *designers* de *softwares* e sistemas usam o termo para transmitir a noção de *design* colaborativo no qual uma combinação de projeto cooperativo e colaborativo da comunidade ocorre com os parceiros adquiridos durante o período de concepção do projeto. No desenvolvimento de *hardware* e *software*, *co-design* dá uma noção de estratégia que envolve várias disciplinas no desenvolvimento bem-sucedido de produtos. Engenheiros de fatores humanos e especialistas trabalham com usuários finais para garantir que os sistemas e *softwares* desenvolvidos para uma aplicação específica sejam mais fáceis de usar e efetivamente projetados para o uso final.

²³ EHN, P.; KYNG, M. Cardboard computers: Mocking-it-up or hands-on the future. In: J. Grenbaum & M. Kyng (Eds.), **Design at work**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1991.

²⁴ KING, S. **Co-Design: a Process of Design Participation**. Van Nostrand Reinhold, New York, NY, 1989.

Na descrição de Ulrich, Anderson-Connell e Wu (2003) *co-design* na área de vestuário, transmite uma relação de colaboração (pessoal ou *online*) entre o consumidor e um indivíduo treinado para manipular imagens geradas em *Computer Aided Design* (CAD) e servir como um consultor durante a concepção de uma peça de roupa dos consumidores.

Ao considerar a CM, Gilmore e Pine II (1997) identificaram a estratégia de *customização colaborativa*, na qual a empresa e o cliente trabalham juntos para identificar e satisfazer as necessidades do cliente, por meio de um sistema que permita uma fácil articulação mais acurada dos desejos. Da mesma forma, Udwadia e Kumar (1991 apud ULRICH; ANDERSON-CONNELL; WU, 2003) imaginaram os clientes e as empresas como co-desenvolvedores de produtos destinados ao uso de cada cliente. O co-desenvolvimento surge quando um cliente tem apenas uma vaga noção daquilo que quer, e a tecnologia de computador permite a simulação de projetos de produtos. Estes autores ainda prosseguem complementando que, sem envolvimento profundo do usuário, um sistema não seria capaz de atender adequadamente cada demanda do produto individualizado. A tecnologia de informática, especialmente a capacidade de simular diversos protótipos, permitiria a colaboratividade.

Conforme Von Hippel (1998²⁵ apud PILLER et al., 2005), o *co-design* orientado ao cliente, descreve um processo que permite aos clientes expressar suas necessidades de produtos e realizar processos de concretização do produto, mapeando os requisitos para o domínio físico do produto. Como resultado, o cliente escolhe uma combinação individualizada de especificações do produto a partir de um conjunto de opções. Durante este processo de levantamento, o cliente está sendo integrado para a criação de valor do fornecedor, tornando-se então um *co-designer*. O termo *co-design* é utilizado na literatura relacionando a cooperação entre uma empresa e seus clientes individuais durante o processo de configuração de um produto customizado (FRANKE; SCHREIER, 2002; FRANKE; PILLER, 2003; WIKSTROM, 1996 apud PILLER et al., 2005).

²⁵ VON HIPPEL, E. Economics of product development by users: The impact of “sticky” local information. **Management Science**, n. 44 v.5, p. 629-644, 1998.

Segundo Kendall (2013), em alguns países, no mercado de habitação, centros de *design*, *showrooms* e modelos de habitações já são familiares. No *showroom*, um potencial comprador pode ver os projetos de piso, tocar os materiais e obter informações sobre os custos e cronogramas. Funcionários treinados estão disponíveis para "construir" a habitação em um modelo computacional. As dimensões e especificações do espaço a ser equipado são fornecidos pelo consultor de *design*. Leiautes espaciais e alternativas de equipamentos para a nova habitação são discutidos e visualizados utilizando *softwares* CAD. E após serem tomadas as decisões sobre o leiaute da habitação, especificações, equipamentos e instalações, assim como a aprovação dos custos e cronograma, o pedido segue para o centro de fabricação e distribuição da empresa. Algumas empresas, como a PLUS HOME na Finlândia e Stadgenoot na Holanda, permitem que grande parte desse processo ocorra *online*: cada família de produtos tem acesso a um espaço na *web* onde são disponibilizados grandes menus de opções e *links* para os fornecedores.

Para Noguchi e Friedman (2002²⁶ apud Noguchi, 2009) em produtos customizados, a participação do usuário é vital e, portanto, fornecedores de habitação precisam oferecer serviços de comunicação de apoio ao *design* para seus clientes. Esta comunicação pode ser realizada em locais que disponibilizem consultores em *design* e ferramentas adequadas para facilitar ao usuário na escolha de componentes padronizados para a customização de um produto final. Estes agentes de serviços de *design* são fundamentais e podem também ser integrados em um modelo mais abrangente. Uma parte importante da CM, é que o cliente determine diretamente a configuração de sua casa a partir de opções disponibilizadas inicialmente durante a fase de concepção. Isso não poderia ser alcançado sem a padronização de componentes para os sistemas estruturais, exteriores e interiores da habitação. Estas opções são organizadas de uma forma visualmente atraente em um catálogo de componentes selecionáveis permitindo que os clientes escolham facilmente entre as diversas opções (Figura 10). Os componentes da habitação podem ser divididos em três categorias: volume, exteriores e interiores.

²⁶ NOGUCHI, M.; FRIEDMAN, A. Mass custom design system model for the delivery of quality homes – learning from Japan's prefabricated housing industry, In: **Proceedings** from the CIB W060–096 Syllabus Joint Conference, Measurement and Management of Architectural Value in Performance-Based Building (Eds, ANG, G. and PRINS, M.), Hong Kong, 6–10 May 2002, CIB, Rotterdam, pp. 229–243, 2002.

Figura 10 – Interface de design para CM.

Fonte: <http://www.masscustomhome.com/>

No processo de produção de habitações de interesse social, no qual o cliente geralmente é o usuário final, há vários desafios a serem superados. A começar pelos recursos orçamentários, que geralmente são baixos e não permitiriam que as opções para escolha fossem abundantes. Outras questões operacionais referem-se à identificação do ponto de envolvimento do cliente no processo de escolha das opções da habitação e **como a participação poderia ser viabilizada** por meio de recursos e interfaces mais adequadas e facilitadoras deste processo.

3.4.5 Toolkits de configuração para CM

Segundo Piller et al. (2005) a investigação sobre a CM deve lidar com questões diferentes relacionadas ao desenvolvimento, produção, e venda de produtos e serviços individualizados para um segmento grande de clientes. Na estratégia da CM os clientes são integrados na criação de valor por meio da definição, configuração, combinação, ou modificação da sua solução individual partindo de uma lista de opções e componentes pré-definidos. Essas atividades de *co-design* são executadas a partir da atividade de interação empresa-cliente. No ambiente onde o *co-design* é realizado,

os fornecedores usam os chamados *toolkits* de configuração, constituídos de ferramentas para que o cliente possa “co-criar” o seu produto.

A importância do *co-design* é expressa por Tseng e Piller (2003) quando afirmam que a essência da customização em massa é transformar um cliente em um “*co-designer*”. O fabricante deve fornecer ao cliente acesso ao processo para que o mesmo possa participar no *design* conceitual e desenvolvimento de produtos, expressando seus requisitos ou mesmo co-projetando o produto a partir de mecanismos de configuração. O serviço de customização dos computadores da empresa Dell é um caso típico que exemplifica este processo.

Von Hippel (2001 apud PILLER et al., 2005), define os *kits* de ferramentas de configuração como uma tecnologia que permite aos usuários projetar um produto inovador por experimentação de tentativa e erro, e também proporciona um *feedback* imediato (simulação) sobre o resultado potencial das suas ideias de *design*. Dessa forma, as atividades de *co-design* são pré-requisitos necessários da customização em massa para cumprir as necessidades dos clientes individuais.

Fettermann (2013) descreve que diversos termos para identificar os mecanismos de integração do cliente na CM são encontrados na literatura. Entretanto os termos *choice menu*, *toolkits* para customização em massa e *configurators* são os mais frequentes.

Em relação ao setor de construção civil, Linner e Bock (2012²⁷ apud ROCHA et al. 2013), descrevem que edifícios são inerentemente produtos complexos e, portanto, sua configuração por meio do dispositivo de interface *on-line* pode não ser apropriado em todas as estratégias de customização. A falta de habilidades técnicas do cliente pode criar dificuldades na configuração de um produto e discrepâncias entre as expectativas e resultados, levando a baixos níveis de satisfação dos clientes. Neste caso, *designers* com conhecimento técnico, muitas vezes precisam ser envolvidos para traduzir as exigências dos clientes em um processo presencial.

As decisões tomadas durante o processo de projeto demandam o uso de mecanismos ou de instrumentos que possibilitem uma melhor comunicação entre o usuário e o projetista. Há uma compreensão, portanto, que estas observações

²⁷ LINNER, T., BOCK, T. Evolution of large-scale industrialisation and service innovation in Japanese prefabrication industry. **Construction Innovation: Information, Process, Management**, n. 12, v.2, pag. 156–178, 2012.

conduzam para o desenvolvimento de um artefato que integre a facilitação da comunicação entre as partes envolvidas.

3.5 Síntese conclusiva

Permitir a atuação do usuário na definição da sua própria habitação poderia, certamente, trazer significativas contribuições na compreensão e no atendimento das idiossincrasias dos futuros moradores, e desta forma evitar as adaptações e modificações pós-entrega da obra. O Projeto Participativo vem, há muito tempo, discutindo e tentando viabilizar a participação dos usuários em processos decisórios em diversos níveis, envolvendo-os e colocando-os como protagonistas do processo de provisão da habitação e outros tipos de edifícios.

Assim também ocorre com o *Co-design*, que sustentado nos conceitos do PP, inicia a sua abordagem a partir de questões operacionais discutindo os **níveis** e os **meios** para envolvimento dos participantes.

Esta discussão leva a entender que a condição para a ocorrência de um processo participativo, requeiram uma estrutura mais abrangente envolvendo uma **dinâmica** que contemple **métodos**, **técnicas** e **instrumentos** para motivação e oportunização da participação do cliente ou usuários na definição da sua habitação.

Dentre as ferramentas, é possível destacar as propostas de Sanders e Stappers (2008) que utilizam os **toolkits tridimensionais** e que deverão contribuir para a elaboração do protótipo a ser desenvolvido nesta pesquisa.

4 MODELOS E MAQUETES NA ARQUITETURA

A visão revela o que o tato já sabe. Poderíamos considerar o tato como o sentido inconsciente da visão. Nossos olhos acariciam superfícies, curvas e bordas distantes; é a sensação tátil inconsciente que determina se uma experiência é prazerosa ou desagradável. (PALLASMAA, 2012, p. 40)

4.1 Evolução do uso da maquete e do modelo

A necessidade de tridimensionalidade e de materialidade nos sistemas de representação levou, nos últimos tempos, a revalorizar papel da elaboração dos modelos e maquetes, entendido como uma antecipação tridimensional da proposta de arquitetura em escala reduzida. (REGAZZO²⁸, 1995 apud CONSalez, 2000)

A história registra que o surgimento da profissão de arquitetura, como é conhecida atualmente, se deve ao desenvolvimento paralelo dos desenhos, modelos e maquetes que, de certo modo, foram as primeiras ferramentas para a comunicação e experimentação do projeto.

Puntoni (1997) descreve que, durante a Idade Média os mestres-de-obras recorriam aos modelos físicos (maquetes e modelos em escala real que serviam como referência ou “molde”) para representação do objeto arquitetônico, sendo os mesmos utilizados, juntamente com os desenhos como instrumentos para a execução da obra, na intenção de que pudesse auxiliar na manutenção das proporções e das medidas imaginadas inicialmente. A maquete neste período, começava a assumir o seu caráter técnico, e não apenas simbólico ou artístico.

Os arquitetos romanos possuíam uma relação diferente com seus modelos, se comparados como os arquitetos gregos. Esta diferença é explicada por Smith (2004), referindo-se à maior liberdade que os romanos dispunham no desenvolvimento de seus projetos. Por sua vez, esta nova liberdade exigiu que o arquiteto compreendesse melhor as dificuldades com a interpretação de projetos, e para isso utilizou os modelos físicos. E esta capacidade ampliada de expressar, também permitiu aos arquitetos romanos, por meio de seus edifícios, uma maior influência nas decisões mais abrangentes do universo romano. Podendo ser esta,

²⁸ REGAZZO, F. Modelli di architetture – disegni e tecniche. In: L'immagine mediata dell'architettura. Atas do seminário de estudo, Università degli Studi di Reggio Calabria, Facoltà di Architettura, maio 1995.

uma das razões pela qual os arquitetos romanos possuíam posições sociais mais elevadas que os arquitetos gregos. Sendo assim, os registros sobre o uso do modelo arquitetônico com características de **recurso utilitário de instrução e cognição**, são do período do **Império Romano**, vindo a tornar-se principalmente, um instrumento de **comunicação** a partir do **Renascimento**.

De fato, o modelo físico passou a ter um papel importante na Renascença, no entanto, sabe-se que o foco dos tratados deste período foram os desenhos, especialmente a perspectiva, que constituíam o domínio especial do arquiteto e os principais meio de comunicação das intenções arquitetônicas. Uma vez que os desenhos eram codificados como representações abstratas, os modelos físicos poderiam ser elaborados para transmitir mais facilmente um projeto para os clientes e os artesãos responsáveis pela construção propriamente dita. Os modelos físicos, portanto, normalmente desempenhavam um papel de apoio aos desenhos conceituais (MORRIS, 2006). Vale notar que, os desenhos codificados neste período eram constituídos de representações planas e perspectivas que, por sua vez não possuíam intenção de ser divulgados por parte dos arquitetos, pois, tratavam-se de informações que muitas vezes deveriam ser conservadas em segredos. Esta afirmação pode ser corroborada quando Ross e Mahler (2006), descrevem que Brunelleschi apesar de ter reinventado a perspectiva, era um arquiteto que preservava em segredo as suas descobertas, pois no período haviam muitos concursos de projetos e certamente a divulgação dos desenhos, das técnicas e das soluções arquitetônicas não eram de interesse dos arquitetos daquela época.

Durante o Renascimento, as maquetes foram bastante utilizadas na representação de edifícios, complexos urbanos e fortificações. A maquete era então utilizada, não somente como complemento do projeto, mas também para comunicar ideias do desenho arquitetônico. Alguns modelos físicos específicos também eram executados como parte complementar de desenho para os importantes encarregados da construção (DUNN, 2010). Uma representação do uso da maquete como recurso para vender uma ideia é observada na pintura de Domenico Cresti da Passignano. E conforme Rozestraten (2007), é uma das imagens mais expressivas representando a mudança de posição do arquiteto renascentista passando assumir a autoria do projeto até então atribuída à divindade (Figura 11).

Figura 11 – Pintura de Domenico Cresti da Passignano de 1619 retratando Michelangelo apresentando a maquete da cúpula de São Pedro ao Papa Paulo IV.

Fonte: Smith (2004, entre p. 16 e 17)

Desde então, o uso de recursos de representação do edifício projetado, por meio da perspectiva, modelos tridimensionais e maquetes, permitia prever soluções e experimentá-las antes de serem construídas, ou seja, as representações incluíam também finalidades construtivas e não meramente estéticas e formais.

Juntamente como o desenho e a perspectiva, o modelo físico, de um jeito ou de outro, acompanhava as atividades do arquiteto de acordo com as diversas finalidades particulares. Entretanto, um evento que impactou sobre o seu uso na arquitetura foi o surgimento da *École de Beaux Arts*, em meados do século XVIII, que tinha como principal pressuposto a valorização do desenho na formação do arquiteto, e que acabou marginalizando o modelo físico no processo pedagógico. Isso se deveu à intenção da escola em ascender o nível das profissões de arquitetos, escultores e pintores. A Academia Francesa, responsável em diplomar estes profissionais, pressionou para que os mesmos fossem distinguidos dos artesãos, carpinteiros e pedreiros. O profissional arquiteto não deveria, portanto, sujar as mãos e se envolver com trabalhos braçais, gradativamente estudava menos a construção e provavelmente se afastou da fabricação de modelos (MORRIS, 2006). As maquetes neste período, não desapareceram por completo ou deixaram de ser utilizadas, mas quase foram totalmente substituídas por desenhos (MILLS, 2007).

A partir do início do século XX, os arquitetos redescobriram as vantagens dos modelos físicos como novos meios de comunicar e dar forma às suas ideias. Antoni Gaudi, por exemplo, empregou modelos físicos no desenvolvimento de complexas formas estruturais da Catedral da Sagrada Família em Barcelona (FARRELLY, 2008).

Posteriormente, no ano de 1919, a partir da reorganização da Escola de Artes e Ofícios na recém-criada República de Weimar, Walter Gropius fundou a Bauhaus (*House of Building*). Em oposição ao programa de *atelier* utilizado pela *École de Beaux Arts*, a Bauhaus constituiu um método de aprendizado denominado de *workshop*, sendo o currículo baseado na habilidade e capacidade dos próprios artesãos e *designers* em criar objetos úteis e belos, assim como adequados para um novo sistema de vida vigente. A escola teve como inovação a parceria com a indústria, disponibilizando a pesquisa e o desenvolvimento de produtos como meio para compensar os custos. A colaboração com a indústria direcionou para que o *design* do produto na Bauhaus fosse centrado no desenvolvimento de protótipos, tanto que, em grande parte dos trabalhos foram executados modelos físicos (MORRIS, 2006). A partir do incentivo do trabalho manual com o conceito de *hands-on*, a Bauhaus não apenas incentivou o uso do modelo, mas também o colocou como componente integral da educação e prática em arquitetura (MILLS, 2007).

Durante a década de 50 (século XX), o Modernismo concretizou projetos extremamente minimalistas compostos por sólidos simples (cubos, cilindros, etc.) reduzindo com isso a necessidade de elaboração de maquetes, muito embora grandes arquitetos ainda continuaram utilizando-as. A partir dos anos 70 (século XX) com o enfraquecimento do Modernismo, o estudo da arquitetura e do ambiente construído seguiu em caminhos diversificados e as maquetes retomaram suas posições como instrumentos de investigação (MILLS, 2007).

Os sistemas de representação em geral passaram por pouca evolução desde então, até que uma significativa transformação ocorresse a partir da década de 90 (século XX), com a introdução da informática na arquitetura, permitindo que recursos da computação gráfica fossem utilizados na representação da arquitetura e criação de modelos tridimensionais digitais. Esse processo modificou substancialmente o processo de representação nos seus aspectos práticos e operacionais, ainda que se preserve e utilize muito o sistema projetivo tradicional ortogonal tradicional. Embora esse processo se encontre em gradativo

desenvolvimento e modificação, apresentando características de agilidade na produção, facilidade de manuseio e remodelagem se comparadas ao modelo físico, a maquete ainda continua sendo utilizada nos dias atuais, tanto durante o processo projetual, quanto como instrumento de comunicação final (IMAI; AZUMA, 2009; MILLS, 2007; ROCHA, 2007). E surpreendentemente os mesmos recursos computacionais que possibilitam a evolução e difusão dos modelos digitais, são também empregados na produção de modelos físicos (maquete e protótipos), desde seu processo de desenho e modelagem digital, até a sua materialização a partir de equipamentos como cortadoras a laser, fresadoras CNC (Controle Numérico Computadorizado) ou impressoras 3D. O modelo contemporâneo que tem como recurso os meios digitais para sua materialização é abordada no item **4.8 Materialização digital – O modelo físico-digital**.

4.2 O conceito de modelo e maquetes físicas

A palavra modelo envolve uma multiplicidade de significados e está presente em diversos campos de conhecimento. Dessa maneira, buscou-se definir o termo modelo no contexto da arquitetura, apoiado na abordagem de diversos autores, considerando ser importante para desenvolver uma compreensão sobre o seu papel no processo de *design* em arquitetura. Entende-se que esta compreensão pode dar suporte para a elaboração do artefato proposto por esta pesquisa.

Alguns significados mais abrangentes são apresentados pelo professor Marcial Echenique. Segundo a sua definição, um modelo pode ser a representação de uma realidade, por meio da demonstração de certas características relevantes observadas, podendo esta ser objetos ou sistemas, que existiram, existem ou possam vir a existir (ECHENIQUE, 1975). Neste sentido, entende-se que um modelo de determinado objeto ou sistema futuro, incorpora **características preditivas**.

Em relação aos modelos físicos especificamente, Echenique (1975) considera que os mesmos são representações que **simulam** as formas do objeto e podem ser de dois tipos: **icônicos** ou **analógicos**. E a partir desta classificação, Serra (2006) descreve e exemplifica estes dois tipos de modelos da seguinte forma:

Os modelos **icônicos** são constituídos por maquetes e desenhos em perspectivas, sejam gráficos ou digitais, fixos ou com movimentos, são modelos icônicos, da mesma forma que as fotografias.

Os modelos **analógicos** são representações materiais do objeto, cuja interpretação depende de vários códigos. O projeto arquitetônico pode ser considerado um modelo analógico, pois sua interpretação depende um conjunto de regras baseado nas projeções ortogonais como plantas, cortes e fachadas. Sendo que, quem não possui conhecimento sobre estes códigos, encontrará dificuldade para compreender os significados dos desenhos. E apesar dos projetistas desenvolverem todo o projeto baseado em desenhos ortogonais, necessitam preparar perspectivas e modelos para facilitar a interpretação do projeto pelos leigos, que não dominam a linguagem das representações projetivas (SERRA, 2006).

A partir de uma abordagem no campo do *design*, Munari (2008) considera que os modelos possuem várias funções. Podem servir para fazer uma demonstração prática de testes de materiais ou para apresentar um pormenor manuseável por meio do qual é possível compreender o funcionamento de mecanismos, tais como de uma dobradiça ou de um encaixe. Neste último, o modelo é associado a uma condição de protótipo funcional. Podem, em outros casos também, ser modelos estáticos em escala reduzida que demonstram a disposição arquitetônica de uma praça, ou a inserção de um edifício no terreno. E quanto às estruturas em tamanho natural erigidas no local, para observar a dimensão de um edifício que será construído, também podem ser considerados modelos. A aproximação da realidade de alguns modelos em relação à aparência, é tão grande, que por vezes podem ser confundidos com o próprio objeto a ser fabricado, ainda que de material diferente, como os protótipos e *mock-ups* (MUNARI, 2008).

Os modelos, de um modo geral, podem ser úteis na compreensão de uma determinada realidade. Contudo, Serra (2006) faz uma ressalva sobre a sua característica reducionista, salientando que o modelo não pode possuir todas as características do objeto, pois neste caso, não seria um modelo, mas o próprio objeto em si. O processo de construção de modelos implica, dessa forma, na seleção das características relevantes objetivadas. Serra (2006) complementa apontando a necessidade em conhecer as técnicas da construção e operação dos modelos, de modo a poder construí-los adequadamente e deles extrair os melhores resultados.

Sendo, portanto, importante estar consciente das suas limitações, pois os modelos são apenas representações parciais da realidade.

Segundo Imai (2007), todo modelo, em princípio, é uma forma de simplificação do original que pretende, por meio da maior facilidade de manuseio e de observação de todo o conjunto, antever diversos aspectos que envolvem o objeto em si, antes da sua concretização.

Em uma abordagem etimológica, Smith (2004) descreve que a palavra “**modelo**” é emprestada do francês “*modele*”, do italiano “*modèllo*”, significando um modelo ou molde, proveniente do latim vulgar “*modellus*”. *Modellus* é uma variante do Latim *modulus*, um diminutivo de *modus*, com o significado de **medir**. As descrições de Smith (2004) contemplam, ainda, a característica de que um modelo é tipicamente um objeto pequeno, geralmente construído em escala, representando outro, muitas vezes, um objeto maior. Pode também ser um padrão preliminar, que serve como um plano, a partir do qual alguma coisa ainda não construída será produzida.

A utilização dos modelos para aproximação da realidade, além de facilitar, pode ser mais efetiva que o desenho para transmitir uma ideia. Muitas vezes os modelos são produzidos para esclarecer a algum cliente/usuário que, por não ter domínio sobre uma determinada linguagem, não consegue compreender e visualizar o objeto ou projeto proposto. Esta afirmação pode ser reforçada a partir da experiência da prática profissional de Grafe (2008), o qual relata que muitos dos seus clientes acreditam ser capazes de entender desenhos arquitetônicos. Entretanto, sua observação demonstrou que a proporção dos leigos que realmente compreendem o que um projeto arquitetônico representa (incluindo plantas, seções, fachadas, etc.) é, de fato, somente cerca de vinte por cento.

De acordo com Dunn (2010), a palavra maquete, normalmente está relacionada nos dicionários com a definição de representação, geralmente em miniatura, que mostra a construção ou a aparência de um objeto. O mesmo considera esta definição bastante limitada e amplia a definição de maquete como o **meio** e também como o **mecanismo** pelo qual são geradas e representadas as ideias de criação e não apenas uma mera miniatura.

Para Rozestraten (2003), existem relações entre os termos **modelo** e **maquete** havendo em comum as noções de origem, existência, construção e reprodução de formas. Mas enquanto o termo **modelo**, pela sua ambiguidade, pode

se referir tanto a uma forma material ou algo abstrato, o termo **maquete** possui uma relação direta e explícita com a **materialidade** da forma.

4.3 Os modelos e as maquetes como mensagem na apresentação e representação da arquitetura

Desde o seu surgimento, o modelo físico vem sendo utilizado sob diversas formas, mas sobretudo como um **meio** para se atingir determinado objetivo, portanto um utensílio, tal qual uma ferramenta. A partir dessa característica utilitária os modelos emergiram com duas principais finalidades. De um lado, funcionando como um instrumento de representação na **comunicação** do projeto, principalmente para os não-especialistas, e por outro, como ferramenta no processo **criativo** do arquiteto para o desenvolvimento de projetos. Este capítulo tenta exemplificar os modelos de acordo com estas duas funções, mas reconhecendo ocorrer, às vezes, uma certa dificuldade de diferenciação quanto aos objetivos, pois em muitos casos, o modelo apresenta simultaneamente estas duas características.

Desde a Renascença, Alberti (2012) considerava o modelo físico, um importante instrumento para o projeto e planejamento do edifício e incentivava o seu uso para averiguação de aspectos técnicos e construtivos, embora reconhecia também, a força que este recurso possuía sobre a percepção visual. Sua observação, no entanto, sobre esta questão, discorria mais como uma crítica para que a mesma não fosse utilizada com propósitos de ludibriar o cliente.

Acrescento aqui uma observação que considero muito oportuna: a exibição de **modelos coloridos**, com pinturas muito atraentes, indica que o objetivo do arquiteto não é somente o de representar simplesmente o seu projeto, mas sim, por ambição, tentar **atrair utilizando a estética o olhar de quem observa**, de modo que se distraia a sua mente cheia de maravilha não examine com demasiada ponderação as várias partes do modelo. Melhor então que se façam modelos não muito acabados, limpos e brilhantes, mas nus e simples, de modo que destaquem a agudeza da concepção, e não o cuidado da execução. (ALBERTI, 2012, p.68, grifo nosso)

O desenvolvimento dos meios de representação na arquitetura se deve ao fato de que a arquitetura sempre exigiu ser apresentada. Segundo Moon (2005), os arquitetos geram ideias, e estas devem ser visualizadas e comunicadas, e as

maquetes arquitetônicas são algumas das ferramentas que os arquitetos possuem para isso. Qualquer forma de representação, podendo ser um desenho, uma perspectiva, um trabalho gerado pelo computador ou modelo físico, devem materializar um conceito que inicia como uma imagem hipotética na mente do criador. Em relação aos atuais instrumentos disponibilizados para a apresentação de projetos, Moon (2005), descreve que de todas as formas de representação, a maquete arquitetônica é a única que, fisicamente e tridimensionalmente materializa as ideias dos arquitetos, a qual, tem por objetivo final constituir-se em algo físico e tridimensional. Moon (2005) ainda descreve que as maquetes permitem uma simulação do projeto, pois é possível ver e “caminhar” pelas mesmas, e por serem objetos mais próximos da realidade do que qualquer outra forma, são entendidas mais facilmente pela visão e, portanto, mais inteligíveis para uma grande parte das pessoas. São mais compreensíveis do que as imagens feitas no computador, requerem menos treino para entender que os desenhos arquitetônicos, e podem mostrar mais informações sobre a construção do que uma grande quantidade de perspectivas. E por facilitar o entendimento, tanto para a visualização do arquiteto e a comunicação com os outros, sua popularidade tem sido secularmente reconhecida (Figura 12).

Figura 12 – Maquetes para apresentação. Le Corbusier com uma maquete da Villa Savoye, 1935 e Frank Lloyd Wright demonstrando o Museu Guggenheim de Nova Iorque, 1947.

Fonte: Site Architectuul²⁹; Moon (2005, p. 44)

O modelo utilizado no processo de comunicação do projeto é elaborado para um objetivo específico e não contém todas as características do objeto representado, mas somente aquelas que interessam para esta finalidade (SERRA,

²⁹ Site Architectuul. Disponível em: < <http://architectuul.com/architecture/villa-savoye> > Acesso em 07 jul. 2015

2006). Desta forma, muitos modelos apresentam a função de instrumento didático pois devem operar como um facilitador na compreensão do objeto proposto. O observador, por sua vez, quase sempre necessita de informações inteligíveis e descomplicadas. E neste sentido, a maquete desempenha um papel importante, pois pode se assemelhar muito com o objeto a ser construído, principalmente pela sua materialidade e dinamismo na visualização (IMAI; AZUMA, 2009).

O raciocínio anterior é completado por Moon (2005) ao observar que as maquetes arquitetônicas são facilmente compreendidas, e possuem como uma das regras básicas para auxiliar esta compreensão, a consciência sobre a sua limitação em comunicar tudo sobre o projeto, dado que é uma versão reduzida. Cada maquete é única na sua construção, resultado de uma série de escolhas sobre o que mostrar ou como mostrar, no qual muitos elementos são intencionalmente excluídos. A escala das maquetes, os materiais, as cores, seu grau de realismo e acabamento devem ser meticulosamente selecionados. Cada decisão particular afeta como o modelo arquitetônico irá transmitir a mensagem pretendida. E dependendo dos seus objetivos, as maquetes podem revelar desde as ideias iniciais do arquiteto até características realistas do projeto, podendo apresentar-se de formas extremamente variadas.

No conceito de Moon (2005) as maquetes podem ser extremamente realistas como uma versão em miniatura de algo, embora na opinião de Mi-Young (2012), a maquete final de apresentação ou exibição feita a partir de referências de desenhos do projeto, já em fase final, demonstrando apenas o seu exterior decorado, não pode ser considerada uma verdadeira maquete arquitetônica. Em sua visão, Mi-Young (2012) descreve que a maquete arquitetônica é o método de representação que oportuniza ver e testar todos os elementos e princípios formais permitindo ampliar a visão sobre arquitetura.

4.4 O modelo como método exploratório do projeto

O desenho (**projeto**) é a invenção de **um objeto por meio de outro**, que o precede no tempo. O projetista opera sobre este primeiro objeto, o *projeto*, modificando até julgá-lo satisfatório. Em seguida, traduz suas características em um código adequado de instruções para que seja compreendido pelos encarregados da materialização do segundo objeto, o edifício ou a “obra”. (MARTÍNEZ, 2000, p. 11, grifo nosso).

Em *De re aedificatoria* o célebre Tratado de Alberti, escrito no período renascentista, o modelo é citado e defendido como instrumento a ser empregado no processo de projeto com o objetivo de se alcançar o melhor resultado da obra de arquitetura. O trecho que relata esta preocupação é descrito a seguir, e expressa a função **utilitária** que o modelo físico deveria possuir, tanto como ferramenta exploratória durante o desenvolvimento do projeto, quanto como instrumento de mediação entre os envolvidos no processo de projeto e execução: arquiteto, cliente e “especialistas”. O modelo precisaria ser uma ferramenta que pudesse prever modificações como acréscimos, reduções e mudanças de posições para que o projeto fosse plenamente aprovado por todos. A maquete, neste caso, apropria-se de um atributo de modelo de experimentação, durante o processo projetual, pois nesse caso a maquete não só representa, mas também é o próprio projeto:

Não cansarei então em recomendar o que costumavam fazer os melhores arquitetos: meditar e meditar novamente sobre a obra a ser empreendida, sobre o seu conjunto e a medida de todas as suas partes, utilizando não somente desenhos e esboços, mas, também, modelos feitos com madeira ou com outro material, e levando em conta os conselhos dos especialistas. Somente após essa avaliação poderemos enfrentar a despesa e o cuidado que a obra comporta. O uso desses modelos permite manter sob controle, da forma mais clara, a disposição ordenada de todos aqueles elementos que descrevemos no livro precedente: a posição em relação ao meio ambiente, a delimitação da área, o número das partes do edifício e sua disposição, a conformação dos muros, a solidez das coberturas etc. Poder-se-ão também, sem perda nenhuma, prever aqui acréscimos, diminuições, trocas de posição, soluções novas, até revolucionar a ordem primitiva, alcançando assim a disposição mais conveniente e que satisfaça completamente.[...] (ALBERTI³⁰, 2012, p. 68, grifo nosso).

Para Alberti, a maquete teria preferência em relação à perspectiva por ser mais exata em suas proporções e dimensões, sem incorrer no perigo das deformações visuais causadas por uma representação bidimensional, além de manter um controle maior sobre o projeto (FLORIO, 2005).

Em outro trecho do seu tratado, Alberti (2012) é mais explícito sobre o uso da maquete e modelos específicos para determinada finalidade como instrumento do processo de projeto:

Então, os edifícios se projetarão e se pensarão a partir dos modelos; mas o projeto não pode limitar-se ao que se deve construir; é necessário prever com base em todos os modelos, e assim procurar o

³⁰ A partir da tradução do Tratado de arquitetura de Leon Battista Alberti *De re aedificatoria* ("Da arte de construir") escrito entre 1443 e 1452.

que será útil no decorrer da construção, e iniciadas as obras, não se deverá mais hesitar, mudar critérios ou suspender o trabalho, porque, uma vez concebida com concisão a ideia do complexo construtivo, teremos à disposição, escolhidos, reunidos e prontos para serem usados, os instrumentos adequados e convenientes ao objetivo. Tais são, pois, as coisas a que deve atender o arquiteto com sua sagacidade e discernimento. (ALBERTI, 2012, p. 381, grifo nosso).

As recomendações de Alberti (2012) sobre a utilização dos modelos se devem até mesmo às suas descobertas a partir da própria experimentação. Em uma certa ocasião Alberti confessa que foram constatados erros apenas após a elaboração dos desenhos e a maquete arquitetônica:

No que me diz respeito, devo confessar que em muitas ocasiões me vieram à mente projetos de construções que em um primeiro momento me pareciam absolutamente louváveis, enquanto, ao contrário, uma vez desenhados, revelavam erros, e gravíssimos, exatamente naquele aspecto que mais me agradara; voltando em seguida a considerar com mais ponderação o que tinha desenhado, e medindo suas proporções, reconhecia e deplorava meu descuido; finalmente, tendo fabricado os **modelos**, muitas vezes, examinando separadamente os seus elementos, dava-me conta de ter errado até nos números³¹ (ALBERTI, 2012, grifo nosso).

A teoria revelada por Alberti buscava o **método**, o interesse pelos procedimentos, os quais não seriam nem mágicos, nem metafísicos, mas **técnicos** e **artísticos**. “O texto de Alberti inaugura uma filosofia da técnica arquitetônica, uma tecnologia filosófica, que reflete sobre o fazer, elucida, extrai recomendações e delinea um campo de conhecimento: *aedificatoria*. ” (ROZESTRATEN, 2007, p.147, grifo nosso).

Em outro tratado de arquitetura, anterior ao de Alberti, escrito por Vitrúvio (POLLIO, 2007), o último capítulo do décimo livro é dedicado à descrição do uso das máquinas de guerra. Neste capítulo, Vitrúvio descreve o uso de modelos em escala reduzida para demonstrar o funcionamento de máquinas e como podem ser úteis na compreensão do funcionamento de artefatos mecânicos. Entretanto, o mesmo alerta sobre o cuidado na comparação entre o modelo em escala reduzida e o equipamento em tamanho natural. Segundo Vitrúvio (POLLIO, 2007), estes possuem diferenças nas propriedades, e assim sendo, a analogia entre o modelo e o real são de grandezas diferentes e, portanto, não permitem utilizar-se das mesmas regras. Alguns objetos parecendo admissíveis nos modelos reduzidos, perdem a consistência quando

³¹ Os números citados por Alberti, se referem às dimensões do projeto do edifício.

começam a evoluir para o tamanho real. Neste sentido, o que Vitruvius salienta é que, nem tudo pode ser feito com as mesmas regras, mas deve-se observar as relações entre a geometria e a física dos materiais.

O modelo em escala reduzida sugere, em todo momento, uma relatividade com outro objeto ao qual está sendo comparado, portanto, ao utilizá-lo como instrumento analógico deve-se ter cuidado na relação entre a realidade e a representação. Neste raciocínio, Bachelard (1978) em seu livro *Poética do espaço*, ainda que não se refira especificamente ao modelo artificial fabricado pelo humano, faz uma relação com a miniatura representativa:

[...]. Perderíamos o sentido dos valores reais, é certo, se interpretássemos as miniaturas no simples relativismo do grande e do pequeno. O pedacinho de musgo pode muito bem ser um sobreiro, mas nunca o sobreiro será um pedacinho de musgo. [...] (BACHELARD, 1978, p. 303)

Em relação à escala, Smith (2004) destaca que uma máquina pode ser uma estrutura ou coisa construída e, por esta razão, alguns arquitetos consideraram o edifício uma máquina. Neste sentido, o modelo arquitetônico, dependendo como foi planejado, pode ser visto como uma máquina em pequena escala, sugerindo a representação de um futuro possível de uma máquina maior. Em outras palavras, o modelo como máquina é um dispositivo em escala diminuída, que pode auxiliar os seres humanos a ampliar o seu poder intelectual, na tentativa de compreender e definir a dimensão de um todo complexo.

O emprego de modelos reduzidos como referências para execução dos objetos reais, parece ser algo de domínio dos arquitetos romanos. Esse conhecimento demonstrou que esses arquitetos, além de dominarem diversas áreas de conhecimento, possuíam uma aprimorada instrução a respeito de engenharia (SMITH, 2004). Certamente os arquitetos da antiguidade como Alberti, Da Vinci, Michelangelo e Brunelleschi, eram simultaneamente construtores, engenheiros, cientistas, pintores, escultores, inventores e matemáticos. Esta preocupação com a formação ampla e abrangente é descrita por Vitruvius, sobre a necessidade dos arquitetos possuírem *“muitos conhecimentos e saberes variados”*, unindo a prática e a teoria, com o domínio da leitura e escrita, do desenho, da geometria, da história, da filosofia, da música, da medicina, do direito e, por fim, da astrologia e do cosmos (POLLIO, 2007).

O uso de recursos de representação do mundo no plano, como a perspectiva, e no espaço, como as maquetes ou os modelos tridimensionais,

permitiam antever soluções e testá-las no papel, ou no espaço, em escala reduzida. Os modelos de Brunelleschi, em especial, deixam evidente que seu objetivo não era apenas formal ou estético, mas técnico e construtivo (ROZESTRATEN, 2007). Na Renascença Brunelleschi fez várias maquetes com objetivos diferentes entre si (Figura 13), e estas, além de servirem para facilitar a compreensão pelos “leigos” e convencer o patronato a realizar suas ideias, também foram utilizadas para simular como seriam construídos certos elementos antes de sua realização na obra (FLORIO, 2005).

Figura 13 – Maquetes em madeira de Brunelleschi - Lanterna (à esquerda) e cúpula e partes absidais (à direita) do “Duomo” de Florença da Catedral de Santa Maria del Fiore

Fonte: Miguel³² (2003); Quattone³³ (2013)

De acordo com Dunn (2010), algumas destas maquetes foram elaboradas em escalas grandes, com a intenção de demonstrar mais detalhes da construção, assim como permitir uma aproximação maior da realidade, considerando que, **quanto maior a escala, melhor também a percepção do objeto quando relacionado com a escala real**. Um exemplo de modelo com estas características é mencionado por Pottmann et al. (2007), reportando-se a um modelo confeccionado

32 MIGUEL, J. M. C. Brunelleschi: o caçador de tesouros. **Arquitextos**, São Paulo, ano 04, n. 040.02, Vitruvius, set. 2003. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.040/651>>. Acesso em: 10 de ago. 2014.

33 QUATTRONE, Antonio. (Fotografia) Filippo Brunelleschi, Modello ligneo della Cupola del Duomo, 1420-1440 circa, Firenze, Museo dell'Opera di Santa Maria del Fiore – Firenze. **Artribune**. Publicado em 4 abr, 2013. Disponível em: < <http://www.artribune.com/2013/04/rinascimento-in-dieci-mosse-a-palazzo-strozzi/2-05/>>. Acessado em 01 Jun. 2015.

em madeira com 5m de altura encomendada por Michelangelo (1475-1564), que evidencia o papel da maquete, tanto como representação de uma ideia do projeto, como também um protótipo em escala grande para testar a construção.

Inspirado no modelo de Michelangelo, citado por Porter e Neale (2000), a maquete da igreja de São Paulo foi outro exemplar de maquete em escala grande e que possibilitava caminhar em pé dentro da mesma, tendo como um dos propósitos convencer os patrocinadores a comprar a ideia (Figura 14).

Figura 14 – Maquete em grande escala da Catedral de São Paulo em Londres elaborada em 1674, com aproximadamente 5,50 metros de altura

Fonte: Porter e Neale (2000, p. 8 e 9)

Conforme exposto inicialmente neste capítulo, existem momentos nos quais o modelo físico pode funcionar com mais de um objetivo. Estes casos demonstram claramente estas faces diferenciadas a partir do seu uso, tendo por um lado a intenção do arquiteto em vender a ideia do projeto, e por outro lado, por este instrumento permitir uma experiência do projeto de uma maneira imersiva. Nesta última, o modelo supera algumas críticas relacionadas à sua escala reduzida, que não permitiria o posicionamento do observador no interior do modelo. E, apesar de reconhecer que a escala reduzida interfira de alguma forma na percepção, basicamente este modelo pode ser considerado um exemplo de “realidade virtual” (ao de relaciona com o sentido de virtuosidade). Esta experiência se aproxima muito da simulação de um edifício, sob o aspecto da percepção do indivíduo experimentando o projeto ao caminhar pelos ambientes do seu interior.

Ao retomarmos a relação do modelo arquitetônico à semelhança de uma máquina construída por Smith (2004), pois como tal o modelo pode ser um dispositivo extensor na criação, auxiliando arquitetos a desenvolver uma escala compreensível e a medição do desconhecido. O modelo arquitetônico como máquina é um dispositivo em escala, que ajuda a prolongar a força intelectual do arquiteto em uma tentativa de entender, definir e medir. É um recurso da humanidade, utilizada para criar uma medida e testar o conceito das coisas invisíveis, servindo como uma superfície sobre a qual se projetam pensamentos objetivando desenvolver o *design* perfeito, fornecendo aos arquitetos um mecanismo com o qual possam testar e reexaminar suas ideias neste processo (SMITH, 2004).

4.5 As maquetes de espaços interiores

[...] o caráter essencial da arquitetura – o que a distingue das outras atividades artísticas – está no fato de agir com um vocabulário tridimensional que inclui o homem. A pintura atua sobre duas dimensões, a despeito de poder sugerir três ou quatro delas. A escultura atua sobre três dimensões, mas o homem fica de fora, desligado, olhando do exterior as três dimensões. Por sua vez, a arquitetura é como uma grande escultura escavada, em cujo interior o homem penetra e caminha (Zevi, 2009³⁴, p. 17, grifo nosso).

No capítulo, “O espaço, protagonista da arquitetura”, em seu livro Saber Ver a Arquitetura, Zevi (2009) coloca em discussão a importância do espaço interior e a dificuldade de descrevê-lo perfeitamente a partir dos métodos de representação disponíveis, sendo o espaço, algo que não pode ser conhecido ou vivido a não ser por experiência direta. Explica que o espaço interior não se restringe ao interior do edifício, mas estende-se à rua, nas praças e na cidade. Os meios de representações discutidas por Zevi (2009) são: as plantas, as fachadas, as seções, as maquetes, as fotografias e a cinematografia. Especificamente em relação ao modelo tridimensional, revela ser muito útil, mas não pode satisfazer plenamente devido à omissão de um fator-chave de toda concepção espacial que é o parâmetro humano. A escala, portanto, segundo Zevi (2009) é um ponto crítico, pois ainda deixa o espectador do lado de fora do ambiente.

³⁴ A primeira edição da publicação de Bruno Zevi data de 1984, quando os recursos da informática ainda não haviam se disponibilizado para a arquitetura.

Segundo Dunn (2010), dependendo da escala do projeto proposto podem ser feitas maquetes para explorar as características internas dos espaços, mostrando uma parte específica do mesmo. Estas maquetes são construídas em escalas maiores 1:20, 1:10 ou 1:5 pela necessidade de investigar uma área em detalhe. Geralmente incluem componentes detalhados como escadas, móveis e escalas humanas. Neste caso a necessidade de abstração é reduzida, já que a maquete apresenta uma quantidade grande de detalhes, aplicação de materiais e objetos em pequena escala tais como móveis (Figura 15).

Figura 15 – Maquetes de interiores. (à esquerda) Interior de um escritório Escala 1:50 e (à direita) Interior de um espaço de convívio comum em edifício residencial, escala 1:43

Fonte: Porter e Neale (2000, p. 123); Autor (2014)

A maquete arquitetônica tradicional, normalmente tem como objetivo servir como meio de compreensão por meio da materialização de ideias abstratas, ou funcionar como representações esquemáticas da lógica estrutural do projeto, de um determinado edifício. As maquetes de espaços interiores, por outro lado, dependendo da forma como foi elaborada, além de exibir as características geométricas da edificação podem também revelar ocorrências da vida diária.

Uma interessante abordagem sobre a maquete com estas características pode ser conferida na publicação de Grafe (2008) na qual a maquete de espaços interiores é explorada sob uma ótica subjetiva, fornecendo estímulo à uma leitura interpretativa e na qualidade de evocar um acontecimento posicionando o

espectador em seu interior. Especificamente, Grafe (2008) se refere a um conjunto de maquetes exibidas no evento “*Nest. Designs for the interior*” ocorrido no *Stedelijk Museum* em Amsterdã no ano de 2008. As maquetes expostas eram constituídas de cenários incompletos, cabendo à imaginação do espectador incorporar os personagens e preencher os ambientes-cenários com uma narrativa própria (Figura 16). A maquete sob este ponto de vista deixa de ser um modelo de representação rigorosa e geométrica do projeto, ou a lógica de um edifício específico e passa a ter como objetivo principal descrever e definir **situações sociais** em seu ambiente físico. A maquete é construída dando-se prioridade à capacidade de evocar memórias e criar associações, como situações imaginárias ou conhecidas, do que empenhar-se na compreensão da precisão dimensional dos espaços físicos (GRAFE, 2008).

Figura 16 – Maquete de um bar americano. Escala 1:50

Fonte: Schrofer e Grafe (2008, p. 24 e 25)

Curiosamente a observação de Grafe (2008) sobre as maquetes da exposição de “*Nest. Designs for the interior*” chama atenção para uma comparação entre as maquetes desenvolvidas durante o período modernistas e que tanto ilustram os diversos livros já publicados. Nota-se que em diversas publicações, inclusive em tradicionais livros sobre técnicas de execução de maquetes, elaborados por Knoll e Hechinger (2003), Consalez (2000) as “figuras humanas” que dão uma noção de escala não aparecem em muitas das maquetes de interiores, esta noção é obtida apenas pela inserção de mobiliário (Figura 17). Geralmente as maquetes aparecem com o objetivo de ressaltar o edifício arquitetônico enquanto objeto principal. Nestes exemplos a maquete desempenha uma função de analogia do projeto e tem um objetivo de servir como objeto de transmissão de mensagens unívocas, similar ao que o projeto arquitetônico realiza na comunicação de informações.

Figura 17 – Maquetes de interiores de edifícios Escala 1:10 e 1:50.

Fonte: Knoll e Hechinger (2003, p. 25); Consalez (2000, p. 88);

Dunn (2010), alerta para que a maquete se preocupe em ressaltar os valores da arquitetura (edifício), evitando detalhes e decorações em demasia, principalmente a de interiores, para que não se assemelhe às casas de bonecas que tem propósitos de ludicidade. Sobre a ludicidade, Stewart³⁵ (1994 apud MORRIS, 2006), descreve que as *dolls houses*, ou casas de bonecas, servem com dois

³⁵ STEWART, S. *On longing: Narratives of the Miniature, the Gigantic, the Souvenir, the Collection*. Duke University Press, Durham, 1994, p. 69.

propósitos, uma como cenário de temas adultos para as crianças (projeção), e outra inversamente como uma cápsula do tempo para os adultos (recordação).

E apesar do predomínio na literatura, orientar para que a maquete apresente características de univocidade do projeto, por vezes, a ludicidade das mesmas pode favorecer a sua utilização com outros propósitos. Esta questão pode ser observada nos *toolkits* utilizados por Sanders e Stappers (2006), que possuem características para estimular e quebrar a inércia inicial das pessoas em processos participativos.

Figura 18 – Maquetes didáticas com detalhes de interiores. Escala 1:43 e 1:50

Fonte: Autor (2013).

4.6 O modelo como simulação

Um outro atributo que o modelo pode assumir é o de simulação de uma edificação por meio da avaliação de desempenho ou de funcionamento. Uma prática conhecida do uso dos modelos tridimensionais pelos arquitetos com esta conotação, é observado no método adotado pelo arquiteto Antoni Gaudi (1852-1926) para projetar suas obras, no final do Século XIX. Conforme descrito por Addis (2009), Gaudi desenvolveu seu próprio método para criar estruturas de alvenaria submetidas a compressão ao aplicar o axioma de Hooke, que afirma que “a forma de um arco estático é aquela de uma catenária invertida”. Seguindo este princípio, Gaudi criou um modelo utilizando arames, sacos de areia e lonas, representando o peso dos elementos de alvenaria, que ao final era obtida a forma da abóbada da capela que estava projetando. Este modelo quando invertido, forneceria uma distribuição estável de pilares e abóbadas de alvenaria (ADDIS, 2009, p.440) (Figura 19). Desde então

vários modelos foram confeccionados para simular o comportamento estrutural de edifícios.

Figura 19 – Maquete de estudo para a Igreja da Catedral da Sagrada Família – Antoni Gaudi.

Fonte: Sites cerebrovortex ³⁶ (2013)

Outra forma de simular o comportamento do edifício pode ser obtida a partir do uso de modelos em túneis de vento. O Túnel de vento, utilizado até os dias atuais, é uma instalação que simula o efeito do movimento de ar sobre ou ao redor de objetos sólidos e são amplamente utilizados em laboratórios de modelos físicos para os projetos de aviões, automóveis, edifícios, pontes e outras estruturas das construções civis. Conforme Addis (2009), a avaliação é realizada por meio da análise de tensão fotoelástica na maquete para simular o comportamento de uma estrutura. Esta técnica é útil para a engenharia de estrutura quando os resultados dos testes realizados no modelo físico são utilizados para prever o comportamento de uma estrutura geométrica semelhante construída em maior escala (ADDIS, 2009). Em arquitetura é mais comum o uso dos modelos físicos em túneis de vento para o estudo da dinâmica do ar sobre as formas e composição do edifício (Figura 20).

³⁶ Site cerebrovortex. Disponível em: < <https://cervovortex.com/2013/08/19/silk-island/> > Acesso em 10 nov. 2016.

Figura 20 – Testes com modelos físicos em túnel de vento para medição da pressão, velocidade do ar

Fonte: Site GradientWind ³⁷ (2016)

O campo da acústica arquitetônica, segundo Addis (2009), é outra área na qual a experimentação com modelos físicos ainda é parte essencial do processo de projeto de teatros e salas de concerto de grande porte. Atualmente existem microfones minúsculos, que podem ser usados para o estudo das condições sonoras em cada assento em modelos de auditórios. Os modelos para esta finalidade geralmente são elaborados em escalas de 1:10, e para efeitos de estudos da acústica, pode-se considerar que as frequências do som em um modelo nesta escala, devem ser 10 vezes maiores em um auditório em escala real (Figura 21).

³⁷ Empresa GradientWind em Ontário - Canadá. Disponível em: <<http://www.gradientwind.com/resources/wind-tunnel-facility/>> Acesso em 15 set. 2016.

Figura 21 – Maquete acústica em escala 1:10 da Filarmônica de Paris -Projeto de Jean Nouvel

Fonte: Site Flickr ³⁸ (2008)

O uso do modelo físico como instrumento exploratório e de avaliação é observado também em estudos das condições ambientais, principalmente relacionados com a geometria solar. Ainda que existam atualmente *softwares* que executem esta tarefa, os modelos físicos ainda são muito utilizados nos ensaios do desempenho do edifício, quando relacionados à mecanismos de controle de eficiência energética e avaliações da iluminação natural (PEREIRA, 2006). Além do uso do próprio sol para simular as condições de insolação, como o modelo para estudo do Parlamento Alemão (*Reichstag*) em Berlim projetado pelo escritório Foster+Partners, alguns equipamentos e instrumentos podem também representar estas condições em ambiente controlado, tais como o *heliodon* e o relógio solar (Figura 22).

Figura 22 – Modelos para estudo de iluminação. À esquerda modelo para análise do Parlamento Alemão em Berlim de Foster+Partners e a direita maquete sendo testada no heliodon.

Fonte: Dunn (2010, p.19); Autor (2004)

³⁸ Site de imagens Flickr. Disponível em: <<https://goo.gl/pZzCGO>> Acesso em 10 abr. 2016.

O uso do modelo físico com propósitos de simular ambientes foi demonstrado por Azuma e Imai (2005), ao empregarem os conceitos de simulação junto a acadêmicos do curso de arquitetura e urbanismo. O exercício aplicado baseou-se na ideia de empregar os modelos, não apenas como a confirmação final de um projeto finalizado, mas como experimentação necessária para definição dos ambientes e espaços em um processo projetual.

A atividade proposta partia da elaboração dos elementos que compunham cada um dos diferentes planos de um ambiente construído (piso, paredes e teto), devendo os mesmos possuírem variações de texturas, cores e materiais, e também outras variantes como forma e dimensão dos vãos e aberturas, buscando a maior variedade para efeitos, relacionados à iluminação natural e/ou artificial. (Figura 23). Dessa forma, constituiu-se uma “biblioteca” de elementos (pisos, paredes e tetos) que puderam ser montados de modo fácil e rápido, simulando novos e diversos ambientes conforme a substituição de alguma peça, na qual cada composição era visualizada imediatamente.

Figura 23 – Biblioteca de peças para ser utilizada na simulação. Acadêmicos montando um dos ambientes de simulação, composto de piso, paredes e teto.

Fonte: Azuma e Imai (2005)

O mobiliário podia ser substituído em cada composição de ambiente, mas a sua principal finalidade era manter uma noção de escala ao ambiente em experimentação (Figura 24).

Figura 24 – Composições de uma sala de estar com troca de cobertura, paredes, piso.

Fonte: Azuma e Imai (2005)

Uma particularidade permitida pela simulação dos ambientes, percebida na aplicação, foi a possibilidade de visualizar a iluminação natural a partir do posicionamento da maquete conforme a orientação solar desejada, e verificar os efeitos e interferências da luz no ambiente (Figura 25).

Figura 25 – Composição de uma sala de estar com modificação das paredes, direção da inclinação teto e variação da posição solar.

Fonte: Azuma e Imai (2005)

A utilização de modelos como ferramentas de auxílio na percepção espacial permitiu um tipo de **simulação** envolvendo aspectos visuais, táteis e físicos que os desenhos, analógicos ou digitais não proporcionam (AZUMA; IMAI, 2005). O emprego de modelos, especialmente os tridimensionais (físicos ou não), pode contribuir para a construção de um conhecimento e repertório arquitetônicos, e também auxiliar no processo de comunicação entre o arquiteto e os clientes/usuários. (IMAI; AZUMA, 2009).

4.7 O modelo como protótipo

O protótipo, a partir do senso comum, geralmente é descrito como um modelo em tamanho real do produto a ser produzido em escala. Entretanto, este é apenas um dos significados desta palavra encontrados na literatura.

O termo protótipo, segundo Cunha (2013, p. 527-528), deriva do grego *prototypos*, sendo que **Proto** significa “primeiro, principal, primitivo”, seguido de **Tipo** que tem como significado “modelo, exemplar, símbolo”. Dessa forma, protótipo pode ser um original, primeiro exemplar ou modelo. Estas acepções de origem, implicam na definição prévia de um primeiro modelo completo apto à sua produção.

Estas considerações são corroboradas por Rozestraten (2003) apontando que no campo do *design*, o protótipo está relacionado com a industrialização, assumindo o conceito de um modelo que funciona como um pré-teste, anterior a uma produção em série, o qual é demonstrado em escala natural e com os materiais originais (ROZESTRATEN, 2003).

De acordo com Saura (2003), define-se como prototipagem toda ação ou processo de obtenção de uma cópia de um produto que se deseja fabricar, antes da sua efetiva produção, denominando-se este objeto obtido como protótipo. O protótipo é uma parte essencial do ciclo de desenvolvimento de um produto. É utilizado para analisar a forma, montagem e funcionalidade do projeto antes que um investimento significativo seja feito.

Contudo, Ulrich e Eppinger (2008) expandem este conceito definindo o protótipo como “uma aproximação do produto ao longo de uma ou mais dimensões de interesse”. Sob essa definição, qualquer coisa que apresente pelo menos um aspecto do produto para a equipe de desenvolvimento, pode ser visto como um protótipo. Esta definição difere do uso padrão do protótipo e possibilita a inclusão de diversas formas de representação do produto tais como: esboços conceituais, modelos matemáticos e versões funcionais para pré-produção (artefatos físicos para testar e experimentar).

Para Budde et al. (1992) existem diferenças no uso do termo protótipo dependendo das áreas de conhecimento. O protótipo de um *software*, por exemplo, não é a primeira amostra de uma grande série de produtos, como é o caso da produção em massa na indústria automobilística, pois a reprodução de um *software* não é um problema de engenharia. Outros exemplos que os autores trazem é o túnel de vento ou um modelo arquitetônico que demonstram, ou podem demonstrar na

prática, aspectos do uso do objeto e não apenas uma simulação do mesmo. E quanto às aplicações, os protótipos podem ser usados para esclarecer determinados problemas relevantes de especificação ou desenvolvimento, assim como também podem ser utilizados para fins experimentais e adquirir experiência prática (BUDDE et al., 1992).

Por conseguinte, prototipagem é o processo de desenvolvimento desta aproximação do produto. Segundo Beynon-Davies, Tudhope e Mackay (1999 apud SAFFARO, 2007), uma importante característica da atividade de prototipagem é sua natureza **experimental**, envolvendo um ciclo repetitivo de tentativas que incluem a produção do protótipo, avaliação e correção, até que as expectativas do cliente sejam satisfeitas.

Segundo Chew, Leonard-Barton e Bohn (1991) prototipagem tem como objetivo a redução de incerteza decorrente da implementação de novas tecnologias, podendo ser utilizada juntamente com outros recursos que promovam a aprendizagem.

A partir dos conceitos dos autores citados anteriormente, Saffaro (2007) constrói o seguinte conceito sobre a prototipagem: “A prototipagem pode ser definida como um exercício de aproximação do objeto em estudo, cujo principal propósito é a **redução de riscos e incerteza**, perseguida por meio de ciclos repetitivos de experimentação, envolvendo, tentativas, avaliações e correções até que o objetivo desejado seja atingido”.

Os protótipos, segundo Ulrich e Eppinger (2008), podem ser classificados em duas dimensões. A primeira dimensão considera que os protótipos podem ser **físicos** e **analíticos**. Protótipos físicos são artefatos físicos tangíveis, criados para aproximação do produto finais e são objetos construídos voltados para experimentação e testes físicos. Os protótipos analíticos caracterizam-se por representações intangíveis, normalmente constituídos por modelos matemáticos ou visuais. Exemplos de modelos analíticos são simulações com uso de programas computacionais e modelos tridimensionais (3D) assistidos por *softwares* da área de projeto. Ainda, segundo os mesmos autores, o modelo em 3D de um produto completo é denominado protótipo virtual, protótipo digital ou ainda *mock up*³⁹ digital.

³⁹ Significa modelo físico que imita o produto final, geralmente em escala natural (1:1). É um estudo posterior a volumetria, para fins de estudos ergonômicos iniciais ou teste simulado para a equipe de projeto; possibilita a

Uma segunda dimensão tomada por Ulrich e Eppinger (2000) para classificação dos protótipos, está relacionado com o grau de abrangência dos atributos do produto contemplados nos mesmos. Os protótipos são considerados abrangentes quando incluem a maioria dos atributos do produto, ou mesmo todos eles, apresentando-se como uma versão operacional deste, correspondendo ao entendimento literal da palavra protótipo. Os protótipos classificados como focados, abrangem um ou poucos atributos do produto, e tem como finalidade investigar detalhadamente os aspectos contemplados. Uma prática comum é a utilização de dois ou mais protótipos focados em conjunto para investigar o desempenho geral de um produto. Um destes protótipos pode estar relacionado à semelhança do objeto e o outro pode estar relacionado ao funcionamento. Por meio da construção de dois protótipos focados elaborados separadamente, os participantes podem responder às questões muito mais rapidamente se comparado com um protótipo abrangente integrado. Esta observação torna-se importante ao orientar o desenvolvimento do modelo proposto nesta pesquisa, considerando que o mesmo possa ser elaborado considerando apenas as características específicas do projeto.

4.8 Materialização digital – O modelo físico-digital

O computador cria uma distância entre o criador e o objeto, enquanto o desenho à mão e a elaboração de maquetes convencionais põem o projetista em contato tátil com o objeto ou o espaço. Na nossa imaginação, o objeto está simultaneamente em nossas mãos e dentro da nossa cabeça, e a imagem física projetada e criada é modelada por nossos corpos. Estamos ao mesmo tempo dentro e fora do objeto. O trabalho criativo exige uma identificação corporal e mental, empatia e compaixão. (PALLASMAA, 2012, p. 12)

O arquiteto, conforme visto anteriormente, sempre utilizou diferentes recursos para desenvolver e expressar seus projetos e, entre estes recursos estavam presentes os desenhos, a perspectiva, os modelos e as maquetes. Sendo que o uso dos modelos físicos foi mais intensificado para auxiliar na tomada de decisões à medida que ampliava a complexidade do projeto ou a própria arquitetura estava em momentos de transição, propondo formas inovadoras e pouco conhecidas.

reavaliação do produto, caso necessário, sem custos elevados. Os mesmos materiais utilizados nos modelos volumétricos podem ser utilizados para o *mock-up*. (VOLPATO et al., 2007)

Um dos motivos pelo qual a maquete vem sendo utilizada até os dias atuais, se deve grande parte à sua característica insubstituível de tangibilidade, e também, porque permite explorar e comunicar os projetos de uma maneira mais experimental, e às vezes, de um modo mais rigoroso que o restante dos meios de representação. E devido à necessidade de tridimensionalidade e materialidade nos sistemas de representação, tem levado, nos últimos tempos, a revalorização do papel da elaboração de modelos (PORTER; NEALE, 2000; MOON, 2005; DUNN, 2010; FLORIO; TAGLIARI, 2008; CONSALEZ, 2000).

A execução de modelos, invariavelmente dependeu de um conhecimento constituído pelo domínio técnico, ferramentas adequadas e principalmente a habilidade manual do artesão, independentemente se o construtor do modelo fosse o próprio arquiteto ou outro profissional específico para este fim. Desde a antiguidade, quando o arquiteto elaborava seu próprio modelo, a habilidade manual era uma condição essencial para a fabricação do mesmo. Entretanto, esta competência vem passando por níveis de maior para menor exigência a partir da introdução de novas máquinas e ferramentas no processo de confecção do mesmo. Em sentido contrário, as ferramentas vieram evoluindo e passaram a ser mais sofisticadas exigindo uma modificação no foco de conhecimento e habilidades (Figura 26). Embora sejam preservados e exigidos conhecimentos essenciais e habilidades manuais, cada vez mais o foco tem sido direcionado para o conhecimento de modelagem digital e operação de máquinas computadorizadas.

Figura 26 – Oficina de maquetes publicada na Revista *American Homes and Gardens* de Agosto de 1915 (à esquerda) e caixa de ferramentas usadas para elaboração de maquetes em 1922 (à direita).

Fonte: Moon, (2005, p. 184)

Esta transformação, que afeta a confecção de maquetes, está relacionada à incorporação de recursos disponibilizados pela informática, modificando

o próprio processo a partir da realização de vários objetos, que no processo exclusivamente manual eram muito difíceis ou demorados. Este processo, que já percorreu alguns estágios de desenvolvimento, e continua evoluindo, já apresentou resultados práticos consideráveis da sua aplicação.

O emprego das ferramentas CAD/CAM (*Computer Aided Design – Computer Aided Manufacture*) no trabalho do arquiteto não é um fato novo, e remonta os anos 90 (século XX), mas desde então, a sua aplicação tem sido ampliada a cada momento. A variedade, tanto de equipamentos, quanto de *softwares* para a elaboração de modelos digitais, na atualidade, é muito extensa e continua a crescer a cada dia. E na atualidade, apesar do modelo digital ser significativo no processo de execução de modelos físicos, não se pretende discuti-lo extensamente, mas situá-lo dentro do contexto da materialização digital do projeto.

É inquestionável que os computadores contribuíram na evolução do processo de projeto arquitetônico, e em certos momentos, indicavam que a maquete tradicional desapareceria e seria substituída por modelos digitais equivalentes, semelhante ao ocorrido no período das Belas Artes, quando o desenho ofuscou o uso do modelo físico (DUNN, 2010). Sobre este fato, Morris (2006) descreve que nos anos 90 (século XX), a maquete física tradicional parecia estar a um passo de desaparecer de cena, substituída por outras formas de representação arquitetônica como vistas aéreas e perspectivas de modelos digitais altamente renderizadas⁴⁰. Entretanto, e surpreendentemente, por motivo da própria evolução da informática e tecnologia de representação tridimensional, o modelo físico tem retornado para a área de arquitetura por meio de recursos e equipamentos de prototipagem e fabricação digital.

As maquetes, na época atual, embora continuem sendo confeccionadas parcialmente de modo artesanal, têm incorporado com mais frequência a utilização de recursos computacionais por meio dos equipamentos de CNC no seu processo de execução. O termo CNC origina das iniciais de *Computer Numeric Control* ou Controle Numérico Computadorizado e trata-se de um código numérico que permite controlar máquinas por meio do seu movimento, em coordenadas e eixos específicos. A trajetória de deslocamento e rotação são comandadas a partir de instruções geradas

⁴⁰ Em computação gráfica, renderização vem da expressão *rendering* que consiste em gerar uma imagem bidimensional a partir de um modelo 3D construído previamente. O processo é realizado por *softwares* que geram imagens a partir de complexos cálculos matemáticos que levam em consideração a aplicação de materiais, cores, luz, forma, reflexos, etc.

por computador em *softwares* específicos (MILLS, 2007). Segundo Beorkrem (2013), a tecnologia CNC foi desenvolvida originalmente em 1950 e utilizada para executar tarefas repetitivas codificadas, e atualmente com a disponibilidade de equipamentos e *softwares*, a sua aplicabilidade foi ampliada a quase todos os campos possíveis de fabricação.

O procedimento mais frequente, em uso há um certo tempo, é o envio de informações para equipamentos de CNC, tais como cortadoras a laser e fresadoras para corte automático e posterior montagem das peças obtidas. Segundo Dunn (2010), a integração da tecnologia digital com as técnicas tradicionais de criação de maquetes tem provocado mudanças importantes e interessantes na forma de interação com o processo de projeto arquitetônico (Figura 27).

Figura 27 – Processo de produção de maquetes na atualidade. Elaboração de desenho ou modelo digital (à esquerda) e equipamentos de corte CNC – Fresa 3 eixos (à direita).

Fonte: Morris (2006, p. 162 e 187)

Em outros casos, o modelo tridimensional digital é enviado para equipamentos de prototipagem rápida, tais como impressoras 3D. Neste processo especificamente, ocorre uma alteração substancial no modo de operação, pois ocorre a eliminação de etapas como montagem e colagem, para obtenção do objeto físico finalizado (Figura 28).

Figura 28 – Processo de Impressão em pó (à esquerda) e equipamento FDM (à direita).

Fonte: Morris (2006, p. 188); De Deugd (2015 ⁴¹)

Em relação a este processo, Morris (2006) expõe que os modelos resultantes do CAM (Computer Aided Manufacturing - fabricação auxiliada por computador) podem resgatar as qualidades dos modelos físicos. Os modelos obtidos com o CAM podem se assemelhar, em grande parte, com as maquetes da antiga escola as quais possuíam elevado acabamento e detalhe, mas não utilizam as mesmas técnicas rudimentares empregadas na confecção de maquetes tradicionais. Essas técnicas referem-se à realização de uma sequência de etapas constituída de desenho (planificação), corte, dobra, colagem e acabamento, que no modelo digital possui etapas diferentes ou até mesmo são deixadas de lado. Além disso, mesmo que os modelos por CAM se constituam de objetos em pequena dimensão ou escala, podem ser desenvolvidos em um ambiente digital que permite ser visualizado em escala ampliada nos monitores gráficos (MORRIS, 2006).

Este método apresenta grandes vantagens, tais como o elevado grau de precisão que pode ser alcançado, além da obtenção de peças com geometrias complexas. Há porém, um trabalho grande na conferência dos desenhos ou modelos antes de enviá-los para a execução no equipamento CNC, pois alguns erros serão verificados apenas durante a execução ou na finalização do objeto. Outra vantagem é que os objetos podem ser reproduzidos quantas vezes necessários, reduzindo desta forma, o custo da produção (DUNN, 2010).

⁴¹ Architects use 3D printing to prototype huge city project. Site Ultimaker. Disponível em: < <https://ultimaker.com/en/stories/18108-architects-use-3d-printing-to-prototype-huge-city-project/>> Acesso em 30 Nov. 2015.

Especificamente para o setor de arquitetura e construção civil, observa-se que a tecnologia que suporta a prototipagem digital e materialização digital pode ser amplamente aplicada em diversas etapas, desde o processo de *design*, até a produção do edifício. Estas aplicações estão relacionadas à materialização digital de peças, que vão desde objetos impressos em 3D para moldes, modelos em escala reduzida, peças ou partes em tamanho real para obras, etc. A tecnologia que se utiliza de máquinas de CNC, impressoras 3D, cortadoras a laser, *routers*, prototipagem rápida partem do princípio de que os objetos podem ser cortados, moldados ou construídos automaticamente a partir de equipamentos específicos (Figura 29).

Figura 29 – Equipamentos de CNC de 5 eixos XYZ+ rotação no eixos horizontal e vertical (à esquerda) e impressora 3D FDM (à direita).

Fonte: Oswald (2008, p. 157); Autor (2014)

A junção dos métodos analógicos com os digitais resulta em um sistema híbrido físico-digital, que possibilita processos e produtos que atendam à necessidade de representação no contexto atual, obtendo uma execução mais rápida e precisa. Esses métodos não devem ser considerados como concorrentes, mas sim complementares e inter-relacionados, buscando o uso combinado para um propósito comum, que é a melhor representação do projeto arquitetônico.

Neste aspecto, um exemplo de como estas tecnologias podem ser utilizadas, independente de seguirem etapas pré-definidas e sequências lógicas que normalmente se iniciam com a modelagem digital e posterior obtenção do modelo físico, é observado no processo adotado pelo arquiteto Frank Gehry. Kolarevic (2005) descreve que para alguns arquitetos, como Gehry, o meio preferido de projetar é utilizando a característica tátil e direta de um modelo físico, ao invés da manipulação de um modelo digital em uma tela plana de computador. Esta preferência de Gehry, segundo Duarte (1999), deve-se à sua demonstração de resistência em relação às

imagens de síntese resultantes do computador dos anos 80 (século XX), motivo este pelo qual prosseguiu com seu método de projeção a partir de maquetes físicas. Para Kolarevic (2005), no caso de Gehry, as tecnologias digitais não são utilizadas como meio de concepção, mas como uma forma de “tradução” de um processo que toma como entrada a geometria de um modelo físico e produz como saída a informação de controle codificada digitalmente, que é utilizada para conduzir várias máquinas de fabricação (Figura 30). Duarte (1999), ainda descreve que o modelo geométrico servia para potencializar a interação do escritório, os fabricantes e os construtores no canteiro de obras. E no caso do projeto da *Disney Concert Hall* o modelo CAD foi utilizado para controlar as máquinas de corte de pedra localizadas na Itália, e que posteriormente foram enviadas a *Los Angeles* para serem montadas no local da construção.

Figura 30 – Maquete de um projeto finalizado de Frank Gehry sendo escaneado com um scanner 3D tipo braço, 2000.

Fonte: Moon (2005, p. 202)

Considerado paradigmático, o método de Gehry foi amplamente estudado e divulgado, primeiramente por ter sido um dos precursores no uso de tecnologias digitais na arquitetura, e também o fato de um dos seus métodos de trabalho sugerir uma “inversão” no processo de projeto digital, que usualmente parte do modelo digital para posterior materialização em forma de modelos físicos para estudos e posterior construção de componentes do edifício. A suposta inversão é explicada por Kolarevic (2005), pois o processo de passagem do físico para o mundo digital é o inverso da fabricação assistida por computador, e que muitas vezes é

tratado como “engenharia reversa”. Entretanto, transpondo as barreiras do curso natural, neste caso, Gehry encontrou uma solução entre os instrumentos (*softwares* e *hardwares*) disponíveis para utilizá-los na prática de representação da sua arquitetura.

A tecnologia que permite que o modelo digital seja materializado abre leques para exploração e aplicação que vão, desde a fabricação de objetos em escala reduzida, como os modelos e maquete, até componentes em escala 1:1 para a utilização na construção de edifícios. Ainda que a abordagem do presente trabalho esteja focada no uso destas tecnologias no aporte à fabricação de modelos reduzidos, são citados alguns exemplos da aplicação da tecnologia de materialização digital no contexto da construção, pois são modificações que afetam o próprio processo de utilização dos meios de representação, incluindo-se a maquete e os desenhos. E neste sentido, Florio, Segall e Araújo (2007) observam que os modelos prototipados contribuem para melhorar a comunicação do projeto e mantém a importância do modelo físico como instrumento de experimentação no processo de projeto, pois este não pode ser completamente substituído por modelos digitais, principalmente por facilitarem a apreciação da proposta espacial, considerando que os sentidos de visão e tato atuam no espaço tridimensional físico.

4.8.1 Métodos de Materialização Digital.

Desde a introdução da tecnologia da informática a partir dos sistemas CAD na arquitetura, as suas aplicações vêm se ampliando vertiginosamente. Uma das etapas que sucederam o uso do CAD, foi a sua interligação com o sistema de fabricação denominado CAM (*Computer Aided Manufacture*), que é utilizado pela indústria desde os anos 90 (século XX), com aplicação no campo da arquitetura.

De acordo com Mitchell e McCullough (1995), a utilização da tecnologia CAD/CAM, conhecida também como Prototipagem Rápida (PR) permite produzir:

- 1) Modelos físicos em escala reduzida em materiais que não são os materiais do produto finalizado;
 - 2) Componentes de metal e outros materiais de produtos acabados;
 - 3) E em uma escala maior, as máquinas podem também ser utilizadas para produção de componentes de edifícios em tamanho natural.
- Neste caso, o modelo geométrico do *designer* pode ser utilizado no

local da obra, em conjunto com dispositivos eletrônicos e máquinas para auxiliar a montagem dos componentes.

No último exemplo, Mitchell e McCullough (1995) ainda não fizeram menção, mas posteriormente veio a culminar na expressão “Fabricação Digital”, que tem sido utilizada até os dias atuais. Uma das vantagens em relação aos sistemas CAD/CAM, colocadas por estes autores, é que além de reduzir custos, encurtar os cronogramas e reduzir a sobrecarga de informações, é possível também produzir componentes da construção que contenham forma complexas que seriam difíceis ou impossíveis de serem construídos da forma tradicional.

Em relação à definição de PR, existem controvérsias sobre os conceitos e processos envolvidos na obtenção do protótipo por esse processo. Ryder et al. (2002) explicam que o termo Prototipagem Rápida foi criado no final de 1980 a partir da comercialização da primeira tecnologia de Estereolitografia pela empresa 3D System. De acordo com Sass (2006) a PR vem sendo utilizada pela indústria desde então, principalmente por *designers* e fabricantes de produtos, para demonstrar conceitos de *design* para clientes por meio de modelos físicos.

No universo do desenho industrial, Carvalho e Volpato (2007) descrevem que o conceito de PR está relacionado ao processo de fabricação de peças, baseadas no princípio da adição de camadas, que a partir de informações geradas em CAD seriam enviadas diretamente a uma máquina que executaria o trabalho sem assistência de um operador. E o fato da concepção deste processo de fabricação ter sido aplicada inicialmente na produção rápida de peças, visando uma primeira materialização de ideia (protótipos), sem muitas exigências em termos de resistência e precisão, o mesmo foi denominado Prototipagem Rápida.

Esta definição é complementada por Celani e Pupo (2008) a partir da descrição que os métodos baseados na sobreposição de camadas destinados à produção de produtos finais são conhecidos como manufatura rápida (*rapid manufacturing*). E o termo rápido de prototipagem rápida ou manufatura rápida, refere-se ao fato desses sistemas não requisitarem nenhum tipo de assistência humana no processo de produção do protótipo.

A rapidez, portanto, não está na velocidade de execução do objeto, mas sim nos conceitos iniciais do processo, pois a construção de alguns protótipos, segundo Gorni (2003) pode levar várias horas ou vários dias, dependendo do tamanho e complexidade do objeto. A usinagem, por exemplo pode requerer dias ou mesmo

meses para produção de um único protótipo, mas mesmo assim, esses processos são bem mais velozes que os métodos manuais.

Apesar de Carvalho e Volpato (2007), considerarem apenas o método aditivo como PR, outros autores e pesquisadores da área de arquitetura como Celani e Pupo (2008), Dunn (2010), Florio e Tagliari (2008), Kolarevic (2005), Mills (2007) e Sass (2006), consideram que além do **aditivo**, outros métodos como o **subtrativo** e **formativo**, podem ser incorporados ao processo de PR. Considerando os tempos atuais, deve-se concordar com este pensamento, pois o surgimento constante de novos equipamentos e *softwares* sugerem que estes conceitos não devam ser estancados, mas sejam suscetíveis à inclusão de inovações, principalmente para a área de arquitetura.

Na definição de Sass (2006) há uma área maior denominada *Digital Fabrication* (Fabricação Digital), que abrange a aplicação da PR e tecnologia CAD/CAM, tanto para o desenvolvimento de projeto e produto, como para a construção de edifícios. Os métodos convencionais para produzir essas peças iniciam-se com um modelo digital que gera um arquivo para um equipamento específico que é fabricado rapidamente. Em relação aos equipamentos, Sass (2006) identifica três grupos de dispositivos: O primeiro são os dispositivos de **corte 2D** e englobam as cortadoras de vinil e a laser, Kolarevic (2005) acrescenta à estas as cortadoras a plasma e a jato d'água. O segundo abrange os dispositivos que operam com a **subtração** de material, tais como máquinas de usinagem do tipo fresadoras CNC que esculpem a partir de um bloco maciço ou chapas. E no terceiro grupo estão os equipamentos de trabalho como sistema **aditivo**, tais como as impressoras 3D a jato de pó e plásticos ou resinas líquidas, que adicionam camada por camada formando a peça desejada. Os três tipos de produção destinam-se a materializar a construção para o mundo real, a partir de dispositivos de PR, e são genericamente conhecidos como dispositivos de CNC.

Um outro grupo que pode ser acrescentado aos anteriores é composto por equipamentos **formativos**, que fazem uso de fôrmas flexíveis controladas numericamente que ajustam a altura e o formato, e após a aplicação de calor ou pressão o material é deformado e modelado conforme os contornos e curvaturas complexas da fôrma. Ou em outros casos, são utilizadas dobradoras e curvadoras CNC para a obtenção de chapas ou tubos metálicos conformados a partir de um modelo digital (KOLAREVIC, 2005; CELANI; PUPO, 2008).

Alguns exemplos de equipamentos CNC com variações de movimentos são descritos por Pottmann et al. (2007) no diagrama da Figura 31. Para a movimentação, as máquinas CNC dependem dos DOF (*Degrees of Freedom*, traduzido por graus de liberdade) para cada modelo. Os equipamentos variam desde os que possuem maior grau de restrição contendo dois eixos, até os que possuem maiores graus de liberdade para movimentação podendo chegar a 7 eixos, incluindo a variação de movimentos de rotação e inclinação na base que sustenta o sólido a ser modelado.

Figura 31 – Diagrama da relação de eixos de deslocamento e eixos de rotação para “liberdade” do equipamento.

Fonte: Pottmann et al. (2007, pos. 7575 ⁴²)

Pottmann et al. (2007) definem a PR como sendo o processo no qual as técnicas digitais são utilizadas para criar rapidamente protótipos funcionais de uma ideia, enquanto que, na fabricação digital e manufatura digital, as técnicas digitais são utilizadas para a fabricação do produto final em escala real. Entretanto, assumem que no processo de fabricação digital, a fronteira entre o modelismo e a construção em escala real fica menos nítido ainda, pois a mesma informação utilizada na fabricação do modelo em escala reduzida, pode também ser utilizada na fabricação do edifício final. Na maioria dos casos, as peças construtivas na escala real excedem o tamanho comportado pelos equipamentos de fabricação e, portanto, é feita uma subdivisão geométrica para produção de partes ou componentes e posterior montagem (POTTMANN et al., 2007).

⁴² Marcação de posição em livro em formato eletrônico para *Kindle*

Observa-se que os conceitos sobre Prototipagem Rápida ou Fabricação digital, envolvendo tanto o processo, quanto os equipamentos para a obtenção de um produto passam por constantes redefinições, principalmente pelo surgimento de novos equipamentos integrando-se ao processo produtivo. Assim sendo, o presente trabalho adotou o conceito de **Materialização Digital**, sugeridos por CELANI⁴³ (2014), para se referir aos objetos produzidos pelos equipamentos e processos **aditivos**, **subtrativos** e **formativos**, considerado ser um conceito mais amplo e menos controverso para abranger as definições da atualidade.

Os métodos de Materialização digital aplicáveis ao campo da arquitetura são descritos a seguir e constituem-se em processos **aditivos**, **subtrativos** e **formativos**. Observando que a intenção não é descrever todos os processos de materialização digital disponíveis e aplicáveis no campo de arquitetura, engenharia e construção, mas apenas exemplificar alguns dos métodos e processos mais utilizados objetivando compreender o uso de tais tecnologia no processo de projeto. Autores como Ryder (2002) e Pupo (2009) descreveram com mais detalhes os diversos tipos de equipamentos e tecnologias de prototipagem e fabricação digital (Figura 32)

Figura 32 – Campos de utilização de Prototipagem Digital e Fabricação Digital.

Fonte: Pupo (2009, p.9)

⁴³ Como componente da banca examinadora da qualificação deste trabalho em 08/05/2014, a Professora Doutora Maria Gabriella Celani sugeriu utilizar a expressão "Materialização Digital", como forma de referir-se às tecnologias que envolviam a construção tanto de modelos físicos, quanto de componentes para construção, a partir de bases de modelos geométrico digitais.

4.8.1.1 Método aditivo

Os métodos aditivos constroem objetos por meio da sobreposição de camadas muito finas ou de partes do modelo. Podem ser feitos por meio da pulverização de cera liquefeita, pulverização de aglutinante sobre um pó (impressoras a pó), produção de uma reação química que endurece um líquido (estereolitografia) (MILLS, 2007), ou deposição de filamento de termoplástico (FDM - Fused Deposition Modeling ou Modelagem por fusão e deposição).

De acordo com Gorni (2003), todos estes processos são constituídos por cinco etapas básicas:

1. Elaboração de um modelo 3D vetorial do objeto projetado em formato CAD;
2. Conversão do arquivo CAD em formato STL (para estereolitografia);
3. Fatiamento do modelo STL em finas camadas transversais (*software* de transferência e conversão);
4. Construção física do modelo, por empilhamento de camadas, uma sobre a outra;
5. Limpeza e acabamento do protótipo (Pós-processamento).

Os principais sistemas de materialização digital usados na produção de modelos estão descritos a seguir:

Estereolitografia

A estereolitografia utiliza um laser para traçar uma seção do modelo sobre um líquido. A área traçada endurece ao ser atingida pela luz, assim, a base do modelo desce no tonel de líquido até a profundidade da próxima seção. (MILLS, 2007),

Impressora 3D - 3DP

O processo de impressão 3DP foi desenvolvido pelo MIT na década de 1990 e comercializado para diferentes sistemas. No processo de 3DP, um aglutinante líquido (*binder*) é pulverizado por cabeçotes de impressão, sobre uma superfície de um leito de pó, semelhantes às impressoras a jato de tinta. Após a impressão de uma camada, ela endurece, a base do leito desce de acordo com a resolução configurada, de modo que outra camada de pó possa ser acrescentada, e a impressão de sucessivas camadas finas formam o objeto tridimensional. Neste processo os modelos

não necessitam de suportes para apoiar as partes suspensas, pois o próprio pó que rodeia a peças sustenta as partes endurecidas. Após a finalização da impressão, ocorre uma etapa de pós-processamento, na qual o excesso de pó é retirado por jato de ar e, devido à fragilidade, as peças recebem uma infiltração de cera, resina ou cianoacrilato (Figura 33). O pó que não foi utilizado retorna ao reservatório. (RYDER et al., 2002; MILLS, 2007).

Figura 33 – Diagrama de funcionamento de uma impressora 3DP (à esq.) e modelos arquitetônicos produzidos (à dir.)

Fonte: Site Dreams (2010) ⁴⁴; MI-YOUNG (2012, p. 29).

FDM – (Fused Deposition Modeling)

A modelagem por fusão e deposição (FDM), uma técnica de fabricação aditiva, tem-se popularizado nos últimos anos, principalmente pelo baixo custo para aquisição e também pelo baixo valor do material que utiliza como matéria-prima para fabricação dos protótipos. Os equipamentos que se utilizam desta tecnologia têm sido nomeados comercialmente como 3D Printers ou Impressoras 3D, na Figura 34 é possível observar um diagrama do funcionamento de uma impressora FDM com dois materiais, sendo um deles utilizado como suporte para impressão das camadas do material do modelo. A quantidade de material suportado pela impressora varia muito conforme o modelo, as mais comuns são as que possuem de um a três bicos extrusores, considerando que cada bico suporta um tipo de material. A FDM funciona por extrusão de filamento a base de polímero termoplástico que é aquecido por um

⁴⁴ Esquema de funcionamento de impressora do tipo 3DP. Disponível em: < <http://www.me.vt.edu/dreams/binder-jetting/> > Acesso em 20 jul. 2015.

bico de extrusão o qual vai depositando o material amolecido, primeiramente sobre a base de impressão e posteriormente sobre a camada inferior depositada.

Figura 34 – Diagrama de funcionamento de uma impressora FDM (à esq.) e modelo arquitetônico produzido (à dir.)

Fonte: Lambert (2014 ⁴⁵); Autor (2014).

A cabeça de deposição (extrusora) “imprime” fatias transversais de um modelo 3D com o termoplástico camada por camada, até que o empilhamento de várias camadas forma o objeto 3D físico. Uma estrutura de sustentação pode também ser depositado permitindo a fabricação de estruturas suspensas. O material de suporte, que funciona como andaime, pode ser removível no caso de modelos de FDM com apenas uma extrusora, ou também podem ser de material solúvel, no caso de sistemas que possuem mais de uma extrusora. Os equipamentos de FDM estão em constante desenvolvimento e aperfeiçoamento, sendo que, até então, a qualidade final do produto não possui um acabamento muito bom. Alguns equipamentos estão sendo comercializados atualmente com a resolução de 20 microns (0,02 mm) de espessura no eixo Z.

Selective Laser Sintering – SLS (Sinterização Seletiva a Laser)

O SLS é o método de fabricação aditiva que utiliza um processo de leito de pó de fusão para construir peças 3D. O diagrama da Figura 35 ilustra o processo de funcionamento da impressora. O material de construção utilizado é um polímero em pó, geralmente de nylon, é transferida de reservatórios para a o leito de construção a partir de uma ferramenta de recobrimento. Um laser em seguida, verifica

⁴⁵ Esquema de funcionamento de impressora do tipo FDM. Site Sculpteo. Disponível em: < <http://www.sculpteo.com/blog/2014/05/13/right-plastic-production-method/>> Acesso em 30 jul. 2015.

seletivamente a fina camada de pó, o conjunto da sinterização das partículas de pó forma a seção transversal da primeira camada da parte 3D. A plataforma de construção, em seguida, desce um nível de resolução para que uma nova camada de pó recubra a primeira camada. E assim sucessivamente, as camadas são digitalizadas e sinterizadas. O processo de escaneamento por laser gera simultaneamente a camada atual e contígua à camada anterior, transformando em uma parte sólida. Neste processo não há necessidade de gerar material de suporte, pois o próprio pó não-sinterizado serve de apoio para estruturar a camadas superiores.

Figura 35 – Diagrama de funcionamento de uma impressora SLS (à esquerda) e modelo produzido (à direita)

Fonte: Lambert (2014 ⁴⁶); Autor HOMO FABER Exhibition 2015 (2015 ⁴⁷).

4.8.1.2 Método subtrativo

Os equipamentos subtrativos trabalham com a remoção de material por meio de corte ou da “marcação” do material. Funciona com uma fresa giratória que se move para coordenadas especificadas geradas em *softwares* que alimentam as máquinas com instruções. As mais comuns trabalham em dois ou três eixos (XYZ), mas existem algumas que podem trabalhar com variações de rotação chegando a sete eixos (MILLS, 2007). Inclui-se neste grupo as cortadoras a laser, jato d’água e

⁴⁶ Esquema de funcionamento de impressora do tipo SLS. Disponível em: <<http://www.sculpteo.com/blog/2014/05/13/right-plastic-production-method/>> Acesso em 30 jul. 2015.

⁴⁷ HOMO FABER EXHIBITION. Digital Fabrication in Latin America – Caad futures 2015>the next city. São Paulo, SP, 2015.

plasma, pois trabalham com a retirada de material. Em seguida são descritos e exemplificados os principais equipamentos utilizados na prototipagem e suas aplicações.

Fresagem – Millestone CNC

Para desgastar ou cortar o material, a fresa precisa chegar ao modelo de todos os lados cinco eixos diferentes. A broca instalada em um braço rotatório e a base de trabalho giram automaticamente, para acessar a parte inferior. Este método é muito utilizado em modelos de grandes dimensões e em alguns casos são utilizados para a elaboração de detalhes e componentes de edificações em escala real (MILLS, 2007),

Cortadoras a laser

Embora o produto da PR esteja evoluindo para se tornar um sistema completo e mais automatizado na produção de maquetes, as cortadoras a laser, devido à sua rapidez e qualidade de corte, ainda são bastante utilizadas na produção dos componentes ou kits de partes a serem conectados (MILLS, 2007).

As cortadoras a laser são equipamentos semelhantes aos primeiros plotters eletromecânicos que desenhavam com caneta, com exceção de utilizarem um laser como dispositivo de corte no lugar do traçador. Esta cortadora é controlada por um computador que envia informações contendo coordenadas para que a mesma possa se movimentar em dois eixos, X e Y. Possui alta precisão e dependendo da dimensão da área de trabalho e potência do equipamento, podem cortar desde materiais de pequena espessura como papelão e plástico, até espessuras de materiais que podem ser utilizados na obra, tais como madeira e metal. Além de cortar, estes equipamentos permitem fazer gravação em relevo. Realizam cortes finos e com grande precisão, e podem ser utilizadas para produzir modelos de alta precisão e detalhamento (MITCHELL; McCULLOUGH, 1995).

No processo que utiliza a cortadora a laser, os modelos 3D necessitam ser planejados, ou seja, os componentes que formarão a maquete devem ser transformados em planos. A planificação pode ser realizada de duas maneiras, a primeira por processo “não automatizado”, no qual o operador desenha as peças individualmente, e a segunda quando as peças são planificadas automaticamente a

partir de um modelo digital geométrico utilizando-se *softwares* que realizam operações de *unfolding* (desdobramento), fatiamento ou *scripts* específicos.

4.8.1.3 Método Formativo

O método formativo, descrito por Mitchell e McCullough (1995), é constituído por técnicas de modelagem por formas que remodelam um material existente por meio da aplicação de força, calor, vapor, etc., semelhantes ao método utilizado pelo ferreiro para remodelar o metal, ou como ao utilizado na indústria naval que modelam as chapas prendendo-as à uma estrutura.

Segundo Celani e Pupo (2008), o processo formativo assemelha-se a um molde versátil, com capacidade de se adaptar a diferentes formas. Tem-se como exemplo, os moldes adaptáveis para produção de placas de vidro com curvaturas especiais, que possuem regulagem da altura de pinos controlados numericamente por computador que dão o formato da fôrma. Conforme Kolarevic (2005), a curvatura pode ser obtida por meio do aquecimento, onde o material, após a deformação, se molda aos contornos da fôrma, podendo o material, ser lâminas de vidro, plástico moldado ou metal estampado (Figura 36). As curvas em chapas planas e tubos podem ser feitas em dobradeiras e calandras CNC.

Figura 36 – Molde CNC para moldagem de acrílico. Peças para o Pavilhão Bubble BMW de 1999 da ABB Architekten/Bernhard Franken.

Fonte: Kloft (2010, pos. 1904⁴⁸)

⁴⁸ Marcação de posição em livro em formato eletrônico para *Kindle*

4.8.2 Softwares para modelagem e conversão automática de peças para prototipagem.

O uso dos equipamentos descritos anteriormente é motivado, muitas vezes, pelo surgimento de *softwares* com interfaces mais fáceis de trabalhar, tanto em relação à modelagem generativa, quanto nos *softwares* específicos que transformam o modelo digital em arquivos que são enviados aos equipamentos de CNC, para corte ou modelagem física. Por existir uma diversidade *softwares* que executam estas tarefas, neste trabalho são exemplificados apenas alguns para compreensão do processo de materialização digital.

Na fase generativa, basicamente qualquer *software* de modelagem pode ser utilizado para gerar o modelo geométrico digital, desde que possua suporte para ser exportado para outros *softwares* específicos que realizam a decomposição do modelo, ou em finas camadas para serem impressas, ou ainda, em componentes a serem cortados nos equipamentos. É necessário, entretanto, que o operador conheça os formatos compatíveis de intercambiabilidade de informações que cada *software* suporta. Por vezes, no intercâmbio de informações entre *softwares*, pode ocorrer alguma perda de informação ou erros de operação, de qualquer forma, é necessário que as informações sejam conferidas e ajustadas antes de serem enviadas para a execução da peça, e mesmo assim, erros podem ser notados apenas após a peça ser executada.

Alguns *softwares* trabalham com a modelagem paramétrica, ou seja, ao se mudar alguns parâmetros, os *scripts* do computador modificam demais informações que estão interligadas. Dessa forma, ao se modificar os parâmetros de um projeto, a solução final também é alterada imediatamente, facilitando o processo criativo pela modificação de geometrias e relações. *Rhinoceros*, *Solidworks*, *SketchUp* e *AutoCAD* são alguns dos *softwares* utilizados para a modelagem geométrica digital, sendo o *Grasshopper* um *plugin* para o *Rhinoceros* e utilizado para construir algoritmos generativos, facilitando o trabalho com sua interface baseada em caixas de diálogo para entradas e saídas formais (BRUSCATO; ROBASKI, 2013).

Outros *softwares* além de possuírem recursos de modelagem tridimensional também possuem recursos que fazem a planificação do modelo pelo

processo de *unfolding* (desdobramento), ou seja, transformam os modelos digitais 3D em peças planas para serem cortados automaticamente ou manualmente e posteriormente montados (Figura 37). *Form.Z*, *Pepakura 3D* e *Rhinoceros*, são alguns exemplos de *softwares* que trabalham com o recurso de *unfolding*. Os programas também especificam linhas de marcação de corte, dobras internas e externas e nomeação das partes, facilitando a montagem do objeto.

Figura 37 – Imagens de um experimento de Florio e Tagliari (2008) utilizando a técnica de *unfolding* para obtenção de desenhos 2D a partir de um modelo 3D usando o *software Form Z*.

Fonte: Florio e Tagliari (2008, p. 4)

Outro exemplo é o *123D Make* da *Autodesk*, trata-se de um *software* paramétrico que transforma modelos 3D digitais em objetos “fatiados”, podendo estas fatias serem cortadas em equipamento CNC do tipo fresa ou cortadora a laser, e montadas posteriormente formando o modelo físico. O *software* oferece opções de técnicas de fatiamento (empilhamento, radial, intertravamento e curvas) que em seguida gera desenhos com padrões vetorizados para serem montadas em um tipo de quebra-cabeças tridimensional (Figura 38).

Figura 38 – Interface do software 123D Make. Menu com opções de tipo de fatiamento e numeração automática das peças.

Fonte: Autor (2015)

4.9 O modelo paramétrico físico-digital

Esta pesquisa tem como foco os modelos físicos paramétricos com características híbridas, pois incorporam parcialmente, informações digitais em formato de planilha. Entretanto, apesar de diversas pesquisas na atualidade produzirem material sobre este tema, o presente trabalho não poderia deixar de relacionar as influências desta tecnologia no modelo desenvolvido. Dessa forma, buscou-se na literatura uma relação entre os modelos físicos, os modelos digitais e a parametrização. Algumas destas relações já foram citadas anteriormente na abordagem sobre a materialização digital.

Sobre o modelo geométrico digital, Florio (2005) descreve que o mesmo permite examinar vários aspectos e características do ambiente projetado, por meio da simulação do objeto a ser construído. Podendo desta maneira, analisar sincronicamente aspectos estéticos, técnicos e perceptivos relacionados às características do edifício. A capacidade de simulação de objetos e a possibilidade de experimentações e modificações, a partir dos recursos do modelo digital é na realidade superior ao que o modelo físico suporta, entretanto, a visualização é

condicionada e restrita a uma tela plana de computador. Ainda que existam recursos adicionais que poderiam minimizar esta limitação, como o uso de óculos 3D para a Realidade Virtual imersiva, CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment – Caverna digital*), etc., os mesmos não são facilmente acessíveis.

As diferenças entre os ambientes digitais e físicos são explicadas por Flório (2005) a partir da descrição do meio e da ferramenta, onde o meio é utilizado como suporte estrutural, servindo como um pano de fundo que suporta as ações das ferramentas. Em relação às diferenças entre o meio físico e o meio digital: no meio físico a ação é concreta, e, portanto, mais tangível e atua sobre a matéria e; no meio digital a ação é mais abstrata, logo, menos palpável.

Sobre o meio digital, Righetto (2005) descreve que as imagens projetadas na tela do computador, não são análogas ao mundo real, mas seu simulacro digital. Apesar de não possuírem materialidade, elas podem operar como se fossem o objeto real, comportando-se como se possuíssem propriedades físicas. Neste sentido, o meio digital dispõe uma nova forma de projetar e de representar, que vai além das representações projetivas bidimensionais, possibilitando trabalhar com o próprio objeto ou componentes do edifício, tais como pilares, paredes, janelas, lajes, vigas, telhados, e todos os seus sistemas. Este conceito denomina-se parametria, no qual é possível controlar as características geométricas e físicas dos objetos por intermédio de parâmetros de criação e modificação, onde os mesmos são atualizados automaticamente no modelo. A representação do edifício, realizada por meio de desenhos bidimensionais, teve um salto evolutivo, com a possibilidade de modelar tridimensionalmente o objeto em projeção e simular diversas situações para avaliação do projeto. Segundo Oliveira e Fabrício (2011) a parametrização é definida como uma ferramenta que ajusta o desenho automaticamente quando um novo valor é atribuído a algum elemento, e que o desenho paramétrico permite a exploração de diferentes alternativas em um modelo interativo, facilitando as decisões de projeto.

O parametrismo não é um conceito exclusivo dos meios digitais, Runberger (2008), cita os exemplos clássicos de parametrismo em modelos físicos, como as catenárias desenvolvidas por Gaudi e Frei Otto, nos quais uma série de elementos estão interligados em cadeia e estabelecem automaticamente a otimização do desempenho de uma estrutura, e a qualquer modificação na configuração topológica, o modelo é atualizado.

Na atualidade, um conceito que tem como base o uso de protótipos virtuais com propriedades paramétricas utilizadas na simulação de edifícios, tem sido denominado pela expressão *Building Information Modeling* (BIM) traduzido como Modelagem de Informação da Construção. *Softwares* como *Vectorworks*, *Archicad*, *Revit*, entre outros, trouxeram uma nova dimensão ao processo do projeto arquitetônico e modelagem tridimensional, passando a apresentar novas nomenclaturas dimensionais como o 4D, 5D ou nD, que vão desde a representação do projeto até o acompanhamento do edifício ao longo do seu ciclo de vida. Segundo Eastman et al. (2008), uma das características fundamentais do BIM é a modelagem por meio de objetos paramétricos, que definem os parâmetros necessários para uma especificação completa ou relevante de um modelo ou objeto geométrico. Assim, o projeto de um edifício deixa de conter apenas desenhos de linhas e textos representativos de objetos, passando a ser um modelo que, além da geometria, possui grande quantidade de informações acessíveis sobre as características e propriedades de todos os objetos contidos em si.

Segundo Rumberger (2008), embora os modelos BIM sejam paramétricos, a propriedade mais importante nestes modelos é a vinculação da geometria com as informações do modelo, que podem abranger dimensões, materiais, tempo de produção, custo, fornecedor, etc. A integração dessas informações pode ser utilizada para a resolução de problemas de soluções de *design*, estimativas de orçamento e compras, bem como a gestão de projetos e construções.

No setor da construção civil, a complexidade das construções e seus desafios de tempo, custos, novas tecnologias, volume e armazenagem de informações alavancaram o uso da tecnologia BIM. Tal sistema tem se tornado eficaz na simulação, gerenciamento, integração e coordenação de equipes de projetos e obras. Há ainda como vantagem a melhor visualização e compreensão da construção, facilitando a comunicação entre os envolvidos nos processos. (Figura 39)

Figura 39 – Ilustração do conceito de BIM.

Fonte: Site Diário Imobiliário (2015)⁴⁹

A partir do conceito de nD adotada pelo BIM, que até o momento se constitui de 8 dimensões, sendo as seguintes: 2D BIM - Projetos e Especificações; 3D BIM - Visualização 3D e Coordenação do Projeto; 4D BIM - Cronograma de fases baseado no modelo (simulação da obra) (Figura 40); 5D BIM - Estimativa de custo baseado no modelo; 6D BIM - Aquisição e análise de propriedades térmica; 7D BIM - Aplicações Operacionais do Ciclo de Vida; 8D BIM - Entrega do Projeto Integrado. As dimensões que mais interessam para a simulação são as 4D e a 6D, respectivamente a simulação da obra e a análise de propriedades térmicas que podem ser projetadas em *softwares* específicos, tais como o *Naviswork* e *Ecotect*.

⁴⁹ Site diário Imobiliário. Disponível em: <<http://www.diarioimobiliario.pt/Arquitectura/Building-Information-Modeling-BIM-A-revolucao-nos-projectos>>. Acesso em 30 set. 2015.

Figura 40 – Uso do 4D para simulação da construção do edifício.

Fonte: Site MR AS BUILT (2013)⁵⁰

Um exemplo de modelo híbrido atual desenvolvido como sistema de apoio à decisão de projeto urbano voltado para pessoas leigas, pode ser conferida em uma Plataforma de projeto colaborativo (*Collaborative Design Platform*). A tecnologia é baseada em uma mesa de multitoque com reconhecimento de objetos 3D com marcadores. Podendo simular a ventilação e interagir com a perspectiva projetada.

Figura 41 – Simulação interativa produzida em tempo real a partir da modificação do modelo 3D

Fonte: Schubert et al. (2015)

⁵⁰ Site MR AS BUILT. <Disponível em: < www.mrasbuilt.com/MAB_BIM_Navis.html>. Acesso em 30 set. 2015.

4.10 As limitações dos modelos físicos

Assim como foram relacionadas as vantagens obtidas a partir do uso dos modelos físicos ao longo da história, também devem ser consideradas as limitações que estes instrumentos carregam em suas aplicações.

A principal, sem dúvida, é a limitação na representação de uma realidade ou objeto real, pois sendo o mesmo uma redução das características, não poderia jamais representar a realidade na sua totalidade (SERRA, 2006; ECHENIQUE, 1975). Em seu tratado, Vitrúvio (2006)⁵¹ ressalta que nem tudo pode ser feito com as mesmas regras, referindo-se aos modelos reduzidos como protótipos de máquinas, ou seja, as características geométricas são dependentes das relações físicas do material utilizado na elaboração do modelo.

Na visão de Zevi (2009), sobre a limitação da maquete física, ainda que reconheça a sua utilidade e necessidade de ser aplicada no ensino de arquitetura, a mesma não é plenamente satisfatória para a representação do espaço, pois não contempla o principal fator da concepção espacial que é o parâmetro humano. Para que a representação plástica fosse perfeita, seria necessário supor que na composição arquitetônica houvesse apenas relações entre as suas diversas partes, independente do espectador. Neste caso, Zevi (2009) exemplifica o caso de um belo palácio, se o mesmo fosse reduzido proporcionalmente, às dimensões de mobiliário, seria obtido apenas um belo móvel. Neste sentido, ressalta a importância da escala, pois o caráter de toda obra, tanto em seu exterior ou interior refere-se à relação entre as dimensões do edifício e as dimensões do homem. Devido ao produto arquitetônico ser qualificado pela sua escala, as maquetes físicas não são suficientes para representá-lo ou imitá-lo.

Neste mesmo sentido, Sainz (1994 apud BASSO, 2008) salienta que esses modelos significam um meio de representação insuficiente, pois apesar do modelo permitir observar a composição geral do edifício e de seus elementos arquitetônicos, ele não consegue trazer a visualização do projeto para o olhar do observador, ou seja, a visão do edifício em uma maquete nunca se equivale a do observador dentro da obra, tornando o modelo um meio de representação irreal.

⁵¹ POLLIO, M. Vitruvius. **Vitrúvio - Tratado de arquitetura**. Traduzido por M. Justino Maciel. São Paulo, Martins Fontes, 2007. Referente ao livro de Vitruvius: De architectura libri decem, escrito no período de 27 a 16 a.C. e divulgado somente no período renascentista.

Sendo assim, o uso do modelo físico só se torna mais próximo de uma visualização real do edifício, se fizer uso de técnicas de fotografia (macro fotografia) que permitam gerar a sensação de se estar dentro da obra em estudo.

Além das observações anteriores, Morris (2006) aponta algumas vantagens e desvantagens da maquete física dentro de um contexto atual:

Vantagens:

- a) As maquetes físicas comunicam bem, e mantêm um fascínio especial para os não-arquitetos, e são muitas vezes, a primeira revelação de um projeto que um leigo pode facilmente apreender;
- b) Podem vender um projeto, em parte por lidar com a vaidade de um cliente. Em virtude de sua escala reduzida, o modelo simultaneamente engrandece o espectador;
- c) Um modelo desencadeia memórias e associações de infância: modelos se assemelham à brinquedos;
- d) O todo é apreendido com antecipação das partes, a "ideia global" pode predominar em qualquer avaliação do projeto;
- e) Sendo realizado em três dimensões, não importa quão pequena, o modelo sugere que o projeto já é um pouco real, ou mais real do que o projeto apresentado nas plantas, cortes, fachadas.

Acrescenta-se às vantagens anteriores: A facilidade de visualização sob ilimitados pontos de observação; A tangibilidade e tatilidade do objeto; E a **possibilidade de simular o projeto**.

Desvantagens:

- a) As maquetes tradicionais demandam tempo, dinheiro, materiais especiais e determinados níveis de trabalho artesanal.
- b) São, às vezes, difíceis de refazer ou modificar;
- c) São difíceis de armazenar, e de se conservar;
- d) A apreensão rápida de uma maquete pode levar alguns a interpretar mal ou chegar a conclusões erradas sobre a intenção de um projeto;

- e) Revelam prontamente quaisquer lacunas no desenvolvimento de um projeto e abrem mais brechas para crítica de um projeto.⁵²

Acrescenta-se às desvantagens anteriores: A dificuldade de transporte e dependência do conhecimento, criatividade, habilidade e recursos do executor da maquete.

4.11 Síntese conclusiva

O avanço tecnológico disponibiliza, para o campo da arquitetura, vários novos recursos que possibilitam a versatilidade na representação tridimensional do objeto arquitetônico e simulação do edifício a ser construído. Nos dias atuais os recursos computacionais, essenciais na representação arquitetônica, interagem com os desenhos projetivos e os modelos físicos, fazendo parte de sua própria elaboração e ampliando as possibilidades de representação e simulação de espaços e do edifício.

Os modelos tridimensionais, tanto os físicos, quanto os digitais, foram aplicados na arquitetura com variações conforme o período histórico e os pensamentos predominantes de cada época. E esta condição temporal não retira do modelo algumas características de sua aplicação. Uma dessas características é o seu emprego na concepção do projeto, como ferramenta projetual utilizada conjuntamente com os desenhos manuais, computadorizados e a representação projetiva tradicional. A possibilidade do emprego dos modelos físicos nessa etapa projetual aproxima-se mais de um processo híbrido, associando o uso de instrumentos digitais na execução de modelos físicos.

⁵² Apesar de Morris (2006) citar como uma desvantagem, sob o ponto de vista do arquiteto, que não gostaria de ter lacunas observadas, acredita-se que isso possa ser um ponto vantajoso na visão do cliente em relação ao projeto.

5 MÉTODO DE PESQUISA

5.1 DESIGN SCIENCE RESEARCH

A partir da colocação do problema e delimitação dos objetivos, buscou-se identificar a estratégia mais adequada para a pesquisa. Tendo considerado que esta pesquisa assume uma característica exploratória e propositiva, não se enquadrando nas tradicionais metodologias científicas, definiu-se que a estratégia mais adequada seria a abordagem metodológica da *Design Science Research* (DSR). Neste sentido, March e Smith (1995) explicam que definir o método a ser adotado na pesquisa depende do objetivo da mesma. Distintamente da pesquisa em ciências naturais, que possui um caráter descritivo e tem uma intenção explicativa, a DSR oferece prescrições e cria artefatos que incorporam tais determinações. Segundo Lacerda et al. (2013), a DSR tem como objetivo a produção de conhecimento que seja aplicável e útil para a solução de problemas relevantes do mundo real que requeiram resoluções práticas ou a criação de artefatos inovadores. E a partir dos resultados empíricos obtidos a teoria inicial é realimentada.

Conforme esclarece Fazenda⁵³ (2013), a DSR tem sido aplicada há mais tempo em outras áreas, contudo recentemente tem sido aceita e utilizada como metodologia de pesquisa no campo de Arquitetura. Fazenda (2013) explica que o foco da DSR está em produzir e aplicar conhecimento na criação de artefatos eficazes, ao invés de produzir apenas conhecimento teórico.

As pesquisas que adotam a abordagem da DSR aqui no Brasil estão concentradas nas áreas de Engenharia de Produção e sistemas, Medicina, Administração e Sistemas de informação. E apesar da utilização da DSR como método de pesquisa não ter uma divulgação expressiva por enquanto, existem diversas teses e dissertações em andamento, estando algumas já defendidas na área de arquitetura e urbanismo podendo citar: Rocha (2011), Tillmann (2012), Cuperschmid (2014), Caixeta (2015), Monteiro (2015) e Yokota (2015), referenciadas no presente trabalho. E considerando o surgimento recente de publicações nacionais sobre procedimentos metodológicos sobre a DSR, evidencia o crescente interesse em

⁵³ FAZENDA, Patrícia T. **Design Science Research**. Palestra em sala. Organização: Café com pesquisa 2013 edição especial. Instituto de Arquitetura e Urbanismo – IAU-USP. São Carlos, Agosto 12, 2013.

relação à esta abordagem entre os pesquisadores do Brasil (LACERDA et al., 2013; DRESCH; LACERDA; ANTUNES JUNIOR et al., 2015; DA SILVA; COSTA, 2014).

Conforme LACERDA et al. (2013), a DSR tem como um dos seus precursores Herbert Simon⁵⁴ quando expressou em seu livro “Ciências do artificial”⁵⁵ a possibilidade de estudos sobre o universo “artificial”, descrevendo que as “ciências do artificial” se ocupam da “concepção de artefatos que realizem objetivos”, ou seja, possuem um caráter propositivo para que se atinja determinadas finalidades. As áreas de arquitetura e de engenharia, neste sentido, tem uma proximidade grande com este conceito, considerando que as escolas de engenharia e de arquitetura tem desempenhado a função de ensino sobre este universo do artificial, a partir de criações e projetos de artefatos que possuam propriedades desejadas e alcancem objetivos definidos (LACERDA et al., 2013). Neste sentido FAZENDA (2013) também explica que o significado de *design* em DSR está relacionado à “projeto”, ou seja, projetar uma ferramenta para determinada finalidade objetivada inicialmente. A palavra *design* para Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015), significa realizar mudanças em um determinado sistema objetivando transformar as situações em busca da sua melhoria. Sendo esta mudança, realizada pelo homem, o qual aplica o seu conhecimento para criar, ou seja, desenvolver artefatos ainda inexistentes.

Formoso (2015,) ⁵⁶,define a DSR como uma abordagem metodológica constituída por elaboração de artefatos que tragam benefícios às pessoas.

É uma forma de produção de conhecimento científico que envolve o desenvolvimento de uma inovação, com a intenção de resolver problemas do mundo real e, ao mesmo tempo, fazer uma contribuição científica de caráter prescritivo. Esse tipo de pesquisa produz como resultado um artefato que representa uma solução para uma ampla gama de problemas, também denominado conceito de solução, que deve ser avaliado em função de critérios relacionados à geração de valor ou utilidade.

A DSR, também denominada por Lukka (2003) como *Constructive Research*, ou pesquisa construtiva é descrita por este autor contendo as seguintes características fundamentais:

⁵⁴ SIMON, H. A. The Sciences of the Artificial. Cambridge: MIT Press, 1969.

⁵⁵ A primeira edição do livro Ciências do Artificial de Herbert A. Simon foi publicado em 1968 tendo como título original “*The Science of the Artificial*”.

⁵⁶ FORMOSO, C. T. Apresentação 2. In: DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JUNIOR, J. A. V. Design Science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. [recurso eletrônico]: Porto Alegre: Bookman, 2015.

1. Concentra-se em problemas do mundo real que mostram relevância para serem resolvidos na prática,
2. Produção de uma construção inovadora destinada a resolver o problema inicial do mundo real,
3. Incluir uma tentativa para implementar a construção desenvolvida realizando um teste da sua aplicabilidade prática,
4. Implica um envolvimento e ampla cooperação entre o pesquisador e profissionais envolvidos em um tipo de equipe, no qual se espera que ocorra uma aprendizagem experimental,
5. É nitidamente ligada ao conhecimento teórico prévio, e
6. Presta especial atenção à reflexão dos resultados empíricos retornando-os à teoria.

Segundo Hirota⁵⁷ (2013) muitos estudos acadêmicos preferem permanecer na segurança de abordagens descritivas por possuírem menos incertezas no processo de pesquisa, parecerem mais rigorosos e serem bem aceito por comunidades acadêmicas, do que partirem para pesquisas com abordagem prescritiva, como a DSR, que demanda um aprendizado com os resultados de implementações e exigem maiores esforços de planejamento. Entretanto, desenvolver um artefato parece mais apropriado, principalmente aos profissionais da área de arquitetura, os quais se deparam constantemente com novos desafios e a necessidade de projetar objetos originais.

Deste modo, partindo dos objetivos determinados inicialmente, que possuíam como propósito principal, o desenvolvimento de um artefato inovador, optou-se pela *Design Science Research* como abordagem metodológica de pesquisa, considerando que a mesma **não parte de uma hipótese a ser comprovada**, e preconiza o desenvolvimento de conhecimento geral válido para apoiar as soluções de problemas reais de campo.

5.2 - DELINEAMENTO DA PESQUISA

A partir da identificação do problema desta pesquisa, que aborda a necessidade de obtenção de instrumentos que funcionem como interfaces intuitivas e

⁵⁷ HIROTA, E. H. Notas de aula obtida a partir de anotação de aula IAU 5822 - Métodos de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo ministrada em 10/04/2014.

interativas no processo comunicacional entre o projetista e o usuário, em processo participativo para customização de habitações de interesse social, foi definido como objetivo principal, desenvolver ferramentas que pudessem servir como apoio nas decisões dos usuários por meio de modelos físicos parametrizáveis. Pela característica propositiva do trabalho, definiu-se que a melhor abordagem seria da *Design Science Research*, a qual recomenda que seja desenvolvida seis etapas, as quais estão estruturadas e apresentadas no delineamento da pesquisa conforme a Figura 42.

Figura 42 – Delineamento da Pesquisa a partir da abordagem da *Design Science Research*.

Fonte: Autor (2015)

5.2.1 Etapa 1: Identificação do problema e motivação

Esta etapa define o início da pesquisa, na qual foram delimitados os problemas e motivações, conforme descrito na Introdução deste trabalho.

5.2.2 Etapa 2: Compreensão objetivando uma solução

Tendo como objetivo principal desenvolver um processo participativo apoiando os usuários em decisões de customização de HIS, por meio de modelos físicos parametrizáveis, foram elencados os temas pertinentes que poderiam servir como suporte para a proposta.

Basicamente esta etapa é constituída pela revisão bibliográfica na qual foram selecionados e revisados os materiais que estavam relacionados aos temas como: Customização em massa; Modelos físicos e maquetes; Prototipagem digital; Projeto participativo e; *Co-design*. Apesar desta fase envolver uma dedicação maior no aprofundamento dos temas na fase inicial do trabalho, a complementação da revisão da literatura acabou ocorrendo ao longo de toda a pesquisa.

5.2.3 Etapa 3: *Design* e desenvolvimento de uma solução (Artefato)

A partir da definição clara dos objetivos, esta fase constitui-se no *design* do artefato a partir das bases conceituais. Apesar da determinação dos objetivos, o artefato começa a tomar forma, sem ainda ter uma definição. Neste sentido, Fazenda (2013) esclarece que a palavra *design* da DSR está relacionada à parte do processo de projeto, que é semelhante ao ato de projetar, baseado na experimentação e avaliação. A partir desta descrição de Fazenda (2013), optou-se por denominar os artefatos como **protótipos**, considerando a sua característica exploratória e de experimentação.

Nesta etapa, foram desenvolvidos dois protótipos:

O **protótipo 01** compreendia características de interatividade e facilidade no manuseio e na compreensão. Possuía o foco na utilização de tecnologias de prototipagem digital, ser um instrumento didático e interativo, e permitir a participação do usuário no processo de customização da habitação.

O **protótipo 02** manteve os atributos do primeiro, ao qual foram acrescentadas informações e propriedades paramétricas. Estas novas características foram incorporadas para que houvesse um controle sobre os custos globais da

habitação a partir das escolhas dos usuários. Para a viabilização deste recurso realizado uma interligação entre o modelo físico e uma planilha eletrônica por meio de leitores de Barcodes (Códigos de barras) e QR codes (Códigos QR).

O desenvolvimento destes dois protótipos é descrito com maiores detalhes no capítulo 6 DESENVOLVIMENTO DO MODELO FÍSICO para CUSTOMIZAÇÃO.

5.2.4 Etapa 4: Testes e avaliações das soluções – Eficácia e utilidade do artefato

A DSR orienta para que o artefato seja submetido a avaliações para verificação da eficácia ou utilidade do mesmo.

Neste caso o **protótipo 01** foi avaliado em dois estudos-piloto:

- 1) O estudo-piloto 1, descrito no item 6.2.7 **Avaliação 1** - Receptividade do artefato. Nesta avaliação foram utilizados métodos e instrumentos diversificados como: a simulação, o formulário, filmagens, gravação, fotos e observação.
- 2) O estudo-piloto 2, é descrito no item 6.2.8 **Avaliação 2** - Comparação entre instrumentos de representação. Nesta avaliação foram utilizados métodos e instrumentos diversificados como: a simulação, o questionário semiestruturado, filmagens, gravação, fotos e observação.

Houve também uma avaliação com especialistas a partir de apresentações conforme descrito no item 6.2.9 **Avaliação 3** – Especialistas.

O **protótipo 02** foi avaliado em três fases:

A primeira, ocorreu junto a especialistas quando foi apresentado em um seminário com a participação de pesquisadores e uma construtora especializada em execução de edificações em sistema *wood frame*, conforme descrito no item 6.3.7 **Avaliação 4** - Especialistas.

Outras avaliações ocorreram durante o desenvolvimento do modelo e tinham como objetivo testar seu funcionamento. As avaliações, neste caso, foram realizadas a partir dos testes funcionais, necessários e recomendados a partir de testes do tipo *black-box* e *white-box*, que são descritos no sub-capítulo 5.3

Instrumentos de pesquisa. Foram realizados, um estudo-piloto e um pré-teste do modelo a partir de simulações com o uso do modelo integrado à planilha.

A última avaliação foi realizada com potenciais usuários conforme descrito no capítulo 7 AVALIAÇÃO FINAL DO ARTEFATO. Nesta avaliação foram utilizados métodos e instrumentos diversificados como: a simulação, o formulário, filmagens, gravação, fotos e observação

5.2.5 Etapa 5: Organização das contribuições teóricas e práticas

A partir da análise dos resultados das avaliações realizadas, esta etapa retorna para a contribuição com a teoria ou prática do tema em questão. Estas contribuições são formuladas a partir das considerações e conclusões da pesquisa e estão descritas no item 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS deste trabalho.

5.2.6 Etapa 6: Comunicação/publicação

A DSR recomenda que as contribuições teóricas obtidas a partir dos resultados sejam comunicadas para que haja um ciclo na realimentação da teoria existente. Buscando cumprir esta etapa, alguns resultados parciais adquiridos no desenvolvimento do modelo foram publicados em eventos nacionais e internacionais. A tese também deverá contribuir para que esta etapa seja cumprida. (IMAI, C.; AZUMA, M. H.; RODRIGUES R.; ZALITE M, 2015⁵⁸); (IMAI, C.; AZUMA, M. H., 2015⁵⁹).

5.3 INSTRUMENTOS DE PESQUISA

Com a intenção compreender as questões relacionados ao desenvolvimento do modelo, torna-se importante selecionar instrumentos mais adequados para a captação e o registro destas informações, assim como conhecer o modo de operação e os devidos cuidados na sua elaboração e aplicação. Considerando isso, estabeleceu-se que os principais instrumentos a serem utilizados na pesquisa seriam o **formulário**, as **entrevistas** e as **simulações**.

⁵⁸ IMAI, C.; AZUMA, M. H.; RODRIGUES R.; ZALITE M. O modelo tridimensional físico como instrumento de simulação na habitação social. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 7-19, jul./dez. 2015.

⁵⁹ IMAI, C.; AZUMA, M. H. A compreensão do objeto arquitetônico por meio do uso de protótipos tridimensionais – um estudo comparativo. In: Geometrias & Graphica 2015. Viana, V. (Ed.). **Proceedings...** v. 02. Lisboa, Porto: Aproved. October, 2015.

O formulário e a entrevista podem ser aplicados antecipadamente ou posteriormente a alguma atividade realizada pelo participante. No caso desta pesquisa, esses instrumentos seriam aplicados após a realização de uma atividade tentando extrair informações sobre as ações dos participantes. Estas práticas seriam simulações utilizando o modelo proposto em fase de desenvolvimento e seriam gravadas em formato audiovisual.

5.3.1 Formulário

O formulário, conforme descrito por Cervo e Bervian (2002), é semelhante a um questionário e definido como uma lista informal, catálogo ou inventário, empregado na coleta de dados resultantes de observações e/ou interrogações, cujo preenchimento é realizado pelo próprio pesquisador. Enquanto que o questionário é preenchido pelo participante sem a presença do pesquisador, o formulário ocorre em situação de face a face entre o entrevistador e o entrevistado. Segundo Santos (2013), os formulários apresentam algumas características que devem ser observadas no momento da sua estruturação tais como: 1) As perguntas devem ser ordenadas, das mais simples às mais complexas e referir a uma ideia de cada vez, possibilitando uma única interpretação e também respeitar o nível de conhecimento do entrevistado; 2) Por se constituir de perguntas padronizadas, são instrumentos mais adequados para comparações com outros dados entre os entrevistados e; 3) É recomendado que se execute um pré-teste para o formulário, objetivando identificar possíveis falhas ou imprecisão na redação, complexidade das questões, questões desnecessárias, constrangimentos para o informante, exaustão, etc.

Algumas vantagens e desvantagens em relação ao uso do formulário são relacionados por Santos (2013) e apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Vantagens e desvantagens do uso do formulário

VANTAGENS	DESVANTAGENS
<ul style="list-style-type: none"> Como é preenchido pelo entrevistador, pode ser utilizado para quase todos os segmentos da população: alfabetizados, analfabetos, populações heterogêneas, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> Menos liberdade nas respostas, em virtude da presença do entrevistador. Risco de distorções, pela à influência do aplicador.

<ul style="list-style-type: none"> ▪ O contato pessoal permite estabelecer uma conexão entre os participantes. ▪ Presença do pesquisador, que pode explicitar os objetivos da pesquisa, orientar o preenchimento do formulário e elucidar significados de perguntas que não estejam muito claras. ▪ Flexibilidade para adaptar-se às necessidades de cada situação, podendo o entrevistador reformular itens ou ajustar o formulário à compreensão de cada informante. ▪ Obtenção de dados mais complexos e úteis. ▪ Facilidade na aquisição de um número representativo de informantes, em determinado grupo. ▪ Uniformidade na interpretação dos dados e dos critérios pelos quais são fornecidos. ▪ Uniformidade dos símbolos utilizados, pois é preenchido pelo próprio pesquisador. ▪ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Menos prazo para responder às perguntas; não havendo tempo para pensar, as respostas podem ser invalidadas. ▪ Mais demorado, por ser aplicado a uma pessoa de cada vez. ▪ Insegurança nas respostas, por não haver anonimato. ▪ Pessoas detentoras de informações necessárias podem estar em localidades muito distantes, tornando a resposta difícil, demorada e dispendiosa.
--	---

Fonte: Santos (2013).

5.3.2 Entrevistas

A entrevista é constituída de uma técnica para coleta de dados não documentados a respeito de um determinado tema. É uma técnica de interação social, na qual uma das partes busca obter dados e a outra fornece informações (SANTOS, 2013). Nesta pesquisa optou-se pela entrevista semiestruturada, na qual o pesquisador organiza um roteiro contendo um conjunto de questões sobre o tema estudado, mas permite ou incentiva que o entrevistado fale livremente sobre o assunto que vão surgindo como desdobramento do tema principal. No caso a entrevista foi aplicada junto ao construtor de HIS. Para isso foram utilizados como instrumentos acessórios um gravador e bloco de anotações e a folha do roteiro que foi acompanhada pelo entrevistado e entrevistador.

5.3.3 Simulação como estratégia de investigação

Segundo Ferreira (2010), a palavra simulação está relacionada à reprodução ou representação do funcionamento de um processo, fenômeno ou sistema relativamente complexo, por meio de outro sistema. E geralmente, se aplica

para fins científicos de observação, análise e predição, ou para treinamento, diversão, etc. Pode significar também experiência ou ensaio realizado com o auxílio de modelos [...] relativos a processos ou objetos concretos que não podem ser submetidos a experimentação direta.

Conforme Wang (2013), simulação permite produzir conhecimento sobre possíveis condições do mundo real sem ultrapassar barreiras éticas, perigos físicos ou despesas financeiras das condições atuais. Embora não se possa prever com precisão o comportamento futuro, a simulação possibilita a experiência e a demonstração de padrões de comportamento ou projeções de possíveis comportamentos. As projeções ou padrões obtidos pelas simulações não substituem a previsão, apenas aumentam a grandeza ou o tipo de resultado preditivo. A estratégia de simulação visa replicar de forma holística todas as variáveis relevantes em uma configuração ou fenômeno (WANG, 2013).

Wang (2013) ainda continua descrevendo que, a simulação não está relacionada à característica da ferramenta em si, mas às diversas situações geradas com a interação utilizando-se este instrumento, exemplificando que um desenho ou uma maquete arquitetônica são representações estáticas, mas quando são gerados dados a partir das suas variadas possibilidades, a simulação passa a substituir a representação. Outro exemplo, refere-se aos modelos digitais, que apesar de serem objetos tridimensionais, e possíveis de serem girados e vistos a partir de vários ângulos, ainda são representações, e que passam a ser simulações, somente quando pode ser observada a trajetória solar por exemplo.

Dessa forma, a simulação pode ocorrer com o uso de objetos bidimensionais ou tridimensionais, estáticos ou dinâmico. E o que caracteriza a simulação, portanto, são os resultados das atividades obtidas com o uso e a interação com as ferramentas que favoreçam a compreensão das relações entre o objeto de representação e a realidade representada.

A simulação é uma estratégia de pesquisa que pode ser implantada por intermédio de uma multiplicidade de assuntos, para fins que vão desde aplicativos altamente especializados em *design* até a construção de teorias (WANG, 2013).

Wang (2013) complementa com algumas limitações durante a coleta de dados que devem ser consideradas na simulação:

- 1) Os dados são incompletos;
- 2) As informações não são espontâneas e;

- 3) As informações da simulação devem ser cuidadosamente interpretadas.

A simulação tem se apresentada uma poderosa forma de investigação projetual, que se presta como uma tática dentro de outras estratégias de investigação, ou como uma aliada em estratégias combinadas (WANG, 2013). Para os arquitetos, as simulações possibilitam antever conflitos decorrentes de projetos que não atendam as expectativas e necessidades do usuário final do espaço projetado, evitando assim, o desperdício de recursos com reformas para adequação dos ambientes construídos e falhas em projetos futuros, sejam habitações, edifícios públicos ou o espaço urbano.

Sobre as ferramentas utilizadas na simulação, diversas pesquisas realizadas apontam as potencialidades e os benefícios dos modelos tridimensionais na exploração do desenvolvimento e da apresentação de ideias (CELANI et al, 2009; PINA; BORGES FILHO; MARANGONI, 2011; IMAI; AZUMA, 2009).

5.4 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DOS ARTEFATOS

Conforme descrito por Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015), os artefatos resultantes de uma pesquisa baseada em DSR devem **comprovar** que apresentam condições de atingir os objetivos inicialmente almejados, ou seja, que podem cumprir sua função utilitária. Sendo assim, somente o desenvolvimento do artefato em si, não é suficiente, necessitando apresentar confirmações que o mesmo poderá ser utilizado em soluções de problemas reais.

Em relação a como os artefatos podem ser avaliados, tomou-se como referência as orientações de Hevner et al. (2004), que artefatos de *design* podem ser avaliados segundo a sua **utilidade, qualidade e eficácia**, e para que isso seja demonstrado, deve ser submetido a métodos de avaliação bem executados, devendo ser esta, uma etapa essencial do processo de investigação. Sendo o *design* uma atividade inerentemente interativa e incremental, a fase de avaliação fornece *feedback* essencial tanto para a fase de construção, quanto qualidade para o processo de concepção e desenvolvimento de um projeto do produto. Um artefato de *design* estará completo e eficaz quando **atender aos requisitos e restrições do problema ao qual foi projetado para resolver**.

Dessa forma, Hevner et al. (2004) descrevem cinco métodos de avaliação de um artefato de *design*: Observacional, Analítico, Experimental, Teste e Descritivo (**Quadro 4**). E apesar destes métodos estarem relacionados com a área de sistemas de informações, Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015), encontram-se bases conceituais para que sejam aplicados em artefatos de outras áreas, tais como os modelos físicos.

Quadro 4 – Métodos de avaliação de artefatos

OBSERVACIONAL	Estudo de caso: Estudo do artefato em profundidade no ambiente de negócios.
	Estudo de campo: Monitorar o uso do artefato em múltiplos projetos.
ANALÍTICA	Análise estática: Examinar a estrutura do artefato para qualidades estáticas (por exemplo: a complexidade).
	Análise da arquitetura: Estudo do ajuste do artefato na arquitetura técnica (em sistema de informação)
	Otimização: Demonstrar ótimas propriedades inerentes ao artefato ou fornecer limites de otimização no comportamento do artefato.
	Análise dinâmica: Estudo do artefato no uso em relação às qualidades dinâmicas (por exemplo: desempenho).
EXPERIMENTAL	Experimento controlado: Estudo do artefato em ambiente controlado para a medir a qualidade (por exemplo: usabilidade).
	Simulação: Executar o artefato com dados artificiais.
TESTE	Teste estrutural (White Box): realizar testes de cobertura de algumas métricas para implementação do artefato (avaliação interna do funcionamento de um determinado programa).
	Teste funcional (Black Box): Executar as interfaces do artefato para descobrir falhas e identificar defeitos. Voltados à utilização pelo usuário, o qual não precisa compreender o funcionamento interno do sistema.
DESCRITIVA	Argumento esclarecido: Usar informação da base de conhecimento (por exemplo: pesquisa relevante) para estabelecer um argumento convincente para a utilidade do artefato.
	Cenários: Construir cenários detalhados em torno do artefato para demonstrar a sua utilidade.

Fonte: Traduzido de Hevner et al. (2004, p. 86).

Entre os métodos descritos por Hevner (2004), optou-se pela aplicação das avaliações do tipo **experimental** e **teste** para o artefato desta pesquisa.

A avaliação experimental pode ser realizada por meio de experimentações controladas, obtidas em laboratórios que realizam testes de usabilidade, ou por meio de simulações utilizando-se dados artificiais.

No caso, o instrumento proposto já possui propriedades de um artefato para simulação, caberia no caso utilizá-lo na execução de alguma atividade para

verificação da sua eficiência ou utilidade em um processo com a participação de pessoas.

Considerando que o artefato proposto é um protótipo funcional, o método de avaliação por testes, foi utilizado constantemente ao longo do seu desenvolvimento, com o intuito de verificar o seu funcionamento e identificar possíveis falhas. Para estas averiguações, foram realizados tanto testes funcionais denominados de *black box* quanto os testes estruturais chamados de *white box*. Segundo Khan (2011 apud DRESCH, LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015), o *white box* é um teste estrutural baseado na análise interna do artefato, avaliando como o sistema processa internamente as entradas para gerar as saídas desejadas. Já o *black box* é um teste funcional que se ocupa de verificar se o sistema atende aos parâmetros desejados do ponto de vista do usuário.

5.4.1 Avaliação do instrumento por simulação

Em relação à simulação, conforme Wang (2013), provavelmente não há uma descrição característica definitiva de como um cenário construído artificialmente pode ser extensivamente preciso. Simon (1996) explica que há uma distinção entre o mundo interior e exterior do artefato, onde o interior pode ser comparado a um único objeto, como um relógio, ou a sociedade como um todo, e o mundo exterior, a um cenário mais amplo no qual o artefato deve operar. Esta exemplificação serve para esclarecer que **não é necessário conhecer tudo sobre o ambiente interno do artefato, mas saber se o mesmo pode cumprir com a sua utilização prevista em relação ao ambiente exterior**. E em relação ao funcionamento pode ser verificado se o artefato opera suficientemente bem ou é bom o suficiente, isto é, ele é “**satisfatório**”. Esse conceito de satisfação sob o aspecto de **funcionamento** pode ser considerado um nível de avaliação do artefato.

5.4.2 Avaliação da usabilidade do artefato

Um significado de usabilidade é apresentado por Jordan (1998), definindo-a como a mensuração da facilidade de utilização de um determinado produto. E segundo a norma ISO DIS 9241-11 a usabilidade é definida como a capacidade de um produto ser utilizado por usuários específicos para alcançar

objetivos específicos com **eficácia**, **eficiência** e a **satisfação** em um ambiente específico de uso.

- 1) **Eficácia**: refere-se à extensão com que um objetivo ou tarefa é alcançada.
- 2) **Eficiência**: o montante de esforço requerido para completar um objetivo ou uma tarefa. Quanto menor o esforço requerido, maior será a eficiência.
- 3) **Satisfação**: refere-se ao nível de conforto que os usuários sentem ao utilizar um produto e o quanto este produto é aceito pelos usuários, em termos de alcance de objetivos.

Em relação à avaliação, Hevner et al. (2004) destaca que um artefato pode ser analisado a partir de métodos experimentais tentando aferir a sua qualidade a partir da usabilidade.

Segundo Jordan (1998) a maioria dos métodos de avaliação acabam envolvendo participantes e são denominadas empíricos, não havendo ainda como substituir a observação de pessoas tentando utilizar um certo produto. O fato de uma pessoa ser capaz de realizar uma tarefa ou lidar com as facilidades de um produto, só podem ser descobertos por meio do envolvimento de **usuários finais** ou **usuários potenciais**. Dessa forma, há vantagens inerentes na utilização de métodos empíricos, tornando-os únicos na capacidade de refletir a opinião dos usuários finais ou usuários potenciais em relação ao uso de um determinado artefato.

Dessa forma, buscou-se avaliar o artefato a partir da simulação utilizando-se os critérios de Simon (1996) sobre o conceito de “**satisfatório**”, ou seja, condições mínimas relacionadas ao funcionamento do modelo para alcançar objetivos determinados inicialmente na pesquisa. Que no caso, se propôs a disponibilizar ferramentas com características que favorecessem a interatividade e criassem condições para um processo participativo envolvendo o usuário. Esta relação já pode ser observada ao término da atividade, a partir da verificação sobre o modelo permitir que os usuários concluíssem, ou não, a tarefa de simulação. Os dados sobre a avaliação do uso do artefato pelo participante, seriam obtidos com base na aplicação de formulários, entrevistas e observações diretas realizadas durante e após a finalização da simulação.

6 DESENVOLVIMENTO DO MODELO FÍSICO PARA CUSTOMIZAÇÃO

6.1 Modelos físicos no processo participativo e colaborativo em arquitetura

Os modelos físicos, conforme visto anteriormente, exercem um papel importante no processo de comunicação do projeto, pois expressa mais diretamente a intenção do mesmo, principalmente para o cliente ou usuário que não possui uma certa experiência ou nenhuma na leitura de projetos. As maquetes físicas, como instrumento comunicacional, permitem que a discussão seja realizada de um modo mais direto, evitando-se interpretações erradas ou equivocadas. Segundo Kowaltowski et al. (2006) em processos participativos, as maquetes aumentam a percepção espacial dos usuários e alimentam as discussões produtivas.

Um exemplar de artefato de apoio à comunicação para incentivar a participação do usuário no processo de projeto, foi desenvolvida pelo arquiteto Nabs Hamdi (LOW⁶⁰, 1980 apud SANOFF, 1991). O instrumento permitia aos futuros usuários assumirem o controle do planejamento do espaço interno das suas habitações, possibilitando ao mesmo tempo, a conferencia das consequências de suas decisões. Esta ferramenta foi desenvolvida objetivando o suporte inicial do projeto a partir de um *kit* de montagem da habitação (Figura 43).

Neste modelo as áreas públicas e privadas externas eram definidas pelo arquiteto, enquanto que o interior da habitação poderia ser decidido livremente pelo futuro morador utilizando-se o *kit* de montagem.

⁶⁰ LOW, J. Adelaide Road: Tenant participation. **Architects Journal**, 171 (9): 432-437. 1980.

Figura 43 – Modelo desenvolvido por participantes utilizando o kit de Hamdi

Fonte: Low (1980 apud SANOFF, 1991)

Um outro exemplo de instrumento tridimensional utilizado para a participação de clientes ou usuários, como sistema de simulação, foi o modelo denominado “Innova”, desenvolvido por Eilfried Huth em 1975, na escala 1:20 (Figura 44). Este modelo possuía componentes individuais, e permitia que os desejos esboçados a partir de um leiaute inicial fossem incorporados na estrutura do edifício. Na última imagem é possível observar um exemplo de apartamento utilizando o sistema (JANKE, 1978).

Figura 44 – Innova system. Modelo de simulação. Escala 1:20. Madeira, chapas de compensado e papelão.

Fonte: Janke (1978, p. 26)

Um outro modelo envolvendo o processo participativo denominado de “M 20”, composto de um *kit* modelo para construção, foi desenvolvido em 1972 pelo professor Hansrued Vontobel. Este modelo para planejamento foi elaborado em escala 1:20, e possuía como base uma placa de acrílico perfurada e paredes em chapas de madeira conforme a Figura 45. Ao ser utilizado na elaboração de um projeto, era possível visualizar as paredes do pavimento inferior por meio da placa transparente da base sobreposta. O *kit* foi desenvolvido tanto para leigos, como para profissionais, e permitia a adaptação para uma grande variedade de possibilidades de espaços projetados. A última imagem da Figura 45 demonstra a aplicação do modelo com o leiaute de móveis (JANKE, 1978).

Figura 45 – Model building Kit “M20”. Escala 1:20. Base em acrílico transparente perfurado, mobiliário em madeira maciça, dois níveis sobrepostos.

Fonte: JANKE (1978, p. 27)

Um outro modelo de referência foi desenvolvido por Celani et al. (2009), e teve como objetivo propiciar um ambiente colaborativo entre os curadores da Pinacoteca da cidade de Campinas - SP. Inicialmente foi sugerida a elaboração de um modelo geométrico digital, mas este sistema poderia não resultar em um ambiente colaborativo mais adequado para o trabalho em equipe da pinacoteca, como também não permitiria uma boa visualização do conjunto das salas. Dessa forma, optou-se pela confecção de uma maquete física que possibilitasse a participação da equipe de forma mais interativa. A maquete foi executada na escala 1:25 e era constituída de módulos separados de cada sala de exposição. A eficiência do modelo foi comprovada por meio da observação de uma reunião da equipe, na qual, ao se utilizar a maquete, os curadores relataram a obtenção de uma apreensão do conjunto das salas, que dificilmente seria alcançada de outras maneiras (Figura 46).

Figura 46 – Modelo proposto por Celani et al. (2009). Momentos da reunião da equipe de curadores da Pinacoteca utilizando a maquete.

Fonte: CELANI et al. (2009 p. 8)

O modelo proposto por Imai (2007), utilizado no desenvolvimento de projetos de HIS, tinha como objetivo servir como instrumento didático para uma melhor compreensão do projeto pelo usuário leigo e também auxiliar o projetista com informações dimensionais e construtivas. O modelo físico era composto por paredes retráteis que deslizavam uma dentro da outra, permitindo uma variedade dimensional e diversos formatos para atender uma maior combinação espacial de ambientes. As paredes eram montadas sobre uma malha com marcações modulares para simulação da habitação. O modelo possuía também esquadrias, que eram encaixadas sobre as paredes, sistemas para diferentes soluções de cobertura, mobiliário com demarcação de áreas de uso e marcação de posição de fundações (Figura 47 e Figura 48).

Figura 47 – Modelo proposto por Imai (2007). Paredes e seus diferentes formatos e sistema de cobertura

Fonte: IMAI (2007, p. 130 e 131)

Figura 48 – Modelo proposto por Imai (2007). Mobiliário e exemplo de modelo finalizado com ambientes internos e modelo com cobertura

Fonte: IMAI (2007, p. 134)

6.2 O protótipo 01 – Comunicação e interatividade

A construção de um modelo envolve o conhecimento prévio das características necessárias que serão representadas no mesmo. Neste sentido Echenique (1975), comenta que a realidade pode ser conhecida por meio da observação e da abstração. Estes processos são, muitas vezes, caracterizados pelas intenções que o observador possui, pois utiliza seus próprios sentidos em relação com a realidade. O modelo depende então, de um conjunto de questões relacionadas ao ambiente e ao sujeito que o constrói, tais como: a seleção das características relevantes, o conhecimento do realizador do modelo, os recursos disponíveis e a intenção do observador (ECHENIQUE, 1975). Portanto, na construção dos modelos, deve-se evidenciar as características relevantes da realidade que será representada e considerar os recursos existentes para sua produção.

Complementando este raciocínio, Serra (2006) descreve que o modelo físico assume a função de instrumento didático, operando como um facilitador na compreensão do projeto proposto, no qual o observador (leigo), muitas vezes, necessita de informações inteligíveis e descomplicadas. Dessa forma, o modelo físico

exerce uma importante função, pois pode se assemelhar bastante ao objeto representado, principalmente pela sua materialidade e dinamismo na visualização (IMAI; AZUMA, 2009).

Ainda que o modelo seja uma representação simplificada do original, possui como objetivo, apoiando-se na característica de escala reduzida, permitir a manipulação e observação do conjunto, que não seria possível no objeto em tamanho real, no caso a habitação (ECHENIQUE, 1975; SERRA, 2006). A noção de conjunto, dessa forma, é muito mais perceptível no modelo em escala reduzida, que pode melhorar significativamente a compreensão do projeto por parte do usuário leigo (CELANI et al., 2009).

Esta relação é complementada por Imai (2007) ao ressaltar que a compreensão dos usuários sobre um projeto, vai se ampliando à proporção que o objeto representado permaneça mais próximo da sua capacidade perceptiva. Nestes termos, utilizar instrumentos facilitadores que ampliem o entendimento do projeto pelo usuário, pode permitir que suas preocupações sejam focadas no projeto em si, ao invés de preocupar-se com a interpretação de códigos projetivos.

A partir das observações anteriores, o planejamento do modelo considerou que o mesmo deveria contemplar, além do aspecto representativo, atributos de funcionamento de uma habitação. Esta última característica já fora descrita por Alberti⁶¹ (2012), destacando que o modelo deveria ser um instrumento possível de suportar modificações, tais como: acréscimos, diminuições e mudança de proporções antes de ser exposta como um projeto finalizado.

6.2.1 Planejamento do protótipo

O protótipo desenvolvido, apresentado neste trabalho, trata-se de um **modelo compartilhado** entre o autor desta pesquisa e o professor doutor César Imai da Universidade Estadual de Londrina, tendo sido o modelo planejado, desde o início, como um instrumento flexível e com a possibilidade de atender à propósitos de diferentes pesquisadores. Entre os principais objetivos encontrava-se a possibilidade de auxiliar a participação do usuário de HIS na customização da habitação junto ao Projeto ZEMCH–Brazil (*Zero Energy Mass Custom Home*), projeto caracterizado pelo

⁶¹ Primeira edição brasileira (2012) da obra “Da arte de construir” (De Re Aedificatoria) de Leon Battista Alberti, apresentada em 1452 e publicada postumamente em 1485.

uso de conceitos de customização em massa e eficiência energética em propostas de habitação.

O protótipo desenvolvido teve como referência de partida, o modelo tridimensional físico desenvolvido por Imai (2007) em seu trabalho de doutorado, considerando suas recomendações para futuras pesquisas, acrescentando posteriormente, características particulares para atendimento dos propósitos da presente pesquisa.

O planejamento do modelo considerou, desde as fases iniciais, a sua orientação ao usuário de HIS, uma vez que, deveria funcionar como uma ferramenta de fácil manuseio, favorecendo o processo participativo. Para a elaboração do protótipo, tomou-se como referência algumas orientações a partir do conceito de usabilidade, que são utilizadas, geralmente, em desenvolvimento de sistemas e interfaces de comunicação com o usuário, ou também de produtos e equipamentos que necessitam ser operados pelo usuário tais como: máquinas, equipamentos eletrônicos, controle remotos, telefones celulares, filmadoras, menus de tevê a cabo, etc. JORDAN (1998).

6.2.2 Definição de público-alvo e itens de customização da habitação

Foi definido para a pesquisa, como público-alvo, a população enquadrada na Faixa 2 do Programa Minha Casa Minha Vida 2, compreendido por famílias com renda entre R\$ 1.601,00 até R\$ 3.275,00. Esta população foi escolhida devido à maior flexibilidade nos valores da habitação e permitia também uma escolha de lote individual. Este grupo teria também a maior parte do recurso financeiro para aquisição do imóvel, provindo de financiamentos a serem pagos parceladamente à agentes financeiros. O valor, neste caso, representaria um importante fator restritivo, pois poderia orientar o usuário na decisão sobre como os recursos seriam aplicados na sua habitação.

Os itens de customização da habitação foram estabelecidos a partir de dois referenciais. O primeiro por meio de consultas com pessoas envolvidas em pesquisa customização em massa de HIS⁶² e o segundo por intermédio de uma

⁶² Estas consultas com profissionais envolviam os resultados parciais dos pesquisadores envolvidos no Projeto ZEMCH que vinham desenvolvendo projetos que atendessem à Customização em massa. As orientações para os projetos vinham de recomendações de uma pesquisa de APO realizada no ano de 2013 em um conjunto habitacional HIS na cidade de Londrina (PR) (CONCEIÇÃO, 2015; CONCEIÇÃO; IMAI; URBANO, 2015, YOKOTA, 2015).

entrevista com uma construtora atuante na cidade de Londrina (PR) com considerável experiência em execução e comercialização de unidades habitacionais de HIS, identificada nesta pesquisa como APH1 (Agente produtor de habitação 1). Considerando sua aproximação com diversos usuários de faixas de renda variável, o APH1 foi uma importante fonte consultada em relação aos itens que poderiam ser disponibilizados para escolha pelos usuários. A junção das sugestões compõe o **Quadro 5** que lista os elementos que poderiam ser disponibilizados como opções para escolha.

Quadro 5 – Itens opcionais de customização a partir do autor, pesquisadores e APH1

Pesquisadores e autor		APH1
1	Paredes redimensionáveis	
2	Pisos variados (madeira, cimentado, cerâmica, etc.)	Pisos (inclusive porcelanato)
3	Portas (posicionamento)	Portas diferentes
4	Janelas (posicionamento e dimensão)	Janelas (pré-pintada)
5	Cobertura	Cobertura (tipologias e formato. Usar madeira tratada)
6	Revestimentos internos	Revestimento internos
7	Revestimentos externos	Revestimentos externos (partes que aparecem na fachada)
8	Peças sanitárias vaso, lavatório e box	
9	Equipamentos de cozinha	

Fonte: Autor

A partir da determinação dos itens de customização, foi elaborada uma quantidade de opções dos mesmos com variação de cores, texturas e dimensões (**Quadro 6**).

Quadro 6 – Opções de revestimentos, pisos e esquadrias para customização.

REVESTIMENTOS		
PAREDE	Pintura	Branco, amarelo, uva verde, marine, pêssego, safari, erva doce.
	Textura	Amarelo, terracota, laranja, chocolate, ocre, verde.
	Cerâmico	Marrom, bege, cinza, branco.
	Tijolo aparente	Pérola, marfim, terracota, ouro.
PISO	Cerâmico	Marrom, bege, cinza, branco.
	Laminado madeira	Ipê, marfim, mogno.
	Cimento queimado	Cimento natural, vermelho, verde.
ESQUADRIAS – Dimensões em centímetros (L x A)		
PORTAS	Abrir 90 x 210 (atendimento da norma de acessibilidade NBR 9050)	
JANELAS	Correr 120 x 100	
	Correr 150 x 100	
	Correr 200 x 100	
	Basculantes 60 x 60	
	Basculantes 60 x 120	

Fonte: Autor

Após a definição dos itens de customização, verificou-se a exequibilidade dos componentes e de que forma estariam relacionadas com o modelo (**Quadro 7**).

Quadro 7 – Exequibilidade dos componentes

Itens de escolha para customização		Exequibilidade no modelo
1	Paredes redimensionáveis	Modulares ou deslizantes redimensionáveis
2	Pisos variados	Folhas impressas ou pintadas
3	Portas	Encaixada sobre as paredes
4	Janelas	Encaixada sobre as paredes
5	Cobertura	Módulos de partes da cobertura
6	Revestimentos internos	Peças deslizantes redimensionáveis semelhantes às paredes
7	Revestimentos externos	Peças deslizantes redimensionáveis semelhantes às paredes
8	Peças sanitárias	Equipamento FDM
9	Equipamentos de cozinha / área de serviço	Equipamento FDM

Fonte: Autor

6.2.3 Definição da escala

Segundo GREGOTTI (2001, p. 55)

“ (...) sistemas e escalas capazes de representá-las com particular evidência, métodos e tempos específicos de produção; cada nível possui (ou requer) uma particular simbolização de seus elementos para que possam ser manipulados. Mas esses sistemas não são somente meios indiferentes de tradução, e sim também sistemas concisos de leitura que promovem ópticas operativas completamente diferenciadas. Existem, por exemplo, limites dimensionais de mudança de significado para formas iguais; podemos estudar através de modelos alguns comportamentos, mas um córrego não é um rio, um monte de terra não é uma montanha, um peso sujeitador de papéis piramidal e de mármore não é a pirâmide de Quéops. Existem níveis operativos que estabelecem em seu interior limites de significatividade em função das diversas escalas.

O modelo desenvolvido por Imai (2007), elaborado na escala 1:20, tinha como uma das principais recomendações para futuros trabalhos, a necessidade de ampliação da escala, aumentando desta forma a percepção dos usuários. A elaboração dos componentes e mobiliário em escala maior e com maior detalhamento, poderia criar um ambiente mais favorável ao processo cognitivo.

Partindo desta observação, foram realizados alguns estudos preliminares para determinar uma escala que equilibrasse os requisitos de **usabilidade**, constituídos por **manipulação**, **visualização** e **exequibilidade**. A manipulação está relacionada à obtenção de um objeto ao qual, os usuários e os

técnicos pudessem manuseá-lo com rapidez e facilidade. A questão da visualização, levava em consideração as alturas das peças, principalmente das paredes que eram as maiores, para que interferissem mínimo possível na visualização dos ambientes internos representados no modelo. A exequibilidade estava relacionada com os recursos disponíveis para a elaboração do modelo tais como: materiais, ferramentas, equipamentos, dimensões das peças e conhecimento técnico.

Após alguns estudos e experimentações, sobre as possibilidades de execução do modelo físico em escalas intermediárias, que variaram entre 1:20 e 1:10, determinou-se que esta última seria a mais apropriada considerando o atendimento dos requisitos expostos inicialmente.

6.2.4 Equipamentos utilizados

Em relação aos equipamentos a pesquisa utilizou os recursos listados no Quadro 8.

Quadro 8 – Equipamentos utilizados na pesquisa

EQUIPAMENTO	DESCRIÇÃO
CORTADORA À LASER	Área útil de 1500mm x 2500 mm Canhão de laser CO2 Potência de 100W Marca: Automatisa
CORTADORA LASER	Área útil de 1300 mm x 600 mm Canhão de laser CO2 Potência de 80W Marca: Automatisa
EQUIPAMENTO DE FABRICAÇÃO DIGITAL ADITIVA FDM	Área útil de 250 mm x 200 mm x 150 mm Impressão de material PLA Potência de 80W Marca: Markerbot Modelo: 5nd Generator

Fonte: Autor (2015).

6.2.5 Características do modelo

Paredes deslizantes com graduação

Uma das características do modelo é que as paredes deslizantes possuem propriedades de movimentos de retração e expansão, podendo tanto adaptar-se às variações dimensionais de um determinado projeto, quanto absorver possíveis modificações realizadas pelo usuário pela ampliação ou diminuição do

tamanho de algum cômodo, conforme sua necessidade. Estes módulos possibilitam simular ambientes que variam de 2,40m x 2,40m até 4,70m x 4,70m (Figura 49). As paredes foram planejadas com a metade da espessura, cerca de 7 cm, considerando que os módulos poderiam ser justapostos contiguamente na formação de diferentes projetos. E para que os módulos das paredes pudessem simular os ambientes com diferentes dimensões de projetos, foram inseridas graduações a cada 5 cm na parte superior dos mesmos, tanto na peça fixa do módulo, quanto na peça retrátil (Figura 50). Em relação à representação da altura da parede, decidiu-se por 2,10m, seguindo o modelo de Imai (2007), considerando a facilidade e praticidade no posicionamento das esquadrias que geralmente estão alinhadas nesta altura e também a minimização da interferência na visualização interna dos ambientes.

Figura 49 – Módulo de ambiente com paredes retráteis

Fonte: Autor

Figura 50 – Detalhe da graduação nos módulos das paredes retráteis

Fonte: Autor

Após algumas experimentações com materiais diversificados, definiu-se que para as paredes seriam utilizadas chapas de acrílico e de poliestireno por terem apresentados melhores resultados de acabamento, rigidez, resistência e deformidade.

Pisos

Os pisos foram confeccionados a partir de impressões de texturas de madeira e cerâmica, assim como também em papéis pintados e demarcados com frisos feitos na cortadora a laser. Os mesmos foram disponibilizados em retângulos de 20cm x 14cm, dessa forma, quatro peças poderiam cobrir um ambiente de até 4,0m x 2,8m (Figura 51).

Figura 51 – Revestimentos de pisos

Fonte: Autor

Revestimentos paredes

Os revestimentos das paredes foram disponibilizados em diversas texturas e cores e também seguiam o princípio de peças deslizantes para ajustar-se às dimensões das paredes. Suas peças variam de 2,0 m a 3,9 m de comprimento (Figura 52).

Figura 52 – Revestimentos de paredes com peças retráteis

Fonte: Autor

Esquadrias – escolhas e posicionamento

As esquadrias foram planejadas para serem encaixadas sobre as paredes com revestimentos executadas de modo que poderiam ser deslizadas e posicionadas nos locais mais adequados. Foram disponibilizadas em algumas variações de dimensão para ambientes diferentes (Figura 53).

Figura 53 – Posicionamento das esquadrias

Fonte: Autor

Leiaute e posicionamento dos móveis

O mobiliário foi disponibilizado em algumas variações de tipologia e dimensionamento, para que o usuário pudesse elaborar um leiaute e verificar as dimensões mais adequadas dos ambientes, possibilitando ampliar ou reduzir conforme o caso (Figura 54).

Figura 54 – Posicionamento e leiaute dos móveis

Fonte: Autor

O mobiliário também possuía uma demarcação da área mínima de utilização, elaborada em acrílico escurecido, e que mantinha as peças afastadas de outros objetos conforme recomendações (Figura 55).

Figura 55 – Alguns móveis disponibilizados para simulação

Fonte: (IMAI et al., 2015, p. 14)

6.2.6 Opções de móveis, utensílios, equipamentos, peças hidráulicas.

Além do mobiliário que comumente é disponibilizado em maquetes que simulam os leiautes de ambientes, foram também confeccionados diversos itens, como equipamentos e utensílios domésticos, objetos de decoração, equipamentos de acessibilidade e locomoção, entre outros listados no **Quadro 9**. O objetivo de disponibilizar estes itens, consistia em despertar alguma lembrança do usuário, ou seja, ao se deparar com algum objeto que identificasse alguma situação já vivenciada, o mesmo poderia simular isso a partir do modelo.

O dimensionamento do mobiliário tomou como base as seguintes referências: os estudos de **IMAI (2010)** utilizando modelos físicos; as recomendações da Norma de desempenho habitacional - **NBR 15575** (ABNT, 2013); e as recomendações de dimensões e quantidades mínimas do **Manual do Programa Minha Casa Minha Vida**. Os móveis possuem, em sua base, uma demarcação de área mínima de uso, considerando como referência o exercício de atividades ao seu redor. Alguns itens como armários, fogão, geladeira, camas, sofás foram cortados na cortadora a laser e montados manualmente e, outros menores, com geometria mais complexa dotados de curvas, como vaso sanitário, lavatório, vasos e almofadas, foram confeccionadas no equipamento de FDM.

Quadro 9 – Móveis, equipamentos e utensílios diversos para simulação

MOBILIÁRIO – Dimensões em centímetros (L x C)					
DORMITÓRIO CASAL	Cama	140 x 190	DORMITÓRIO SOLTEIRO	Cama	80 x 190
	Guarda-roupa 1	50 x 200		Beliche	80 x 190
	Guarda-roupa 2	50 x 160		Guarda-roupa 1	50 x 120
	Criado-mudo	50 x 50		Guarda-roupa 2	50 x 150
	Cômoda	50 x 85		Criado-mudo	50 x 50
	Escrivaninha	60 x 80		Cômoda	50 x 85
SALA DE ESTAR/JANTAR				Escrivaninha	60 x 80
				Berço	70 x 135
	Sofá 1 L	70 x 80	COZINHA	Fogão	55 x 60
	Sofá 2 L	70 x 120		Geladeira	70 x 70
	Sofá 3 L	70 x 170		Gabinete 1	40 x 50
	Mesa 4 L	80 x 120		Gabinete 2	50 x 80
	Mesa 4 L	100 x 100		Gabinete 3	50 x 120
	Mesa 6 L	80 x 150		Gabinete 3b	50 x 120
	Mesa circular	Ø 95		Gabinete da pia	50 x 120
	Mesa circular	Ø 120		Armário 1	30 x 40
	Mesa vidro	80 x 135		Armário 2	30 x 80
	Mesa de centro	45 x 85		Armário 3	30 x 120
	Rack 1	50 x 80		Depurador	50 x 60
	Rack 2	30 x 110	ÁREA DE SERVIÇO	Máquina de lavar	60 x 65
	Estante	35 x 120		Tanque	52 x 53
	Prateleira	35 x 120		Armário	30 x 70
	Aparador	30 x 100	SANITÁRIO	EQUIPAMENTOS DE MOBILIDADE, ACESSIBILIDADE E SEGURANÇA	Cadeira de rodas
	Ar cond. split	15 x 90			Andador ortopédico
SANITÁRIO	Gabinete do lavatório 1	40 x 55			Banco e barras para banho
	Gabinete do lavatório 2	50 x 80			
	Armário	15 x 40			
	Vaso sanitário	65 x 38	DECORAÇÃO E ELETRÔNICOS		Vasos
	Lavatório sem coluna	27 x 40			Quadros diversos
	Box ajustável				Tapetes
UTENSÍLIOS DOMÉSTICOS	Vassoura				Notebook
	Rodo				Computador desktop
	Balde				Aparelho de TV
	Cesto de roupa				
	Varal				
	Mesa de passar roupa				

Fonte: Autor

Figura 56 – Fotos dos itens para simulação. Esquadrias, revestimentos, móveis, equipamentos, utensílios.

Fonte: Autor

6.2.7 Avaliação 1 - Receptividade do artefato

6.2.7.1 Aplicação

A *Design Science Research* orienta para que os artefatos sejam avaliados ao longo do seu desenvolvimento, realimentando a teoria inicial e servindo para o aperfeiçoamento dos mesmos. Neste sentido, optou-se por uma avaliação parcial, tentando identificar aspectos específicos, como a receptividade do artefato pelos participantes, mesmo o modelo não estando concluído, e nem os participantes tendo o perfil dos usuários do foco desta pesquisa. O conteúdo desta aplicação foi publicado por Imai et al (2015) ⁶³.

O **estudo-piloto**, segundo Turner (2005), está relacionado ao ensaio de uma atividade que tem como objetivo **melhorar a compreensão de uma mudança ou inovação, reduzindo os riscos e incertezas** relacionadas à esta nova situação dentro do seu ambiente de uso. Desta maneira, com o estudo-piloto é possível experimentar, analisar, reformular e aperfeiçoar as ferramentas em questão.

Como verificado anteriormente, dependendo da forma como são elaborados, os modelos físicos podem ser flexíveis e didáticos, pois permitem montagens de uma multiplicidade de alternativas de projetos e proporcionam uma

⁶³ IMAI, C.; AZUMA, M. H.; RODRIGUES R.; ZALITE M. O modelo tridimensional físico como instrumento de simulação na habitação social. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 7-19, jul./dez. 2015.

melhor visualização e entendimento do projeto por outros profissionais e, principalmente pelos usuários. Os requisitos dos usuários podem ser identificados a partir do processo de simulação, observando-se as prioridades e necessidades das pessoas.

A avaliação 01, definida também no delineamento da pesquisa como **Estudo-piloto 01**, teve como objetivo verificar características do modelo relacionado à receptividade pelo usuário, assim como também, identificar possíveis inconsistências apresentadas durante a sua aplicação, para posterior correção e aperfeiçoamento. A partir dos resultados de aferição da ferramenta, foi possível adaptar e melhorar o modelo conforme as necessidades emergentes. Este estudo foi essencial no que diz respeito à possibilidade de aproximação da realidade e verificação de demandas práticas do modelo.

A aplicação deste estudo-piloto procurou verificar como um protótipo tridimensional, com características específicas, poderia auxiliar na identificação das demandas subjetivas e das prioridades dos usuários da habitação. A simulação levou em consideração os aspectos comportamentais dos usuários, tomando como referência as técnicas empregadas em pesquisas de simulação. De acordo com Wang (2013) estas técnicas são empregadas para estudar a dimensão particular do comportamento humano em relação ao ambiente construído.

Na simulação foi utilizado um projeto característico de habitação social com área total próxima de 50,00m², do tipo casa térrea, contendo dois dormitórios, sala, cozinha e banheiro (Figura 57).

Figura 57 – Planta esquemática de HIS para simulação.

Fonte: Imai et al (2015)

O processo de simulação utilizando o modelo foi registrado por imagens, vídeo, áudio e anotações por escrito e no total foram feitas seis simulações com diferentes usuários em diferentes períodos.

No procedimento foi utilizado um roteiro de situações a serem simuladas e questionadas aos participantes anotando-se todas as informações declaradas. Foram adotadas técnicas utilizadas em entrevistas com grupos, constituídos por um moderador/entrevistador que interage junto ao usuário, um outro é responsável pelas anotações e o último registra o processo com vídeos e fotos e observa o comportamento do moderador e do entrevistado.

O roteiro de questões buscou investigar informações que dizem respeito às questões espaciais, organizações, prioridades de escolha, preferências de esquadrias (posição e dimensionamento) e outros materiais de acabamento como pisos e revestimentos.

Durante a aplicação, foi possível perceber que os usuários faziam as escolhas dos diversos elementos disponibilizados e manusearam o protótipo de forma independente. Quando necessário, era realizada uma intervenção ou ajuda do pessoal de apoio (Figura 58 e Figura 59).

Figura 58 – Escolha e aplicação de revestimentos (paredes).

Fonte: Autor (2015)

Figura 59 – Posicionamento das esquadrias e leiaute com mobiliário

Fonte: Autor

Na maioria dos casos, os participantes fizeram uma correlação da moradia atual com o projeto simulado, seja para reproduzir soluções adotadas ou para alteração da habitação.

Na escolha dos revestimentos de pisos, tanto para áreas molhadas, quanto para as demais, houve uma preferência por cores claras. Em relação às paredes, também a predominância de cores claras, e em algumas paredes a aplicação de uma cor contrastante para quebrar a predominância monocromática.

A possibilidade de expansão ou retração das paredes do modelo, e a consequente alteração da área do projeto inicial, levou três participantes de um total de seis à escolha de ampliação dos ambientes da sala, da cozinha e do dormitório do casal. Nenhum participante optou pela remoção de algum ambiente, porém, todos acrescentaram área de serviço e alguns acrescentariam a garagem e itens de lazer como uma churrasqueira.

6.2.7.2 Análise do Estudo-piloto 01

Nesta avaliação parcial, o protótipo tridimensional físico demonstrou possuir características favoráveis como instrumento didático na comunicação entre projetistas e usuários leigos. A compreensão de diversos aspectos ambientais e a facilidade de interação com o instrumento, pelos participantes, indicam algumas de suas características que contribuem para um processo participativo. Uma das principais características observadas nas simulações foi a capacidade do modelo fomentar a correlação entre o espaço atualmente vivenciado pelas pessoas e o projeto simulado.

Após a análise das simulações realizadas pelos participantes, foram identificados alguns aspectos técnicos do protótipo que deverão ser desenvolvidos e aprimorados. Algumas considerações são listadas a seguir:

Manter

- A expansão e redução dos ambientes promovidos pelas paredes retráteis demonstrou funcionar sem problemas.
- A escala 1:10 se mostrou adequada para a atividade demonstrando facilidade de manuseio e melhoria na compreensão do projeto.

Modificar/desenvolver

- Os módulos das paredes em formato retangular são insuficientes para a simulação de diferentes projetos. Isso é observado na Figura 60, indicação **1**, onde a porta colide com a parede perpendicular e nas indicações **2** e **3** onde não possuem aberturas. Deverão ser desenvolvidos variações de tipos de paredes que possam complementar as possibilidades de simular projetos com diferentes configurações. Paredes em formatos “I”, “U”, “L”, “T”, etc.
- Disponibilizar mais variedades de revestimentos e pisos, preferencialmente em cores claras, tendo em vista que foram as cores mais solicitadas segundo as preferências declaradas dos participantes.
- Disponibilizar elementos de revestimentos com diferentes comprimentos para ajustar-se às paredes com dimensões variadas, assim como em quantidade adequada.

- Alternativa de indicação de orientação solar, tendo em vista que alguns usuários indagaram sobre este item para posicionamento das janelas.
- **Determinar critérios restritivos** para quantidade e a ampliação dos cômodos indicando uma relação condicional de limites dimensionais e orçamentários para a decisão do usuários.⁶⁴

Figura 60 – Identificação falhas na representação do modelo simulado

Fonte: Autor (2015)

6.2.8 Avaliação 2 - Comparação entre instrumentos de representação

Esta avaliação constitui-se do **Estudo-piloto 2** do delineamento da pesquisa, aplicado no mês de maio de 2015, e procurou identificar as principais diferenças entre os métodos de representação e a relação da compreensão das pessoas sobre o projeto. Este estudo foi elaborado objetivando uma comparação entre os diferentes meios de representação, no qual o modelo físico, foi exposto para testar sua eficiência, enquanto objeto representativo do projeto de uma habitação.

Para os procedimentos da pesquisa foram elaborados: um desenho bidimensional; um modelo digital e; um protótipo físico de uma habitação. Os

⁶⁴ Esta observação foi realizada por um dos avaliadores do evento SBQP 2015 ao qual o artigo foi submetido. De fato, se não houver limites restritivos, muito provavelmente os usuários só irão ampliar as áreas e quantidades de cômodos da habitação, considerando as dimensões dos imóveis no contexto de habitação social.

resultados desta pesquisa foram publicados nos anais de evento por Imai e Azuma (2015)⁶⁵.

Ao considerar os desenhos projetivos (plantas, cortes e elevações), os modelos digitais e as maquetes físicas, alguns dos mais frequentes meios de comunicação na arquitetura, acredita-se que as diferentes características destes instrumentos, possam conduzir à diferentes interpretações em relação ao ambiente representado.

Mitchell (2008) explica que, na representação do objeto arquitetônico, as relações existentes podem estar contidas dentro de um mundo projetual, no qual tudo o que deve ser informado está relacionado a um problema de projeto específico. Sendo assim, o sistema de representação é extremamente simplificado, desde que sejam compreendidas as relações que, obrigatoriamente devem existir, entre o mundo projetual e o que será construído. Isso acarreta uma **necessidade maior de abstração e capacidade cognitiva na interpretação de desenhos bidimensionais do que em modelos tridimensionais, sejam físicos ou digitais**. O modelo físico, nesta sequência, pode colaborar nessa analogia com o mundo real quanto mais se aproximar do universo de conhecimento e experiência das pessoas, contribuindo na comunicação de um projeto.

Devido à sua tangibilidade, a maquete física é o instrumento que mais se aproxima da realidade, sendo um objeto de fácil compreensão e, portanto, mais acessível a uma grande parte das pessoas. Este caráter de linguagem universal, permite que seja melhor compreendida do que imagens feitas no computador, mostrando mais informações sobre o edifício projetado do que um grande número de perspectivas (MOON, 2005). Neste sentido, o modelo físico é o único meio de representação que compartilha as qualidades inerentes e indissociáveis da arquitetura como materialidade, espacialidade e processo construtivo, distinguindo a modelagem física como experiência construtiva real, sequencial e multissensorial no processo de arquitetura (ROZESTRATEN, 2004).

⁶⁵ IMAI, C.; AZUMA, M. H. A compreensão do objeto arquitetônico por meio do uso de protótipos tridimensionais – um estudo comparativo. In: Geometrias & Graphica 2015. Viana, V. (Ed.). **Proceedings...** v.2. Lisboa, Porto: Aproved. October, 2015.

6.2.8.1 Aplicação

O estudo foi aplicado em 24 participantes voluntários, sendo todos acadêmicos de cursos de graduação, das quais 12 eram do curso de arquitetura e urbanismo e possuíam conhecimento técnico sobre representação gráfica de projeto e os outros 12 eram alunos de cursos diversos e não possuíam esta instrução.

Os instrumentos apresentados aos participantes constituíram-se de, uma planta mobiliada impressa na escala 1:10, um modelo geométrico digital exibido em dimensão equivalente à esta mesma escala e um protótipo físico também na escala 1:10. Sendo estes instrumentos apresentados nesta ordem aos participantes.

A planta mobiliada impressa em cores contendo a representação de acabamento dos pisos da habitação, foi utilizada como primeiro instrumento de leitura e continha também as medidas dos ambientes internos.

Para o desenvolvimento do modelo geométrico digital, foi utilizado um programa de modelagem tridimensional (*SketchUp*), no qual foram inseridos os mesmos aspectos e detalhes do protótipo físico. O modelo digital foi apresentado em um notebook com tela sensível ao toque e projetado em um monitor de 47 polegadas em um tamanho equivalente aos demais instrumentos, no qual foi mostrado uma animação com percurso de rotação seguido de um “*walk through*”. (Figura 61).

Figura 61 – Planta impressa, modelo digital e protótipo físico tridimensional em escala reduzida

Fonte: (IMAI; AZUMA, 2015)

O protótipo na escala de 1:10 permitiu detalhar os aspectos da habitação, favorecendo a analogia do ambiente simulado com a moradia vivenciada pelos usuários. A adoção desta escala permitiu também, a utilização de uma câmera de vídeo que percorreu os ambientes do protótipo, tentando dessa forma, superar algumas limitações mencionadas por autores sobre a falta de visualização dos ambientes sob o ponto de vista do observador nos modelos em escala reduzida (ZEVI, 2009; MOON, 2005) (Figura 62).

Figura 62 – Imagens do vídeo percorrendo a habitação na altura do observador no protótipo físico

Fonte: (IMAI; AZUMA, 2015)

Após a interação com cada instrumento da pesquisa, os participantes responderam a um questionário sobre sua compreensão e percepção relativo ao projeto e aos instrumentos (Figura 63). Além do questionário, o processo de interação e avaliação dos instrumentos foram registrados por meio de fotos e gravações de vídeos.

Figura 63 – Interação com os instrumentos de representação

Fonte: (IMAI; AZUMA, 2015)

Os resultados desta avaliação demonstraram alguns aspectos interessantes sob o ponto de vista de compreensão do objeto representado e a percepção do ambiente a partir dos instrumentos utilizados. Os acadêmicos de arquitetura, apesar de afirmarem inicialmente no questionário, conhecerem bem a representação bidimensional, ao examinarem o modelo digital e o protótipo, tiveram uma alteração em relação ao que haviam compreendido inicialmente. Esta alteração na percepção estava relacionada principalmente à circulação, pois ao observarem os modelos tridimensionais contendo a verticalização das paredes e objetos, os ambientes e os espaços entre os móveis apontavam uma redução nas dimensões.

Cabe notar que este grupo, apesar de trabalharem no seu cotidiano com plantas, os desenhos elaborados na escala de 1:10 não muito comuns, ocorrendo, dessa forma, uma pequena deformação na sua percepção habitual. O outro grupo de participantes, apesar de não ter domínio de representações projetivas, afirmou que conseguiam compreender bem a planta mobiliada, e de maneira mais acentuada, também indicaram uma modificação na percepção dimensional de alguns elementos após o contato com os modelos tridimensionais.

Na maioria dos casos, os participantes afirmaram que modificaram a opinião inicial devido às características tridimensionais do modelo digital que acrescentavam limites verticais não perceptíveis na planta, como as paredes e altura do mobiliário. Até mesmo para o grupo de arquitetura essa percepção foi mais explícita nessa observação. No caso do protótipo físico, a percepção também foi alterada significativamente, não apenas pelas propriedades tridimensionais, que já haviam sido observadas no modelo digital, mas pelo favorecimento da analogia com um ambiente real.

Em relação à opinião dos participantes sobre a compreensão após o contato com o modelo digital, todos os entrevistados leigos afirmaram que houve uma mudança, seja ela parcial (25%) ou geral (75%). No caso dos participantes com conhecimento técnico, cerca de 66% afirmaram ter uma modificação na compreensão global do projeto, cerca de 17% tiveram uma mudança parcial de percepção e os outros 17% afirmaram não ter tido nenhuma alteração nesse aspecto.

O contato com o protótipo físico, após a manipulação do modelo digital, foi identificado como uma experiência que alterou a compreensão da habitação por praticamente todos os entrevistados. Cerca de metade das pessoas alterou de maneira geral seu entendimento e a outra metade parcialmente. Nesta etapa, os entrevistados utilizaram um modelo humano articulado em madeira para simular atividades cotidianas de uma pessoa na habitação, isso permitiu que fosse verificado o dimensionamento dos ambientes, móveis e circulação (Figura 64). Devido às particularidades do protótipo, verificou-se que um **outro nível de percepção** foi acionado: **a imersão no ambiente**. A característica de imersão foi percebida a partir da observação de alguns participantes manipularem o modelo humano no protótipo, e revelarem que se imaginavam dentro da habitação realizando atividades como: andar, sentar, deitar, abrir as portas dos armários, entre outras.

Figura 64 – Simulação com protótipo físico tridimensional

Fonte: (IMAI; AZUMA, 2015)

A última questão foi a avaliação de cada instrumento de representação pelos entrevistados, com respostas que variavam em uma escala de valores onde a pontuação 1 (um) representava que a pessoa não havia compreendido nenhum aspecto da habitação e o valor 10 (dez) indicava que ela compreendera totalmente. Os resultados dessa avaliação (Gráfico 1), demonstram nível de preferência dos usuários em relação aos instrumentos. O protótipo físico foi considerado como mais efetivo para o entendimento da habitação, tendo sido avaliado com a pontuação de 9,7 por quem tinha experiência com representações e 9,0 pelos que não possuíam. O modelo digital foi avaliado com a pontuação de 8,8 pelo grupo técnico e 8,2 pelo grupo leigo e a planta baixa foi avaliada com a pontuação de 7,4 pelo grupo técnico e 6,4 pelos respondentes leigos. Dessa forma, foi possível identificar que os entrevistados manifestaram uma melhor compreensão por meio do protótipo, seguido pelo modelo digital e por último pela planta baixa. O grupo técnico sempre avaliou com uma pontuação superior aos que não possuíam a experiência com os instrumentos. A análise desses resultados permite inferir que as pessoas leigas, mesmo que considerem uma representação mais didática do que a outra, possuem mais dificuldade em fazer correlações com o ambiente real (Gráfico 1).

Gráfico 1 – Resultado comparativo da avaliação dos instrumentos de representação pelos entrevistados

Fonte: (IMAI; AZUMA, 2015)

6.2.8.2 Análise do Estudo-piloto 02

Após a observação dos resultados desta aplicação algumas considerações foram feitas para a melhoria do modelo físico:

Manter

- Os resultados indicaram que, os instrumentos tridimensionais permitiram um melhor entendimento do projeto por meio de uma analogia com o ambiente real vivenciaram anteriormente pelos usuários.
- A escala demonstrou ser adequada para a representação de um projeto de habitação, pois facilita a analogia do objeto representado como o ambiente real, devido à materialidade e taticidade do objeto.
- A materialidade do protótipo físico e sua tangibilidade com o ambiente real, reduziu a necessidade de abstração em relação à representação, e permitiu que alguns experenciassem o sentido de imersão nos ambientes. A disponibilização do modelo humano em madeira, pode ter favorecido esta possível imersão do participante no protótipo físico, criando um ambiente de simulação dinâmico e interativo.
- Os instrumentos de comunicação do projeto, além de serem dotados de informações relevantes para a leitura e compreensão do mesmo, devem também possuir uma abordagem didática e serem estimulantes para o envolvimento dos participantes.

- A interatividade proporcionada é um aspecto positivo pois percebe-se que o modelo físico favorece a quebra da “inércia” preliminar em processos participativos ou de *co-design*.

Desenvolver

- Necessidade de componentes (paredes, janelas, portas, materiais, etc.) que permitam uma variedade de combinações para simular diferentes projetos.
- O uso da câmera na altura do observador, resultando em um vídeo com o *walkthrough* foi um fator positivo, mas poderia ser pensado em desenvolver recursos que possibilitem a exploração e visualização do modelo físico em tempo real.

6.2.9 Avaliação 3 – Especialistas

A avaliação ocorreu durante um seminário realizado em abril de 2015, na qual o modelo físico foi apresentado para uma banca composta por 3 docentes, tendo sido considerados como avaliadores especialistas os componentes da banca, dada a condição de serem afetos à área de arquitetura e também aproximação com o tema desta pesquisa.

O protótipo 01, provido de propriedades favoráveis à uma interface de comunicação entre o projetista e usuário, possível de ser utilizado em etapas precedentes ao desenvolvimento de projeto, como para a captura de requisitos de usuários, obteve avaliações positivas para este fim.

Algumas possibilidades foram sugeridas pela banca, sendo as mais importantes a inserção de informações sobre os componentes nos itens de customização e buscar meios de interligar o modelo físico à uma planilha contendo dados sobre o projeto, tais como áreas, valores dos itens escolhidos e valor global da construção. Este intercâmbio de informações poderia ser obtido utilizando-se recursos como leitores de códigos de barras ou códigos QR, que são capazes de transformar dados analógicos em informações digitais.

O protótipo 01 passaria a partir de então, a incorporar novas propriedades caracterizando-o como modelo físico contendo informações digitais.

6.3 O protótipo 02 – Atributos paramétricos

Ao considerar que a Customização em Massa tem como um de seus principais conceitos, a celeridade no processo de provisão do produto, surge a questão: Como acrescentar **agilidade** no processamento e tráfego das informações, a partir do uso do protótipo físico como um instrumento de configuração de uma habitação? Este passa a ser o novo desafio a ser superado, posicionando o modelo no final do processo de customização, objetivando o seu uso na configuração da habitação pelo usuário final.

Tendo a questão da incorporação da agilidade no processo, definiu-se que seria importante a inclusão de informações no modelo físico que pudessem orientar e balizar o usuário na definição de sua habitação. A inserção destes atributos modificou substancialmente as características do modelo, o qual passou a incorporar diversas informações auxiliando as decisões dos usuários. Os componentes do modelo, que inicialmente possuíam principalmente características visuais auxiliando a percepção, passaram a incorporar também, informações sobre os componentes representados.

As informações constantes em cada item, deveriam alimentar uma planilha de inventário a qual demonstraria o **custo da habitação**, nesse sentido esta informação poderia orientar os usuários em suas escolhas e prioridades, indicando de certa maneira, uma restrição para a customização da habitação. O modelo neste caso, passou a ser caracterizado como um **protótipo físico funcional paramétrico**.

A importância sobre a relação do custo da construção a partir da tomada de algumas decisões é colocada por Mascaró (2010), ao comentar que o mesmo não se baseia apenas na dependência de valor por m², mas no índice de compacidade dos ambientes que é a relação da forma com a área edificada. Inclui-se também a questão sobre o ambiente, que não é apenas dimensional, mas depende da forma de ocupação pelo mobiliário necessário pelo usuário. Apesar das orientações de Mascaró estarem voltadas para os profissionais de projeto, pretender demonstrar em um modelo, de forma inteligível e imediata, a relação de custo da construção para que um usuário leigo possa decidir sobre a sua habitação, parece ser desafiador.

Sendo assim, os novos objetivos do modelo passaram a ser baseados em um protótipo que funcionasse como um configurador de uma habitação. O modelo

deveria permitir ao usuário um manuseio facilitado, reduzindo a exigência de habilidades e conhecimentos especializados, proporcionando desta maneira, a interação necessária para atender seus requisitos nas escolhas das alternativas disponíveis dos componentes.

A partir das novas informações, utilizando-se as peças de revestimentos das paredes que já possuíam propriedades de ampliação e diminuição, foram incorporadas em seu verso uma régua modulada, contendo informações dimensionais que variam conforme o ajustamento na parede. Além disso, outras informações complementarizam as peças tais como: **Custo, especificação do material ou produto, fabricante, dimensão**, etc. Para as informações dimensionais dos revestimentos e dos produtos, definiu-se o uso de códigos de barras e as informações adicionais seriam demonstradas a partir do uso de códigos QR, que possuem maior capacidade de armazenamento de informações (Figura 65 e Figura 66).

Figura 65 – Revestimento de parede com informações.

Fonte: Autor

Figura 67 – informações dos itens de escolha

Fonte: Autor

Para a viabilizar este redirecionamento do modelo, foi necessário atribuir identificadores para seus componentes, dessa forma, as peças possuíam códigos de barras para identificação que foram elaborados com base em uma ordenação numérica, criada especificamente para o modelo. A partir das informações relevantes sobre os produtos, também foi gerado um código QR específico do mesmo. Neste caso, ao lado do código QR, foram impressas as mesmas informações, podendo também ser utilizados aplicativos de leitura para *smartphones*.

Apesar de terem sido gerados códigos específicos dos produtos, é possível também utilizar os códigos de barras registrados e disponibilizados para os produtos cadastrados nacionalmente e acessados via *internet*. Entretanto, como nem todos os produtos possuíam códigos registrados, optou-se pela elaboração de uma codificação própria.

6.3.1 Leitores de Bar code (Código de barras) e QR code (Códigos QR)

Segundo Duarte (1999), o código de barras surgiu no início dos anos 70 (século XX), com o intuito de criar uma conexão entre o universo das informações físicas e o computador, permitindo que as informações digitais estivessem presentes no mundo real e a transformação inversa, do material para o digital, também ocorresse com velocidade. Estes códigos são utilizados, principalmente para controle de inventários.

Os Códigos QR são códigos de barras bidimensionais e podem ser escaneados pela maioria dos *smartphones* com câmera fotográfica ou também por leitores específicos. Após a decodificação a informação passa a ser um texto ou um *link* redirecionável para acesso ao conteúdo de algum *site* (PRASS, 2011⁶⁶).

Na pesquisa foram utilizados três leitores, sendo dois leitores de código de barras simples, um deles sem fio para facilitar a leitura, e o terceiro que realizava a leitura, tanto de códigos de barras simples, quanto Códigos QR. Abaixo são descritos os equipamentos (**Quadro 10**):

Quadro 10 – Leitores de códigos de barras e códigos bidimensionais utilizados na pesquisa

	EQUIPAMENTO	DESCRIÇÃO
LEITOR DE CÓDIGO DE BARRAS COM FIO	Marca: Bematech Modelo: BR 400
LEITOR DE CÓDIGO DE BARRAS SEM FIO	Marca: Generic Modelo: Generic
LEITOR DE CÓDIGO DE BARRAS E CÓDIGOS QR COM FIO	Marca: Datalogic Modelo: Quick Scan / QD2430

⁶⁶ PRASS, R. Entenda o que são os 'QR Codes', códigos lidos pelos celulares. Revista eletrônica **G1 – Tecnologia e Games**. Disponível em: <http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2011/05/entenda-o-que-sao-os-qr-codes-codigos-lidos-pelos-celulares.html>. Acesso em: maio de 2015.

Para a geração dos códigos de barras e códigos QR foi utilizado o *software ByteScout BarCode Generator Freeware* versão 4.31.0.773. Os códigos de barras foram gerados em formato *Code 128* e os códigos bidimensionais em formato *QR code*.

6.3.2 Modelos de projetos de HIS para customização

A determinação dos modelos de projetos que seriam disponibilizados para escolha dos usuários constitui-se em uma importante etapa, pois os mesmos seriam utilizados como base para o desenvolvimento das opções de customização.

A seleção dos projetos levou em consideração alguns parâmetros. Sendo um deles, projetos que pudessem estar inseridos no PMCMV e, portanto, deveriam atender às especificações mínimas do edital do programa, assim como outros critérios como a acessibilidade e flexibilidade.

Partindo desta determinação, foram selecionados quatro projetos de casas térreas que serviriam como modelos para a aplicação da customização. Os projetos em geral, salvo o último, pertencente ao Projeto ZEMCH – Brasil ⁶⁷, passaram por algumas modificações, para adaptar-se ao sistema construtivo **wood frame**, adotado como sistema industrializado para esta pesquisa. Justifica-se a adoção deste sistema construtivo ao considerar que a customização em massa tem como um dos princípios a utilização de sistemas construtivos rápidos, e geralmente isso pode ser oferecido pela indústria de pré-fabricados ou sistemas industrializados.

O MODELO 01

O primeiro modelo teve como referência inicial o projeto proposto por Martins et al. (2013), caracterizado por um projeto com princípios de flexibilidade, podendo o mesmo receber acréscimos sem grandes impactos de adaptação na sua base original, pois já estavam previstos no projeto (Figura 68).

⁶⁷ As propostas de habitação do Projeto ZEMCH - Brazil são elaboradas partindo uso de sistema construtivo em *wood frame*.

Figura 68 – Projeto 01 sem modificações.

Fonte: MARTINS et al. (2013)

Entretanto, para o uso deste modelo de habitação na pesquisa, o projeto necessitou ser adaptado para atender as normas de acessibilidade, o que acabou modificando parcialmente o projeto original, mas ainda foram mantidos os princípios de ampliação propostos inicialmente (Figura 69).

Figura 69 – Modelo 01 de projeto para customização

Fonte: Martins et al. (2013), adaptado pelo autor

Para o modelo 01 existem oito opções de configurações, podendo chegar a 16 alternativas com plantas rebatidas, e caso seja considerada a possibilidade de ampliação dos ambientes, pode-se obter “n” combinações (Figura 70).

Figura 70 – Modelo 01- alternativas de combinações do modelo.

Fonte: Autor

O MODELO 02 (CDHU)

O segundo modelo teve como base uma proposta de habitação premiada com o primeiro lugar no Concurso do CDHU (Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano) e IAB (Instituto de Arquitetos do Brasil) no ano de 2010 no Estado de São Paulo, e já contemplava na proposta os conceitos de acessibilidade e flexibilidade (Figura 71). O projeto tem como autores: Gustavo dos Santos Corrêa Tenca, Giuliano Augusto Pelaio, Inácio Cardona e Érica Christina Rodrigues Souza.

Figura 71 – Projeto 02 original. Plantas e perspectiva

Fonte: Site concursodeprojetos.org⁶⁸ (2010)

Para este modelo existem menos opções de configuração, apenas duas, podendo dobrar as alternativas com plantas espelhadas e aumentar as possibilidades considerando as ampliações dos ambientes (Figura 72).

⁶⁸ Disponível em: <http://concursosdeprojeto.org/2010/11/07/habitacao-para-todos-casas-terreas-01/> Acesso em nov de 2014.

Figura 72 – Modelo 02 - alternativas de combinações do modelo.

Unidade com 02 dormitórios
Área: 60,41 m²

Unidade com 03 dormitórios
Área: 71,42 m²

LEGENDA

3º. Dormitório

Fonte: Projeto de Tenca et al (2010) adaptado pelo autor

O MODELO 03 (CDHU)

O terceiro projeto teve como base uma proposta de habitação que obteve o segundo lugar no Concurso do CDHU (Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano) e IAB (Instituto de Arquitetos do Brasil) em 2010 no Estado de São Paulo e também contemplava os conceitos de acessibilidade e flexibilidade (Figura 73). O projeto tem como autora: Adriana Blay Levisky.

Figura 73 – Projeto 03 original. Plantas e perspectivas

Fonte: Site PINI web ⁶⁹ (2010)

⁶⁹ Disponível em: <<http://piniweb.pini.com.br/construcao/arquitetura/concurso-habitacao-para-todos-realizado-pela-cdhu-e-iab-sp-divulga-185616-1.aspx>> Acesso em nov de 2014.

Figura 74 – Modelo 03 – alternativas de combinação do projeto.

Unidade com 02 dormitórios
Área: 65,53 m²

Unidade com 03 dormitórios com abrigo para
automóvel
Área: 78,53 m²

LEGENDA

- 3º. Dormitório/Ambiente multiuso
- Abrigo de automóvel

Fonte: Projeto de Levisky (2010) adaptado pelo autor

O MODELO 04

O quarto projeto constitui-se no modelo de habitação para customização em massa desenvolvido pela equipe de Projeto ZEMCH – Brazil. Apesar de ter sido desenvolvido especificamente para a população da Faixa 1 do PMCMV, o mesmo poderia ser utilizado com os usuários desta pesquisa, pois as opções de customização disponibilizadas nesta aplicação específica, poderiam acrescentar custos determinados pelo valor limite para este tipo de habitação (Figura 75). O projeto arquitetônico tem como coordenador o Professor Doutor Sidnei Junior Guadanhim da Universidade Estadual de Londrina - UEL.

Figura 75 – Modelo 04 do Projeto Zemch. Plantas e perspectivas

Unidade com 02 dormitórios
Área: 51,35 m²

Unidade com 03 dormitórios, 2º. banheiro e abrigo para
automóvel
Área: 79,59 m²

LEGENDA

- 3º. Dormitório/Ambiente multi-uso
- 2º. Banheiro
- Abrigo de automóvel

Fonte: Projeto do ZEMCH - Brazil. Adaptado pelo autor

6.3.3 Definição dos módulos de paredes para os modelos de projetos

Após a escolha dos projetos, foram analisados a variabilidade relacionadas aos formatos, dimensões e configurações das paredes. Estes estudos, conduziram à elaboração de conjuntos de módulos variados e a determinação do quantitativo de peças necessárias, tendo considerado que apenas um modelo de projeto seria simulado por vez. Para a montagem dos quatro modelos de projetos foram necessários 06 tipos de módulos diferentes, conforme descritos no **Quadro 11** e que são demonstradas na matriz de referência para simulação na Figura 76 e Figura 77.

Quadro 11 – Módulos das peças para simulação para os quatro modelos de projetos

		MÓDULO Q240	MÓDULO Q150	MÓDULO U350X200X200
FORMATO DO MÓDULO
DIMENSÃO MÍN.		240	150	SEGMENTO B= 200 SEGMENTO C= 200
DIMENSÃO MÁX.		470	290	SEGMENTO A= 690 SEGMENTO B= 390 SEGMENTO C= 390
QUANTIDADE POR MODELO C/ 3 DORMITÓRIOS	MODELO 01	3	1	1
	MODELO 02	3	1	2
	MODELO 03	3	1	1
	MODELO 04	3	2	2

		MÓDULO L150X90	MÓDULO L240X90	MÓDULO I240
FORMATO DO MÓDULO
DIMENSÃO MÍN.		SEGMENTO A= 150 SEGMENTO B= 90	SEGMENTO A= 240 SEGMENTO B= 90	240
DIMENSÃO MÁX.		SEGMENTO A= 290 SEGMENTO B= 170	SEGMENTO A= 470 SEGMENTO B= 170	240
QUANTIDADE POR MODELO C/ 3 DORMITÓRIOS	MODELO 01	1	-	-
	MODELO 02	1	-	-
	MODELO 03	2	1	-
	MODELO 04	-	-	1

Fonte: Autor

Figura 76 – Matriz de referência para simulação dos 04 modelos de projetos

Fonte: Autor

Figura 77 – Módulos executados com possibilidade de rebatimento

Fonte: Autor

6.3.4 Itens de customização

Os resultados das avaliações do protótipo 01 permitiram definir melhor os itens que poderiam ser disponibilizados para a customização da habitação. Para o Protótipo 02 foram disponibilizadas variações que possibilitam escolhas diversificadas para os 04 modelos de projetos e suas configurações.

Além dos itens de customização constituídos de revestimentos, pisos, esquadrias e peças sanitárias e de cozinha, também foram colocados à disposição, alguns itens de mobiliário para a montagem de um leiaute e verificação do dimensionamento do ambiente. Os itens de customização disponibilizados no modelo físico são descritos a seguir (Quadro 12 e Quadro 13):

Quadro 12 – Itens opcionais para customização (esquadrias, banheiros, cozinha, revestimentos)

JANELAS

Janela em aço sem veneziana Dimensão: 120 x 100 Quant. disp:: 3	Janela em aço sem veneziana Dimensão: 150 x 100 Quant. disp:: 4

Janela em aço sem veneziana Dimensão: 200 x 100 Quant. disp: 4	Janela em aço com veneziana Dimensão: 120 x 100 Quant. disp: 3

Janela em aço com veneziana Dimensão: 150 x 100 Quant. disp: 3	Janela em aço com veneziana Dimensão: 200 x 100 Quant. disp: 3

Janela em alumínio sem veneziana Dimensão: 120 x 100 Quant. disp: 3	Janela em alumínio sem veneziana Dimensão: 150 x 100 Quant. disp: 3

Janela em alumínio sem veneziana Dimensão: 200 x 100 Quant. disp: 3	Janela em alumínio com veneziana Dimensão: 120 x 100 Quant. disp: 3

Janela em alumínio com veneziana Dimensão: 150 x 100 Quant. disp: 3	Janela em alumínio com veneziana Dimensão: 200 x 100 Quant. disp: 3

Janela para banheiro basculante Dimensão: 50 x 60 Quant. disp: 3		Janela em banheiro basculante Dimensão: 60 x 60 Quant. disp: 3

Janela em banheiro Maxim -ar Dimensão: 60 x 60 Quant. disp: 3			
PORTAS

Porta em madeira decorada Dimensão: 80 x 210 Quant. disp: 2		Porta em madeira simples Dimensão: 80 x 210 Quant. disp: 10

Porta em madeira decorada branca Dimensão: 80 x 210 Quant. disp: 2		Porta em madeira simples branca Dimensão: 80 x 210 Quant. disp: 8

Porta em madeira simples Dimensão: 60 x 210 Quant. disp: 1		Porta em madeira simples branca Dimensão: 60 x 210 Quant. disp: 1

Porta em aço quadriculada Dimensão: 90 x 210		Porta em aço com veneziana Dimensão: 90 x 210	

Quant. disp: 2	Quant. disp: 2

Porta em alumínio com veneziana Dimensão: 90 x 210 Quant. disp: 2	Porta em aço em correr quadriculada Dimensão: 160 x 210 Quant. disp: 2

Porta em aço em correr divisão horizontal Dimensão: 160 x 210 Quant. disp: 2	
BANHEIRO

Box em vidro Dimensão: 95 x 95 Quant. disp: 2	Box em acrílico Dimensão: 95 x 95 Quant. disp: 2

Vaso sanitário cor biscuit Quant. disp: 1	Vaso sanitário cor branca Quant. disp: 1

Lavatório de banheiro com coluna Quant. disp: 1	Lavatório de banheiro com gabinete Quant. disp: 1
COZINHA

Bancada de pia em aço inox Quant. disp: 1	Bancada de pia em mármore sintético Quant. disp: 1
PISOS E REVESTIMENTOS

Pisos em madeira Quant. disp: 18 folhas em cada tonalidade	Pisos cerâmicos Quant. disp: 24 peças de cada nas cores bege, marrom e cinza e 24 peças na cor branca

Revestimento grafiato Quant. disp: 14 peças na cor areia e 4 peças nas demais cores	Revestimento cerâmico Quant. disp: 12 peças na cor branca e 7 peças nas demais cores

Revestimento em pedra Quant. disp: 4 peças	Revestimento tijolo a vista Quant. disp: 4 peças em cada tonalidade

Revestimento pintura látex Quant. disp: 8 peças em cada cor em 12 cores diferentes. A cor branca possui mais 20 peças	

Quadro 13 – Peças de mobiliário para leiaute

MOBILIÁRIO

Criado mudo Quant. disp: 4	Cômoda Quant. disp: 2

<p>Geladeira Quant. disp: 1</p>	<p>Mesas em centro para sala Quant. disp: 2</p>
<p>Mesa jantar 4 lugares Quant. disp: 1</p>	<p>Mesa jantar 6 lugares Quant. disp: 1</p>
<p>Fogão a gás Quant. disp: 1</p>	<p>Mesa para escritório Quant. disp: 1</p>
<p>Rack para aparelho de TV Quant. disp: 1</p>	<p>Aparador Quant. disp: 1</p>
<p>Sofá 3 lugares Quant. disp: 1</p>	<p>Poltrona Quant. disp: 1</p>
<p>Mesa jantar redonda Quant. disp: 1</p>	<p>Armário 2,0 m comprimento Quant. disp: 1</p>
<p>Armário 1,6 m comprimento Quant. disp: 1</p>	<p>Armário 1,5m comprimento Quant. disp: 2</p>
Berço Quant. disp: 1	Beliche Quant. disp: 2

Cama de casal Quant. disp: 2	Cama de solteiro Quant. disp: 2

Armário cozinha 1,2 m comprimento Quant. disp: 1	Armário para cozinha 0,8 m comprimento Quant. disp: 4

Armário para cozinha 40 cm comprimento Quant. disp: 4	Armário para cozinha 70x30x190 Quant. disp: 4

Tanque de parede Quant. disp: 2	Máquina de lavar roupa Quant. disp 1

6.3.5 Estrutura de funcionamento da planilha⁷⁰

A planilha possui como função principal receber informações a partir da leitura dos códigos constantes em cada peça do protótipo físico e apresentar os valores da construção para o cliente durante a simulação. A operação associada entre

⁷⁰ A planilha no *software* Excel foi desenvolvida com auxílio do acadêmico Felipe Conquista, aluno bolsista de Iniciação Tecnológica do CNPQ, pertencente ao Grupo de Pesquisa ARQUITEC – IAU/USP – São Carlos/SP.

a planilha e o modelo físico poderiam auxiliar os usuários em suas escolhas funcionando como um instrumento analítico de decisão.

Com base nas modificações realizadas a partir do manuseio do modelo físico, as informações resultantes das modificações e escolhas dos usuários são enviadas para a planilha, na qual os valores são atualizados imediatamente e o usuário pode acompanhar as consequências de cada decisão. Este processo não possui uma sequência linear rigorosa, pois aceita um retorno em qualquer etapa para redefinição das escolhas e readequação dos valores conforme as condições financeiras dos usuários.

Para que o protótipo físico funcionasse combinadamente com a planilha, foi necessária uma avaliação sobre os recursos necessários para este procedimento. No princípio pensou-se em utilizar os códigos QR e sua leitura por algum aplicativo de instalado em um *smartphone* com câmera e, dessa forma, calcular e inventariar os itens escolhidos e modificações realizadas no projeto. Foram elaborados testes iniciais com alguns aplicativos, contudo em situações mais complexas como cálculo de áreas e perímetros, as fórmulas nativas dos mesmos não comportam tais entradas.

O reconhecimento desta restrição conduziu a pesquisa a optar pela utilização do programa *Excel* da empresa *Microsoft*, considerando principalmente, a sua flexibilidade no aceite de entradas de fórmulas e cálculos personalizados.

Após a definição do uso do *Excel* como programa de inventário, foi necessário identificar todos os itens atribuindo-lhes um código de barras, isso foi feito a partir de uma nomenclatura própria, criada para facilitar a leitura por parte dos desenvolvedores do modelo.

Os itens como esquadrias, pias, tanques, peças de banheiro e de cozinha receberam códigos de barras, e estão relacionados diretamente com os valores na planilha, a neste caso a leitura destes produtos são acrescentados ao custo total da construção.

Em relação à escolha dos itens como abrigo de automóvel, área de serviço externa, muros e portões os valores globais eram acrescidos ao custo total a partir da inclusão ou não destas opções.

Quanto aos itens como paredes, rodapés, fundação, lajes de piso, calçadas e cobertura, estavam diretamente relacionadas com a área construída, determinadas a partir da leitura do comprimento da parede ou da sua existência no projeto. Considerando que as informações estão interligadas, a partir da leitura de um

novo comprimento de parede, outros valores são modificados conjuntamente, tais como: Área de paredes, área de piso, área de fundação (laje *radier*), área de revestimento de paredes e pisos, comprimento de rodapé, área do sistema de cobertura, etc. (Figura 78).

Figura 78 – Estrutura de ligação de informações atrelada ao comprimento da parede paramétrica

Fonte: Autor

As paredes de cada modelo de projeto foram identificadas com nomenclatura específica, para tornar possível a sua integração com a planilha. No sistema construtivo em **wood frame**, há uma diferença no valor entre os revestimentos da parede interna e a parede externa da edificação. A parte externa da parede, necessitando de tratamento contra umidade e rigidez, possui elementos adicionais como placa cimentícia, manta de impermeabilização e revestimento hidrofugante, e consequentemente possui um valor mais elevado que a parte interna. Sendo assim optou-se pela separação de todas as paredes pelo seu eixo longitudinal, determinando-se valores diferenciados para as que possuísem faces voltadas para a área interna e externa da construção. Ver Figura 79.

Figura 79 – Planta do modelo 01 com nomenclatura das paredes internas e externas

Fonte: Autor

Em relação aos valores dos componentes, e dos sistemas construtivos para composição da planilha, os mesmos foram obtidos a partir do trabalho de Yokota (2015) que tomou como base, dados fornecidos por uma empresa atuante na construção e comercialização de casas executadas com sistema construtivo *wood frame*. Considerando que os valores eram pertencentes ao ano de 2014, foi aplicada uma correção de 7% relativa à correção monetária do período para utilização na planilha orçamentária desta pesquisa. Os valores de produtos, peças e mão-de-obra que não constavam na planilha da empresa, foram obtidos a partir de consulta em

sites de venda à varejo no setor da construção, assim como tomou-se como referência a TCPO⁷¹.

6.3.6 Interface com o operador da planilha

Tendo considerado que o procedimento como um todo, deve favorecer uma dinâmica na qual o processo de escolha deve ser ágil e eficiente, existe uma preocupação, não só com a interface do usuário, mas também do operador da planilha, pois esta deve ser acessível e facilmente compreensível, evitando-se erros e demora no seu preenchimento. Isso conduziu, após a estruturação do funcionamento da planilha, a pensar em interfaces que apresentassem também, uma leitura mais didática para o operador.

No início, a planilha foi elaborada pensada em modelo genérico que pudesse absorver todos os 04 modelos de projetos apresentados anteriormente. Entretanto, após a realização de alguns testes funcionais (*white box*), sugeridos por Hevner (2004), demonstraram que, as particularidades de cada projeto tornavam complexa esta tarefa. Desta maneira, optou-se pelo desenvolvimento de **uma planilha específica para cada tipo de projeto**, podendo esta, absorver as modificações de somente um tipo de projeto. Esta decisão facilitou a elaboração de fórmulas e dos procedimentos para aplicação, simplificando principalmente a interface com o operador.

Na última formatação, de um total de nove planilhas, o operador necessita basicamente preencher três da planilha matriz, com informações sobre paredes, pisos de itens de produtos, as demais correspondem às informações de composição de custos, codificação de produtos e fórmulas específicas.

A planilha matriz é composta por outras planilhas, que se interligam por relações de fórmulas condicionais e de dependência. Por exemplo, caso o usuário não necessite do terceiro dormitório (opcional), simplesmente é atribuído um valor “zero” ao comprimento da primeira parede do ambiente, e o restante da planilha será ajustada automaticamente. Neste ajuste são subtraídos os valores das janelas, portas, revestimentos, área, etc. contidas neste ambiente, modificando o custo total da

⁷¹ TCPO, Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos. - 13 . ed. - São Paulo: Pini, 2008.

habitação. Apesar da planilha apresentar diversas células, apenas algumas devem ser preenchidas, nas quais possuem indicações e orientações de utilização.

Os campos das planilhas, como nomenclatura de paredes, comprimento, tipo de revestimento, e os itens como banheiros, cozinhas e esquadrias estão preparados para serem lidos pelo leitor de códigos de barras, conferindo assim, a facilidade, agilidade e maior confiança na entrada das informações (Figura 80).

As peças de revestimento de paredes estão demarcadas a cada 10 cm, no caso de ocorrer um posicionamento do marcador no ponto intermediário de duas medidas, a recomendação é que seja feita a leitura do valor mais elevado.

Figura 80 – Planilha com dados sobre paredes

LEITURA DE PAREDES MODELO 01									

Fonte: Autor

A planilha que realiza o cálculo dos pisos, é a que exigiu maior esforço no seu funcionamento. Para se calcular áreas e perímetros de ambientes com formatos retangulares, não houve maiores dificuldades, entretanto, para o cálculo de ambientes que possuem formatos em “L”, “T”, e contíguos a outros ambientes, demandaram soluções com fórmulas mais complexas para que o uso pelo operador fosse simplificado. Considerou-se esta questão como uma das mais importantes a ser superada, pois a planilha dependia desta solução para a obtenção dos valores finais da habitação, assim como para demonstrar a área construída para o usuário (Figura 81). Ao final conseguiu-se obter fórmulas que transpuseram essa dificuldade.

possível saber o quanto o usuário está gastando com esquadrias, pisos e revestimentos ou inclusive saber o quantitativo de artigos que a habitação possui (Figura 82).

Figura 82 – Planilha com dados sobre os itens

PREENCHAR APENAS CAMPO EM AZUL										Subtotal por itens
		Sala de estar	Sala de jantar	Cozinha	Banheiro 1	Dormit 01	Dormit 02	Dormit 03	Á. de serviço	
Portas	Leitura									
	1ª	1310954		1310801	1300954	1300954	1300954	1300954		
	2ª									
	1ª Preço	373,65	FALSO	722,65	313,65	313,65	313,65	313,65	FALSO	
	2ª Preço	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	R\$ 2.350,90
Janelas	Leitura									
	1ª	1410815		1421074	1420806	1400812	1400812	1400812		
	2ª	1410812		1421074						
	1ª Preço	445,35	FALSO	184,42	136,44	620,00	620,00	620,00	FALSO	
	2ª Preço	407,00	FALSO	184,42	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	R\$ 3.217,63
Lavatório	Leitura									
	1ª				1611501					
	2ª									
	1ª Preço	FALSO	FALSO	FALSO	R\$ 169,98	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	R\$ 169,98
	2ª Preço	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	
Pias	Leitura									
	1ª			1611601						
	Resultado									
	1ª Preço	R\$ 251,96	FALSO	R\$ 251,96	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	FALSO	R\$ 503,92
Tanques	Leitura									
	1ª								1651201	
	2ª									
	1ª Preço	0	0	0	0	0	0	0	R\$ 119,93	R\$ 119,93
	2ª Preço	0	0	0	0	0	0	0	0	
Box	Leitura									
	1ª				1661801					
	1ª Preço				386,00					R\$ 386,00
Vaso Sanitário	Leitura									
	1ª				1601501					
	1ª Preço	R\$ 0,00	0	0	268,98	0	0	0	0	R\$ 268,98
Subtotal Por Ambiente		R\$ 1.477,96	R\$ 0,00	R\$ 1.343,45	R\$ 1.275,05	R\$ 933,65	R\$ 933,65	R\$ 933,65	R\$ 119,93	
										Total
										R\$ 7.017,34

Fonte: Autor

6.3.7 Avaliação 4 - Especialistas

A quarta avaliação ocorreu no mês de outubro de 2015, quando o modelo mais estruturado foi demonstrado. O evento era destinado à apresentação dos resultados e avanços obtidos pelas pesquisas realizadas no Projeto ZEMCH-Brazil, para uma empresa que utiliza o sistema *wood frame* na fabricação de habitação, representado por um arquiteto pertencente à parte técnica da mesma. A avaliação, neste caso, não se caracterizava por um procedimento com rigor científico, mas se esperava, ao final da apresentação, alguma contribuição (crítica e sugestões) de um especialista, para que o modelo pudesse ser aprimorado.

Após a apresentação, o especialista teceu comentários positivos em relação à originalidade do artefato e outras observações foram notadas como pontos

incrementais ao modelo. Uma delas, é referente à possibilidade do modelo permitir a simulação de uma habitação com dois pavimentos, sugestão que pode ser levada à continuidade do desenvolvimento do protótipo como um desdobramento da pesquisa.

A outra observação é sobre o **produto gráfico**, ou registro que o usuário possuiria após a finalização do processo de customização. Neste caso, pensou-se em algumas alternativas como a interligação do projeto final com uma impressora 3D, ou com algum *software* de modelagem digital, considerando ser também uma possibilidade como outro desdobramento da pesquisa.

Entretanto, uma possível solução mais emergente, seria a instalação de uma câmera filmadora sobre o modelo simulado a qual, além de registrar o processo de simulação do usuário, também poderia fornecer um produto gráfico (imagem impressa do modelo customizado). Tendo sido esta última solução praticada na aplicação final do **Protótipo 02**, para o fornecimento de um documento final para o usuário.

6.3.8 Avaliação 5 - Estudo-piloto

As observações realizadas pelos especialistas nas avaliações anteriores, nortearam para que alguns ajustes pudessem ser realizados no artefato antes da sua aplicação em uma nova análise que foi identificada como estudo-piloto 03.

O modelo proposto, por possuir atributos funcionais, estava constantemente sendo testado sob diversos aspectos operacionais (*black box*), e além de todo o cuidado de planejamento prévio e preparação, o estudo-piloto foi um procedimento essencial e decisivo antes da aplicação final. A partir da sua aplicação, foi possível identificar algumas falhas que puderam ser solucionadas, assim como melhorias que foram incorporadas, tanto no modelo, quanto no processo de simulação.

A simulação deveria partir da escolha do projeto mais adequado entre os quatro disponíveis, citados no subcapítulo 6.3.2 , entretanto foi **disponibilizado** apenas o **modelo 01**, considerando que era o único que possuía a planilha ajustada e operante para a aplicação. O processo de customização seguiu nas seguintes etapas (Figura 83):

- 1) Montagem das paredes do modelo físico a partir do projeto escolhido, neste caso, utilizou-se apenas o **Modelo 01** como referência;
- 2) Escolha e colocação dos **pisos**;
- 3) Escolha e colocação dos **revestimentos das paredes**;
- 4) Escolha e posicionamento das **esquadrias**;
- 5) Escolha dos itens de **cozinha, banheiro**;
- 6) Leitura dos códigos de barras das paredes;
- 7) Leitura dos códigos de barras dos revestimentos de paredes e pisos;
- 8) Leitura dos códigos de barras dos itens customizados (portas, janelas, peças banheiro e cozinha.

Figura 83 – Sequência de montagem para o estudo-piloto

Fonte: Autor (2015)

Neste estudo-piloto, foi possível identificar o tempo para a montagem do modelo 01, que tendo iniciado a desde a planta até a finalização levou cerca de 1:30 h (Uma hora e trinta minutos) com a realização de aproximadamente 140 leituras com o leitor de códigos de barras. Avaliou-se que este tempo se mostrava excessivamente longo, considerando os seguintes aspectos:

a) O modelo seria aplicado junto aos participantes voluntários e uma atividade demorada poderia ser cansativa e comprometer os resultados e;

b) A quantidade de tempo dispendida se mostrou desfavorável à agilidade pretendida para processos de CM.

Objetivando reduzir o tempo para a realização da atividade, tomou-se como referência as avaliações realizadas com o primeiro protótipo, as quais demonstravam algumas preferências dos usuários em relação aos materiais, cores, revestimentos e que poderiam servir como parâmetros para a disponibilização de um modelo pré-configurado. A partir deste modelo de projeto, o usuário poderia realizar as substituições dos itens, caso fosse necessário ou pretendido. Esta pré-configuração estaria presente tanto no protótipo físico, quanto na planilha que também estaria previamente preenchida.

Nesta nova proposta, ao iniciar o modelo com as paredes montadas, e os revestimentos pré-aplicados, houve um avanço considerável na agilidade, pois seriam apenas atualizados os códigos dos itens substituídos. O tempo baixou para cerca de 30 minutos. Em contrapartida, seria necessário disponibilizar quatro protótipos, um para cada tipo de projeto.

Por meio deste estudo-piloto, foi possível identificar que algumas informações deveriam ser acrescentadas à planilha de interface do usuário tais como:

- 1) Visualização da área total edificada;
- 2) Valor do terreno, pois o modelo anterior só mostrava o valor da edificação;
- 3) Necessidade de estabelecer um valor limite para a habitação. Isso levou à realização de uma simulação de valores de financiamento pelo simulador Habitacional Caixa, disponível no site da Caixa Econômica Federal⁷².
- 4) Disponibilização de opções para o fechamento do lote com muros e portão.
- 5) Definição de uma dinâmica com proposta de um leiaute, equipamento e pessoal de apoio para facilitar, otimizar e agilizar o processo de customização. A proposta de leiaute é demonstrada no item 6.5 Dinâmica participativa para customização da habitação.

⁷² Simulador habitacional da Caixa Econômica Federal. Disponível em: <<http://www8.caixa.gov.br/siopiinternet/simulaOperacaoInternet.do?method=iniciarSimuladorCaixa&isVoltar=true&tipoPessoa=1&cidade=0>>. Acesso em: 10 nov de 2015.

6.3.9 Interface com o usuário

A visualização da planilha foi dividida em duas telas, sendo que a interface mais técnica era mostrada na tela de computador do operador e a outra que denominada interface com o usuário era mostrada em um monitor de 42 polegadas. Esta interface continha apenas informações consideradas essenciais, deixando de maneira mais compreensível para o usuário.

Na interface com o usuário, é possível acompanhar as modificações de valores por itens a partir das escolhas realizadas. A interface é organizada em colunas que informam: valores dos itens opcionais, valores incorporados atrelados às características da habitação, área total da construção, valor do terreno, valor da Unidade Habitacional e o valor total. Foram colocados também os valores ideais aproximados como meta da simulação (Figura 84) (Ver Apêndice B).

6.4 Pré-teste do formulário

A aplicação do formulário em sua versão preliminar foi realizada por meio de um pré-teste. Semelhante ao estudo-piloto, a intenção era identificar previamente possíveis inconsistências, dificuldades de interpretação e que pudessem ser corrigidas antes da aplicação definitiva.

Segundo Preiser, Rabinowitz e White (1988), o emprego do pré-teste é uma prática em APOs, e tem como objetivo verificar, não apenas a consistência dos dados a serem obtidos, como também familiarizar o avaliador com o processo e o contexto social do entrevistado, ampliando dessa forma, a eficiência da avaliação.

No pré-teste foi identificada a necessidade de mudar a linguagem de algumas perguntas, para que as mesmas ficassem mais acessíveis ao entrevistado.

6.5 Dinâmica participativa para customização da habitação

Viabilizar a participação do usuário no processo de customização da habitação, utilizando o modelo físico e a planilha, levou a necessidade de planejamento uma dinâmica para que os resultados esperados fossem atingidos.

Neste sentido, considerou-se que esta etapa seria tão importante quanto o próprio modelo proposto, pois tanto os instrumentos, como os métodos, deveriam funcionar em conjunto, caso contrário, a participação objetivada não poderia ser efetivada. Esta preocupação já havia sido colocada por Malard et al. (2002), ao observar que o processo não deva servir apenas como uma forma de legitimar as decisões dos projetistas.

A dinâmica proposta para a participação do usuário utilizando-se o artefato seguiria o seguinte roteiro (Figura 85):

- 1) **Apresentação** dos objetivos e **explicação** geral do modelo. No caso de aplicação para um número maior de pessoas, esta etapa poderia ser realizada em grupo. Explicação dos aspectos éticos da pesquisa.
- 2) **Simulação do financiamento** pelo site da Caixa Econômica Federal. Esta etapa visa demonstrar ao usuário as condições de financiamento segundo os valores disponibilizados pelos programas habitacionais, demonstrando a relação do crédito e as condições de pagamento de prestações, juros e subsídios concedidos pelo PMCMV. Em outro caso, isso poderia acontecer antecipadamente,

mas é importante que o usuário tenha definido um intervalo de valores antes de iniciar a customização da habitação.

- 3) **Escolha do tipo de projeto** conforme adequação às preferências iniciais entre os quatro modelos disponibilizados. Processo de customização da habitação realizado pela **escolha dos itens** e adequação das dimensões dos ambientes e opcionais conforme catálogo de opções disponibilizada.
- 4) **Análise do custo** por meio da adequação financeira. Caso necessário retorna-se à etapa anterior.
- 5) **Conclusão** da simulação da customização.

Figura 85 – Dinâmica de aplicação do modelo físico na customização

Fonte: Autor

Para a execução da atividade seria necessária a participação, além do usuário, de mais três pessoas da equipe na realização da simulação. A equipe deveria ser constituída pelos seguintes elementos:

- 1) O **customizador**, devendo ser desempenhado por um arquiteto ou projetista com conhecimento técnico sobre projetos, que neste caso, foi representado pelo pesquisador por possuir formação em arquitetura e urbanismo;
- 2) O **operador da planilha**, responsável pela leitura dos códigos de barras e QR e de outras tarefas de apoio enquanto a mesma ainda não estivesse sendo realizada e;
- 3) O **responsável pela mídia**, registrando por fotos e cuidando dos equipamentos de gravação. A participação deste último na dinâmica se faz necessária apenas no caso da simulação da pesquisa.

Em relação ao leiaute da sala, é possível visualizar, a partir da Figura 86, uma proposta para a sala disponibilizada para a simulação, com dimensões aproximadas de 4,0m x 4,0m. Houve uma preocupação em dispor os catálogos e as miniaturas de mobiliário, de forma que apresentassem fácil acesso e também favorecesse a circulação em torno do modelo físico paramétrico.

O monitor de vídeo foi posicionado pensando em proporcionar a visualização por todos os participantes, principalmente pelo usuário. Uma câmera de vídeo com resolução *full HD* foi instalada acima do modelo físico para filmar a simulação da customização pelo usuário, resultando em um registro que ao final poderia ser impresso e fornecido ao participante.

Figura 86 – Proposta de leiaute da sala (conforme espaço disponível)

Fonte: Autor

Os itens de customização foram dispostos em mostruários escalonados de forma a facilitar a escolha e operar em espaços compactos, tendo em vista que a aplicação poderia ocorrer em ambientes com áreas reduzidas (Figura 87 e Figura 88).

Figura 87 – Mostruário do catálogo de revestimentos

Fonte: Autor

Figura 88 – Mostruário do catálogo de portas e janelas

Fonte: Autor

7 AVALIAÇÃO FINAL DO ARTEFATO

Este capítulo descreve a avaliação realizada com o protótipo em estágio de desenvolvimento mais avançado, próximo do modelo finalizado. Esta avaliação buscou verificar a utilidade do artefato proposto após ter sido submetido às avaliações parciais anteriores, tanto no que diz respeito à sua operação interna, quanto ao seu funcionamento no contexto do ambiente em simulação com pessoas.

São descritos, a seguir, os critérios utilizados para a seleção dos participantes e também para a avaliação do artefato.

7.1 Seleção dos participantes

Segundo Rubin e Chisnell (2008), a seleção de participantes é uma etapa crucial para o processo de avaliação, visto que, os resultados só serão válidos, caso os mesmos possuam perfis típicos do usuário final ou que se aproximem ao máximo deste critério. Por consequência, as pessoas selecionadas devem possuir um perfil mais aproximado do público alvo definido inicialmente.

Em relação ao número de participantes, observando que o artefato seria avaliado parcialmente em relação à sua usabilidade. Segundo Nilsen (2000), é recomendável que haja cinco usuários por teste, pois existe uma curva de aprendizagem muito grande nos primeiros participantes, sendo próximo de 30% de descobertas nos três primeiros, e a partir do terceiro participante, há uma repetição das revelações anteriores (Gráfico 2). Dessa forma, é recomendável que, ao invés de realizar um teste com um grande número de pessoas, sejam feitos mais testes com número menor de participantes. Nilsen (2000) indica cinco pessoas por teste a cada etapa de *redesign* do artefato. O objetivo dos testes de usabilidade é melhorar o *design* do produto e não exclusivamente documentar suas falhas.

Gráfico 2 – Relação entre números de usuários participantes x percentual de erros encontrados.

Fonte: Traduzido de Nilsen (2000)

A avaliação ideal para o modelo proposto, deveria ser a sua aplicação junto aos usuários finais de programas habitacionais, em uma situação real de escolha das suas habitações. Entretanto, desde o princípio já se tinha conhecimento sobre a dificuldade na aplicação em casos reais, por diversas razões.

A primeira delas, é que o sistema atual de provisão de habitação funciona de uma forma que não é possível a customização da moradia, pois os imóveis disponibilizados para a aquisição, geralmente já estão construídos e, portanto, não há a participação do usuário. Seria necessária uma modificação do processo de provisão como um todo, incluindo as funções do estado, do construtor e do usuário. Atualmente no PMCMV, os usuários pertencentes à Faixa 2, considerado o público-alvo da pesquisa, adquire o imóvel diretamente com o construtor cadastrado no programa.

A segunda razão é que a habitação proposta utiliza o sistema construtivo em *wood frame*, por ser um sistema pré-fabricado e se enquadrar nos conceitos de CM, permitindo maior agilidade na construção. E apesar desta tecnologia ter ampliado a sua aceitação no mercado nos últimos anos, ainda há barreiras culturais a serem vencidas sobre o uso da madeira na construção habitacional.

E a terceira é que, mesmo que o usuário cadastrado em programas habitacionais, pudesse participar da aplicação, ainda assim a sua participação na pesquisa seria uma simulação e não um caso real.

Cabe registrar que houve uma tentativa de aplicação do artefato junto aos usuários PMCMV cadastrados na COHAB-Londrina, mas não foi viabilizada face à ausência de voluntários no local da aplicação nos dias destinados à atividade.

Estas dificuldades iniciais, muito comum em pesquisas científicas, levaram a uma solução alternativa de avaliação do instrumento, na qual existe a participação de pessoas, não são os usuários finais, mas possuem perfis próximos dos usuários reais. Neste sentido, a escolha dos participantes considerou como principal critério o **rendimento familiar**, determinado pela Faixa 2 do PMCMV.

O processo seletivo se iniciou com a busca de voluntários junto às pessoas conhecidas e indicações de possíveis participantes na simulação. De um total de 19 pessoas, foram selecionadas dez, que obedeciam ao critério de rendimento familiar.

A aplicação foi realizada junto a nove pessoas, considerando que apenas uma não compareceu, sendo que para cada participante foi agendado um horário para a simulação, estimando-se que o exercício não ultrapassasse duas horas no total.

7.2 Preparação dos participantes

A simulação foi precedida por uma apresentação dos objetivos da pesquisa, evidenciando que o **foco da avaliação era o instrumento** e não os participantes, e que os resultados poderiam auxiliar no desenvolvimento e aprimoramento do artefato. Neste sentido, Barnum (2011) destaca que este é um ponto importante a ser esclarecido em testes de usabilidade, a partir da citação de um mantra que deve ser seguido: “**nós estamos testando o produto e não você.**”

Em seguida, foi explicado sobre os aspectos éticos da pesquisa relativos ao uso de dados e a ocultação da identidade dos participantes em futuras publicações, junto a este procedimento foi coletada uma assinatura no termo de consentimento. Estes protocolos foram seguidos visando tranquilizar o usuário em relação à sua participação na atividade. O tempo para estes procedimentos iniciais levou em média 27 minutos.

7.3 Simulação com o protótipo

A aplicação da simulação buscou seguir a sequência planejada, para que as condições para cada participante fossem equivalentes e os resultados pudessem ser analisadas de forma comparativa.

A partir da utilização do simulador habitacional da Caixa Econômica Federal⁷³, foi possível determinar um valor ideal referencial, por meio da inserção de dados e buscando-se as melhores condições de financiamento, com juros menores, maior subsídio e prestações mais adequadas (Figura 89 e Figura 90). A maioria das simulações oscilaram entre valores de R\$ 140.000,00 e R\$ 145.000,00, considerando que acima deste valor, os juros eram mais elevados, passando a ser este, um montante limitador para a habitação. Apesar de ser uma simulação, esta etapa mostrou-se importante para a definição de limites orçamentários e que as decisões sobre ampliações e reduções de ambientes, assim como escolha de itens de customização influenciaram nos valores finais da habitação.

Figura 89 – Definição dos valores no simulador de financiamento

Fonte: Autor

⁷³ Simulador habitacional da Caixa Econômica Federal. Disponível em: <<http://www8.caixa.gov.br/siopiinternet/simulaOperacaoInternet.do?method=iniciarSimuladorCaixa&isVoltar=true&tipoPessoa=1&cidade=0>>. Acesso em: 10 nov. de 2015.

Figura 90 – Resultados do simulador da Caixa Econômica Federal

4 Resultados
Confira o resultado da simulação. Se desejar, imprima a simulação e leve a uma agência

Minha Casa Minha Vida - Aquisição de Imóvel Novo - Balcão.

Valor do imóvel	R\$ 130.000,00
Prazo máximo	360 meses
Cota máxima financiamento	90%
Subsídio Minha Casa Minha Vida	R\$ 1.374,00
Valor da entrada	R\$ 16.336,22 Alterar
Prazo desejável	360 meses Alterar
Valor do financiamento	R\$ 112.289,78
Sistema de amortização	SAC Alterar

Confira as Opções

Juros Nominais (taxas de juros a.a. + TR)	6.5000% a.a. + TR%		
Juros Efetivos (taxas de juros a.a. + TR)	6.6971 % a.a. + TR%		
1ª Prestação	R\$ 957,71 Demais prestações	R\$ 960,00 Demais prestações	R\$ 957,55 Demais prestações
Última Prestação	R\$ 313,61	R\$ 313,61	R\$ 313,61

CET (Custo Efetivo Total a.a.) [Calcular](#) [Calcular](#) [Calcular](#)

CESH (Custo Efetivo de Seguro Habitacional)

[◀ Volte à etapa anterior](#) [Veja a documentação ▶](#) [↺ Refazer simulação](#)

Fonte: Site da Caixa Econômica Federal. Acesso em nov de 2015. Destacadas pelo autor

Na etapa que precedeu a simulação pelo **modelo físico**, foi realizado um esclarecimento geral sobre o seu funcionamento, suas características e a configuração dos materiais e revestimentos aplicados na habitação. Embora exista uma sequência a ser seguida, todas as escolhas de opções poderiam ser modificadas em qualquer momento, pelo acréscimo ou extração no modelo, caso fosse necessária uma adequação ao valor pretendido inicialmente.

O **Quadro 14** demonstra o processo de simulação identificando escolhas e decisões para cada etapa da customização.

Quadro 14 – Etapas da simulação com os participantes

<p>01</p>	<p>Escolha dos projetos entre as opções de 2 ou 3 dormitórios, a área de serviço do lado externo ou interno da habitação, o muro e portão e o abrigo de automóveis. Na planilha estes itens estavam agrupados em módulos opcionais, e seu valor era acrescentado ou removido, caso fizesse ou não, parte da habitação (Figura 91).</p>
<p>02</p>	<p>Escolha dos pisos, caso optasse pela manutenção do piso padrão não haveria a necessidade de modificação. O piso padrão era cerâmica na casa toda.</p>
<p>03</p>	<p>Escolha e aplicação dos revestimentos das paredes, e assim como os pisos, haviam pré-configurações e caso houvesse necessidade poderiam ser trocados.</p>

04	<p>As esquadrias eram os últimos itens a serem escolhidos e colocados devido às suas sobreposições aos revestimentos das paredes.</p>
05	<p>Os itens de peças sanitárias e de cozinha eram escolhidos e colocados em seguida.</p>
06	<p>Ao final os móveis eram inseridos na habitação criando-se um leiaute para verificar a necessidade de ampliação ou diminuição de algum ambiente.</p>
07	<p>Redimensionamento das paredes para adequação aos mobiliários e circulação. A leitura das novas dimensões das paredes é feita pelo leitor e repassada à planilha. Esta etapa poderia ocorrer em outros momentos da simulação quando se percebesse que algum ambiente poderia ou deveria ser redimensionado.</p>
08	<p>Verificação dos valores e adequação ao valor final. Caso necessário era possível retornar ao processo de customização no modelo físico.</p>

09

Checagem e releitura dos códigos de barras dos produtos modificados. Esta etapa era realizada sempre que um novo item ou material fosse escolhido ou substituído.

Fonte: Autor

Figura 91 – Opcionais modulados em destaque na interface do usuário

ITENS OPCIONAIS	
REVEST. PAREDES	R\$ 3.261,18
PISOS	R\$ 2.889,56
PORTAS	R\$ 2.350,90
JANELAS	R\$ 3.217,63
LAVATÓRIOS	R\$ 169,98
PIA	R\$ 503,92
TANQUE	R\$ 119,93
VASO SANITARIO	R\$ 268,98
BOX	R\$ 386,00
ABRIGO CARRO	R\$ -
COBERT. A.SERV.	R\$ -
MURO + PORTÃO	R\$ -
SUB-TOTAL ESCOLHA	R\$ 10.730,50

Fonte: Autor

7.4 Avaliação da simulação

Neste subcapítulo, são apresentados os resultados obtidos na aplicação das simulações e nos relatórios de cada participante. A avaliação da simulação ocorreu durante a atividade de customização com observação de aspectos comportamentais dos participantes. Neste caso, durante a atividade, o entrevistador elaborava algumas perguntas sobre as escolhas realizadas pelos participantes. Considerando que este processo envolve critérios subjetivos e não segue um roteiro rígido pré-estabelecido, os questionamentos eram realizados em momentos

oportunos, percebidos pelo pesquisador. Neste caso, tomou-se o cuidado do entrevistador ser a mesma pessoa em todas as simulações, buscando evitar uma diferença nas questões elaboradas. Os formulários forneceram resultados, tanto objetivos a partir das perguntas com alternativas, quanto subjetivos pelas questões abertas.

Para uma leitura mais compreensível, os resultados das questões dos relatórios foram organizados em gráficos e os comentários mais significativos foram descritos subsequentemente, extraídos das transcrições das gravações em vídeo e áudio das atividades. Desta maneira, obteve-se um melhor entendimento a partir do cruzamento de informações dos resultados e avaliações individuais.

As questões dos relatórios estavam separadas em dois blocos. O primeiro procurou identificar o perfil do participante com dados e características pessoais. E o segundo inclui as avaliações individuais dos participantes em relação ao artefato em si, e também ao resultado da simulação e sua contribuição para o processo de customização da habitação (Ver Apêndice A). Os resultados desta análise são apresentados a seguir:

Informações do participante

Uma das recomendações das boas práticas de pesquisa ressalta sobre a essencialidade na ocultação da identidade dos participantes, assim sendo, nesta pesquisa os mesmos não têm os nomes divulgados e também aparecem nas fotos com os rostos “pixelizados”. Os participantes foram denominados como UP (Usuário participante) e o número é variável de um a nove, que é a quantidade de pessoas que fizeram parte da avaliação.

Em relação ao gênero dos participantes, do total, cinco eram do masculino e quatro do feminino, sendo que a faixa etária variou entre 32 anos e 56 anos (Gráfico 3).

Gráfico 3 – Idade dos participantes

Fonte: Autor

Em relação ao nível de escolaridade dos participantes observado no Gráfico 4, nota-se que há uma predominância no grupo que concluiu o ensino médio, cinco do total.

Gráfico 4 – Nível de escolaridade

Fonte: Autor

Tabulação de dados do formulário e entrevista

As questões a seguir estão relacionadas às avaliações das atividades pelos usuários considerando o modelo e o seu funcionamento em geral. Estão precedidas pelas perguntas do formulário e as análises realizadas em seguida.

6. Quanto ao **tempo** dedicado para concluir a atividade você acha que:

☐foi muito rápido ☐rápido ☐suficiente ☐demorado ☐muito demorado

Avaliação quanto ao **tempo gasto para a atividade de customização** os participantes levaram em média 36 minutos, sendo que a atividade mais demorada levou 46 minutos e a mais rápida foi finalizada em 25 minutos. Todos os participantes apontaram que o tempo dedicado à simulação foi **suficiente** (Gráfico 5).

Gráfico 5 – Tempo dedicado para concluir a atividade de customização

7. Você se sentiu **motivado** em realizar e concluir a atividade (simulação)?

☐sim ☐não O que te motivou?

Quanto à motivação na realização da simulação, **todos** responderam que se sentiram motivados para realização e conclusão. Algumas declarações expressam a motivação.

UP1: Sim. Eu queria ver como a casa ficaria acabada com os móveis, a disposição das janelas e portas...

UP2: Sim. Porque é mais simples para visualizar o que você quer. Na “Caixa” (Caixa Econômica Federal) vão mostrar só papéis e não dá para visualizar a sua casa...

UP3: Sim. Pela quantidade e variedade colocada de opções proporcionadas. Geralmente não tem opções para escolher (quando a casa já vem pronta) ...

UP7: Sim. Mesmo já tendo a minha casa, poder escolher as coisas para uma casa... sabendo que é uma coisa pra sempre... e ter a opção de esticar ou encolher a casa e ver o valor... e ter noção das suas condições.

UP8: Sim. Porque já comprei uma casa e tive que alterar. Aqui eu já estou escolhendo do meu gosto.

UP9: Sim. Me senti comprando o imóvel.

8. Você acha que as **miniaturas dos móveis** disponibilizados ajudaram a **compreender** melhor os espaços?

☐sim ☐não Por quê?

Na questão sobre as miniaturas dos móveis terem ajudado na melhor compreensão dos espaços, todos responderam que sim, sendo algumas declarações transcritas a seguir:

UP1: Sim. Dá para ver a circulação...se não vai ficar apertado.

UP3: Sim. Pela facilidade de disponibilizar nos ambientes e visualizar os espaços...

UP5: Sim. Porque você tem uma noção do espaço.

UP9: Sim. Você tem uma demonstração de como vai ficar com os móveis na casa... Parece um “show room”.

Figura 92 – Participante posicionando os itens no modelo (mobiliário)

Fonte: Autor

9. Você acha que a **quantidade de opções de customização da casa** (dimensão ajustáveis das paredes, alternativas de configuração dos cômodos, abrigo para carro, área de serviço externa) disponibilizadas foram **suficientes**?

☐sim ☐não Por quê?

A questão sobre a **quantidade de opções de customização** da casa (dimensão ajustável das paredes e alternativas de configuração dos cômodos) ter sido suficiente. Todos responderam que sim (Gráfico 6).

UP1: Sim. Porque consegui mexer na sala e cozinha em relação às dimensões e troca dos ambientes. (A posição da sala ficou invertida com a cozinha e mudou também a área de serviço de lugar). Ver *Figura 93*.

UP5: Sim. No meu caso eu até diminui um cômodo. (A usuária optou por apenas 02 dormitórios).

UP7: Sim. Porque aí você pode escolher do seu jeito sem precisar ficar mudando depois que comprou a casa. (A usuária comprou uma casa recentemente e necessita a ampliação de mais um cômodo. Está tendo dificuldade porque, segundo as pessoas que ela consultou, para conseguir a ampliação de mais um dormitório é necessária uma modificação grande na habitação).

Figura 93 – Inversão sala e cozinha / área de serviço

Fonte: Autor

10. Você acha que a **quantidade** de itens disponibilizados para escolha de **revestimentos** foi suficiente?

☐ sim ☐ não Por quê?
11. Você acha que a quantidade de itens disponibilizados para escolha de pisos foi suficiente?
☐ sim ☐ não Por quê?
12. Você acha que a quantidade de itens disponibilizados para escolha de pias e louças sanitárias foi suficiente?
☐ sim ☐ não Por quê?
13. Você acha que a quantidade de itens disponibilizados para escolha de portas foi suficiente?
☐ sim ☐ não Por quê?
14. Você acha que a quantidade de itens disponibilizados para escolha de janelas foi suficiente?
☐ sim ☐ não Por quê?

Apesar das questões 10 à 14 terem avaliado os itens separadamente no formulário, foi realizado uma análise de todas juntas, destacando-se principalmente os itens que tinham quantidades insuficientes (Gráfico 6).

Gráfico 6 – Quantidade de itens suficientes para escolha

Fonte: Autor

UP2: Sim. Foi bastante. Parece que você está na “Leroy” (Loja de materiais e acabamentos para construção). Se tivesse uma maquete assim na loja ia ajudar a vender muita coisa...

UP3: Em partes. Poderia ter um leque maior de cores e revestimento. Poderia ter tijolinho mais claro...Poderia ter um tom de cinza um pouco mais claro.

UP6: Em partes. Faltou uma cor azul mais claro.

Nas duas observações os participantes apontam para cores e revestimentos específicos de paredes. O UP6 não encontrou entre as cores do catálogo um azul mais claro para o dormitório do seu filho recém-nascido. Apesar de ser uma simulação, estas observações revelam a necessidade de maior variedade de cores e revestimentos.

UP8: Em partes. Poderia ter uma opção da calçada externa. Observação realizada sobre a questão dos pisos. Ainda que a questão tratasse sobre os pisos internos, o usuário recentemente havia feito calçamento em todo entorno da casa. Esta também seria uma opção que poderia ser acrescentada para futuras simulações.

Na Figura 94 é possível observar o momento da escolha dos itens pelos participantes e a comparação de preços juntamente com a análise do ambiente a ser aplicado ou instalado.

Figura 94 – Escolha dos itens no menu

Fonte: Autor

15. Você acredita que o **MFC** (Modelo Físico de Customização) **deveria** disponibilizar **mais opções** (revestimentos, pisos, janelas, portas, etc.) ou **outras opções** além destas?

☐sim ☐não Quais/faltou alguma coisa?

Esta questão tinha como objetivo reforçar as perguntas anteriores 10 a 14 e também verificar se haveria outros itens que não estavam contemplados e que os usuários poderiam sugerir.

Gráfico 7 – Quantidade de itens suficientes para escolha

Fonte: Autor

Os relatos sobre a variação ou disponibilização de outros itens e sobre a quantidade dos itens ser suficiente são descritos a seguir nas expressões de alguns participantes:

UP2: Sim. Tem coisas novas no mercado... de piso e revestimentos. E tem materiais novos também. Tipo aqueles revestimentos que imitam pastilhas, mas são placas grandes. Eu usei lá em casa... Como o participante recentemente reformou a sua casa, teve contato com os materiais e revestimentos em lojas de acabamentos para construção. Essa variedade e atualização dos materiais é uma questão a ser considerada para as opções do modelo físico.

UP3: Sim. Poderia ter opções de piso para a garagem ou para a frente da casa... Piso para acesso da casa, piso do tipo concregrama permeável. Este participante havia adquirido sua casa recentemente, cerca de 1 ano e meio pelo PMCMV e havia ampliado para o filho recém-nascido, como também havia feito o muro e o calçamento da casa.

UP1: Não. É suficiente porque quanto mais opções a pessoa tiver vai ficar com dúvida na escolha. Essa colocação ainda que não seja sugestões de mais itens ou variações dos existentes,

afirma sobre o equilíbrio de opções que deve ser disponibilizado para que o processo de escolha não se torne confuso (HUFFMAN; KAHN, 1998; PILLER et al., 2005).

UP7: Não. O importante é que tem ainda o preço para a gente escolher e ver se é mais caro que o outro e ter uma noção...

<p>16. Como você define a qualidade da representação dos materiais de revestimentos (pintura, texturas, cerâmicas, tijolinho, pedras) no MFC (Modelo Físico de Customização)?</p> <p> ☐ótimo ☐bom ☐ruim ☐péssimo ☐nsa </p>
<p>17. Como você define a qualidade da representação dos pisos no MFC?</p> <p> ☐ótimo ☐bom ☐ruim ☐péssimo ☐nsa </p>
<p>18. Como você define a qualidade da representação das portas no MFC?</p> <p> ☐ótimo ☐bom ☐ruim ☐péssimo ☐nsa </p>
<p>19. Como você define a qualidade da representação das janelas no MFC?</p> <p> ☐ótimo ☐bom ☐ruim ☐péssimo ☐nsa </p>
<p>20. Como você define a qualidade da representação das pias e louças sanitárias no MFC?</p> <p> ☐ótimo ☐bom ☐ruim ☐péssimo ☐nsa </p>

Neste agrupamento estão todas as questões relacionadas à qualidade de representação dos itens. O gráfico a seguir demonstra que quase todos consideraram a qualidade da representação ótima sendo que alguns itens tiveram uma das avaliações como sendo bom.

Gráfico 8 – Qualidade de representação dos itens

Fonte: Autor

UP1: Bom. Poderia melhorar um pouco. O piso poderia ter mais brilho e parecendo mais com cerâmica. A pia parece mais granito do que mármore. Em relação aos pisos, a pintura estava fosca e sem brilho, e em relação à pia da cozinha a especificação da mesma era mármore e a representação era de granito. Para algumas pessoas a fidelidade na representação pode ser um ponto importante, pois relaciona com os objetos conhecidos e o modelo deve facilitar diminuindo a necessidade de abstração.

Uma observação curiosa é que um dos participantes trocou um dos revestimentos de texturas após a colocação dos móveis, alegando que este tipo de revestimento poderia danificar o mobiliário, optando por uma pintura lisa. Neste caso a representação da textura da parede foi suficiente para que o participante pudesse fazer esta relação e mudar a escolha.

21. Em geral qual foi o **nível de facilidade/dificuldade** na utilização do MFC (Modelo Físico de Customização)?

☐ muito fácil ☐ fácil ☐ razoável ☐ difícil ☐ muito difícil

Em relação à esta questão não houve demonstração de dificuldade na utilização do modelo. A avaliação foi positiva sendo que 6 acharam fácil e 3 muito fácil.

Figura 95 – Participantes posicionando os itens no modelo (esquadrias e revestimentos)

Fonte: Autor

22. Você percebeu alguma **dificuldade** no uso do **MFC** (Modelo Físico de Customização) em **alguma etapa do processo de customização**?

☐sim ☐não Em qual?

Nesta questão todos os usuários disseram não ter encontrado nenhuma dificuldade no uso do modelo. Um dos usuários havia comentado sobre uma dificuldade, mas estava relacionado à escolha das cores (Gráfico 9).

Gráfico 9 – Nível de dificuldade/facilidade de utilização

Fonte: Autor

UP6: Encontrei dificuldade das cores das paredes... para combinar. Tem que ficar pensando... mas é coisa (dificuldade) da pessoa que está escolhendo não é da maquete.

A simulação pelo usuário UP6 apresentou esta dificuldade porque sempre que precisava tomar uma decisão, pensava também nas preferências da esposa em relação à habitação. Comentou que, se a mesma estivesse presente, talvez facilitasse a escolha, pois seria uma decisão conjunta. Isso pode ser refletida em uma possibilidade de realização de uma atividade de customização na qual estaria presente o casal, ou pessoas integrantes da família que tenham uma parcela de participação ou poder decisório sobre a habitação. Neste caso, é possível desconsiderar a dificuldade relativa à utilização do modelo, pois as preocupações relacionavam-se à uma hesitação pessoal na escolha e não propriamente ao uso do instrumento.

23. Você acredita que o MFC permitiu que você **compreendesse** o que estava escolhendo sobre os itens de customização da casa?

☐sim ☐não ☐em partes Por quê ?

Em relação à compreensão das escolhas, todos os participantes declararam positivamente que entenderam o que estava sendo escolhido para habitação.

UP1: O modelo é claro, pois você disponibiliza os móveis do jeito que você quer, então você consegue saber como que você vai ficar melhor a passagem e circulação com os móveis que tem aí.

UP6: Com a maquete fica muito fácil.

UP7: A maquete demonstra bem, eu estava ali dentro. Parece um “sonho”... poder ver as coisas ali...Foi fácil entender. Esta declaração foi percebida em outros entrevistados e reforçam a instrumentalização do modelo no favorecimento da imersão de uma determinada situação. Semelhante às funções dos *toolkits* 3D propostos por Sanders e Stappers (2008) ou as maquetes de Concern descritas por Grafe (2008) que são capazes de estimular a imaginação de uma atividade social, evocadas pelas memórias e associações com situações vividas e conhecidas.

24. Você acha que o processo de escolha utilizando o MFC (planilha de custos combinada com as opções de escolha no modelo físico) **foi de fácil entendimento?**

☐sim ☐não ☐em partes Por quê ?

Em relação à compreensão combinando o modelo físico mais a planilha, todos os participantes afirmaram ter sido fácil de ser entendido.

UP7: Mesmo sem entender e eu estava preocupada no começo... É que eu não entendia desse negócio de maquete... (referindo-se à sua preocupação antes de iniciar a atividade). Eu consegui entender depois de forma bem fácil... Foi fácil de entender, porque no banco é muito difícil de entender, eles só falam de números... Eu fiz o meu financiamento pelo banco, mas saí de lá com um nó na cabeça, fiquei tonta e até errei o ônibus para casa. Se eles (banco) tivessem alguma coisa assim (modelo físico) ficaria muito mais fácil da pessoa entender.

25. O MFC (modelo físico + a planilha de custos) **permitia você expressar as suas necessidades** e escolhas pessoais?

☐sim ☐não Por quê e quais?

Em relação às necessidades e escolhas pessoais todos os participantes afirmaram que o modelo permitiu que fosse expressada esta questão.

UP1: Sim. Já tem os preços e você vai acompanhando dentro da meta programada no começo.

UP7: Sim. Porque eu podia escolher alguma coisa que eu posso pagar, no caso né... Dá pra saber bem assim detalhado. Quando nós compramos a casa, meu filho disse... Mãe temos que comprar o que dá pelo financiamento e não dá pra ficar escolhendo muito... Agora se tivesse alguma coisa mostrando que se aumentar um pouco a casa a prestação ia ficar um pouco mais cara, a gente podia ver até quanto podia pagar de prestação....

26. Você acha que o MFC **funciona** para o processo de customização da casa?

☐sim ☐não ☐em partes Por quê?

Nesta questão todos os participantes afirmaram que o modelo funciona para a customização da casa.

UP1: Sim. O modelo é muito bom. A pessoa tem uma visão ampliada do todo, não é só um papel.

UP2: Sim. Em qualquer lugar... até para venda de móveis e pisos também.

UP3: Sim. Daria uma possibilidade maior para o comprador final. Você consegue antecipar a sua necessidade futura.

UP7: Sim. Com certeza é muito bom pra gente escolher as coisas da casa do nosso gosto.

27. Você acha que **customizar a casa no modelo físico** e **visualizar a planilha de custos** sendo atualizada auxiliou em alguma **decisão** sua?

☐sim ☐não ☐em partes Por quê?

Nesta questão, oito participantes afirmaram que visualizar a atualização os valores da planilha auxiliaram na decisão da customização da casa no modelo físico, e apenas uma disse que não auxiliou a sua decisão.

UP1: Sim. Ajuda a você não ultrapassar o valor da casa.

UP2: Sim. Já ajuda bastante. Você vai escolhendo o muro, a garagem e vendo o valor que custa cada coisa.

UP3: Sim. O custo dos materiais, pesa bastante... E também definir uma meta dá uma restrição para as escolhas.

UP5: Sim. Você tem uma ideia de base de gastos na casa. Se todos os projetos fossem assim você poderia ter uma noção de planejamento...

UP6: Não. Porque eu estava preocupado em escolher as coisas para a casa na maquete e nem prestei atenção na planilha... Só vi no final... Porque se precisasse eu ia voltar e refazer ou mudar as coisas... mas no final não precisou.

UP7: Sim. Não tenho carro, mas já vou escolher com “garagem” pra não ter que ficar mexendo na casa depois de pronta... Pelo preço que eu vi, nem é tão caro assim comparado com o preço da casa... Na simulação da casa ela optou por colocar o abrigo, mesmo não possuindo automóvel, tomou esta decisão comparando com o valor total do imóvel e porque não gostaria de ficar ampliando a casa posteriormente).

UP8: Sim. Pude modificar o piso e as paredes vendo o valor final. Este participante, retornou várias vezes no processo trocando itens e verificando os valores da meta definida inicialmente. Ao final foi elaborada uma nova condição de financiamento pelo simulador da Caixa Econômica Federal, inserindo valores reais dos rendimentos do participante, pois havia uma preocupação em verificar as reais possibilidades. Neste sentido, a simulação de financiamento evidenciou ser um importante instrumento para relacionar a simulação da atividade com uma condição da realidade.

Gráfico 10 – Atualização da planilha durante a customização

Fonte: Autor

Figura 96 – Participante observando a planilha de interface com o usuário para decisão

Fonte: Autor

As fotos anteriores dos usuários demonstram que durante o processo de customização com o protótipo físico os participantes conferiam os valores dos itens e o valor da habitação na interface do usuário, buscando tomar novas decisões em relação às escolhas.

28. Quanto à **sua satisfação** em relação a **customização da sua casa** utilizando o MFC você se considera:

☐ Insatisfeito ☐ Pouco satisfeito ☐ Razoavelmente satisfeito ☐ Muito satisfeito

Nesta questão oito participantes afirmaram estarem muito satisfeitos e um razoavelmente satisfeito.

Gráfico 11 – Satisfação em relação à customização da casa

Fonte: Autor

29. Se fosse dar uma **nota** de 0 a 10 para o **processo utilizando o modelo físico + a planilha**, que **nota** você daria?

A média obtida com as notas foi 9,72.

Gráfico 12 – Nota do modelo físico + planilha

Fonte: Autor

Este resultado demonstra a avaliação positiva em relação ao modelo físico atrelado à planilha.

30. Gostaria de fazer algum **comentário** sobre a atividade?

UP1: Acho que está tudo funcionando... As pessoas vão compreender facilmente. Vai ajudar as pessoas na realização da casa dos sonhos.

UP2: Achei inteligente... é mais fácil de você ver. Se fosse fazer a minha casa usaria este modelo.

UP5: Quando você vê as duas coisas (modelo físico e planilha) tem uma noção melhor...Financiamento, custo e o projeto... e tem uma base de tudo.

UP6: Foi importante porque facilita a pessoa ter uma noção de valores. Foi importante mostrar o simulador da Caixa Econômica no começo para saber o valor da casa.

UP7: Achei muito bom. Se todos tivessem a oportunidade de ver, escolher, ter opção de preço, material....

UP8: A ideia é muito válida... Você tem noção vendo os cálculos e o que pode gastar... Se tem 10 não pode gastar 20...

UP9: Foi muito bom pra gente que é leigo... customizar e ver os valores das coisas que escolhemos.

7.4.1 As habitações customizadas na simulação

As habitações sem a customização, iniciavam com a área de 59,94 m², com 03 quartos, sem abrigo de automóvel, sem área de serviço externa. A partir deste modelo os usuários poderiam escolher entre retirar o dormitório opcional e acrescentar mais as opções e também ampliar as áreas de qualquer cômodo. O Gráfico 13 mostra as áreas obtidas após a customização.

Gráfico 13 – Gráfico de áreas das UHs customizadas

O UP1 foi o que mais alterou as opções da habitação, desviando parcialmente das opções disponibilizadas de configuração. Neste caso específico, o participante gostaria de inverter a posição da cozinha com a área de serviço, e considerando ser o primeiro participante, foi permitida a realização desta troca, pois havendo a participação de um arquiteto, o mesmo poderia orientar sobre esta alteração. Além disso, adicionou-se, o interesse em verificar se o modelo poderia absorver as modificações, tanto no físico (que a princípio não se observou nenhum obstáculo), quanto os desdobramentos em relação à planilha, a qual estava interligada com as propriedades físicas, como áreas, paredes, perímetros, etc.

Com alguns ajustes rápidos na planilha, o modelo pode assimilar essa troca de ambientes. Sendo assim, há uma certa flexibilidade no reposicionamento de ambientes conforme casos especiais (Figura 97).

A habitação do UP1 também necessitou de ampliação de algumas paredes para que se ajustasse à nova configuração.

Figura 97 – Habitação UP1

Fonte: Autor

Figura 98 – Habitação UP2

Fonte: Autor

Figura 99 – Habitação UP3

Fonte: Autor

Figura 100 – Habitação UP4

Fonte: Autor

Figura 101 – Habitação UP5

Fonte: Autor

Figura 102 – Habitação UP6

Fonte: Autor

Figura 103 – Habitação UP7

Fonte: Autor

Figura 104 – Habitação UP8

Fonte: Autor

Figura 105 – Habitação UP9

Fonte: Autor

7.4.2 Discussão

Pelo resultado das avaliações, pode-se perceber que o modelo físico paramétrico teve uma boa aceitação e uma avaliação positiva. Sendo, portanto, favorável para a utilização em processos participativos envolvendo potenciais usuário de habitação social.

A **dinâmica** proposta também se mostrou **eficiente**, considerando que o tempo dispensado para a simulação da customização levou em média 27 minutos. Cabe considerar que, por se tratar de uma atividade de simulação, pode ter ocorrido que os participantes não tivessem o envolvimento exatamente como se fosse em um caso real. Se aplicado à uma situação real, é possível que este tempo seja ampliado em virtude do interesse do usuário.

A definição de um **limite de valor para a habitação**, obtido pela simulação de financiamento realizado no início da atividade, permitiu estabelecer metas e restrições para que os participantes pudessem realizar a simulação refletindo sobre os custos das suas decisões. Estabelecer a meta de valor para o financiamento foi muito **significativo**, visto que ajudou na formação de um cenário para a simulação, confirmando as teorias de Wang (2013) em relação às ações que ocorrem com base no uso de instrumentos específicos.

A presença de um **profissional especialista** foi importante para o processo, dado que os participantes se sentiram seguros com o acompanhamento de um arquiteto. Reforça-se a indispensabilidade do apoio de um arquiteto no processo de customização de uma habitação, confirmando o que Rocha et al. (2013) havia observado, sobre a necessidade de alguns processos de customização ocorrerem dentro de um contexto presencial, diferente do processo *online* que ocorre com frequência em diversas configurações de produtos.

Quanto às opções de customização, apesar de haver uma quantidade razoável de materiais e revestimentos, nem a metade delas foi utilizada. Caberia neste caso, a realização de uma nova consulta para que possam ser disponibilizados cores e revestimentos preferenciais, apesar da própria atividade realizada ter servido para mapear as opções mais utilizadas. Certamente estas informações são importantes para o processo de customização em massa, pois alimenta bancos de informações a respeito das escolhas realizadas, que por sua vez podem ser utilizados para futuros processos de customização ou elaboração de catálogo de opções.

A inversão da cozinha com a sala realizada por um dos participantes, sugere que possam ser disponibilizados projetos com uma maior flexibilidade de composição e com mais possibilidades de escolha.

Além das informações sobre os produtos estarem impressas nas peças, havia também a possibilidade de visualizar informações mais detalhadas sobre os produtos a partir da leitura dos códigos QR. Entretanto nenhum dos participantes fez uso dos leitores de códigos QR, não ocorrendo necessidade de acessar mais informações, podendo este recurso, ser utilizado de outra forma em outros modelos a partir de desdobramentos da pesquisa.

O artefato obteve uma ótima avaliação sob o aspecto da **usabilidade**, demonstrando que o mesmo possui uma característica de **facilidade de uso**, comprovados também pelas declarações contidas nas gravações, fotos e observações realizadas durante as atividades de simulação.

Em relação à compreensão das escolhas realizadas, o modelo mostrou **eficácia** na transmissão de informações facilitando o entendimento das ações realizadas.

Sobre o atendimento das necessidades e escolhas pessoais, os participantes também se mostraram **satisfeitos**, pois o modelo demonstrou ter cumprido os requisitos dos desejos dos participantes.

O **modelo**, em geral, foi bem avaliado, revelando sua **utilidade** como instrumentação em processos de customização em massa.

A **interface do operador** também é de **fácil utilização**, considerando que a mesma foi operada por três pessoas durante as atividades de simulação. A primeira a utilizar era estudante de arquitetura, a segunda estudante de engenharia mecânica e a terceira uma dona de casa, nenhuma delas apresentou dificuldade em utilizar a planilha e o leitor de códigos de barras. Houve apenas uma explicação inicial rápida de 10 minutos sobre o funcionamento e em seguida o operador já estava exercendo a atividade. Neste caso, a **usabilidade** por parte do operador também se mostrou eficiente.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo geral desenvolver um modelo físico funcional paramétrico, que pudesse apoiar os usuários nas tomadas de decisões em relação à customização da sua habitação, aplicados em processos participativos de projetos de Habitação de Interesse Social (HIS), tendo identificado inicialmente o problema da padronização das casas em empreendimento de HIS que se mostra ineficiente no atendimento das idiossincrasias de seus habitantes.

Por meio do método de pesquisa da *Design Science Research* – DSR, foi possível detectar etapas e caminhos para o desenvolvimento da pesquisa, e posterior avaliação do **artefato proposto**, junto a potenciais usuários e especialistas. Destaca-se a importância do método da DSR na condução desta pesquisa, principalmente por definir, de forma clara, o papel do pesquisador como *designer*, em um processo de investigação científica.

Para que o artefato desenvolvido estivesse em condições de ser aplicado e avaliado, junto aos potenciais usuários de Habitação de Interesse Social, o trabalho percorreu diversas etapas como: 1) levantamento de informações por meio de entrevistas e formulários junto aos participantes representativos; 2) formulação do modelo inicial; 3) Realização de avaliações e testes operacionais e estudos-piloto do modelo, incluindo em muitas destas fases, a participação de pessoas em simulações utilizando o modelo.

A partir do compartilhamento de informações do modelo inicial e consultas junto à especialistas, e realização de avaliações parciais, o protótipo foi evoluindo e recebendo acréscimos de atributos e funções, com o objetivo de ampliar a compreensão do projeto e proporcionar a interatividade com o usuário. Desta forma, ao **primeiro protótipo**, caracterizado pela **interatividade e flexibilidade**, foram acrescentadas, propriedades como informação e parametrismo, derivando no **segundo protótipo**, denominado como **modelo físico paramétrico**.

A proposta objetivada inicialmente, constituída por um instrumento interativo que contribuísse para a participação do usuário, assim como a sua compreensão sobre as próprias decisões, também pôde ser atingida, uma vez que o modelo físico paramétrico, a partir das avaliações, mostrou-se favorável a um processo de projeto participativo.

Acredita-se que o modelo físico paramétrico proposto atende à preocupação mencionada por Malard et al. (2002), sobre a necessidade da utilização de instrumentos que pudessem, de fato, permitir a participação do usuário em processos participativos: o modelo paramétrico é um artefato dinâmico que permite modificações por meio de suas características de retração e ampliação, servindo como uma ferramenta que procura definir o projeto por meio da sua exploração. Assim como os arquitetos, desde a antiguidade, utilizavam o modelo na definição do projeto, porém num processo intrapessoal, o modelo físico paramétrico permite que a exploração possa ser realizada também pelo usuário leigo, de forma interativa e compreensiva.

Após a realização de testes e da verificação da utilidade do instrumento proposto, os resultados permitem considerar que os modelos tridimensionais com atributos de parametrismo contribuíram de forma positiva no processo decisório dos potenciais usuários de Habitação de Interesse Social.

Verificou-se, também, a utilidade do modelo proposto como suporte no processo de Customização em Massa, conforme objetivo da pesquisa. E apesar de ter sido desenvolvido com foco na utilização como *toolkit* customizador em processos de CM para sistemas construtivos em *wood frame*, também pode ser aplicado em outros sistemas construtivos, bastando que se realizem algumas adaptações pontuais.

Em relação à necessidade de uma proposta inovadora, preconizada pela metodologia da *Design Science Research*, acredita-se que esse propósito tenha sido atingido, pois o modelo desenvolvido, pelas suas particularidades, apresenta características de um **artefato inovador**, considerando não haver encontrado, na literatura, casos em que se utilizasse modelos físicos parametrizados para estes fins específicos.

Um procedimento análogo, relacionado à transformação de atributos físicos para informações digitais, foi utilizado em um conhecido método de projeto na arquitetura, referindo-se ao processo desenvolvido pelo arquiteto Frank Gehry, no qual um modelo geométrico digital foi obtido a partir do escaneamento de um modelo físico (KOLAREVIC, 2005). No campo de arquitetura, a transformação de objetos físicos em modelos digitais não é tão incomum. Como exemplo disso, é possível relacionar as pesquisas com a digitalização tridimensional de edifícios, ou parte deles, para preservação da memória do patrimônio arquitetônico, transformando-os em

modelos digitais, e posteriormente, podem ser obtidos modelos físicos por processo de materialização digital (RODRIGUES; PUPO; CELANI, 2010). Na realidade, estes exemplos alimentam a reflexão sobre os processos híbridos que conectam artefatos analógicos e digitais. Essa tecnologia já é muito utilizada, atualmente, em processos de materialização digital ou fabricação digital, na qual informações de modelos digitais se transformam em objetos físicos. Entretanto, este processo pode ser repensado em uma possibilidade de inversão de fluxo, partindo-se do físico para o digital, independentemente de seguirem etapas supostamente lógicas. O caminho do físico para o digital, em princípio demanda mais esforços e recursos e é menos explorado.

No que tange aos resultados obtidos nas simulações, utilizando o modelo físico paramétrico, em um processo participativo de projeto, pôde-se demonstrar que o mesmo pode ser utilizado em captura de requisitos para desenvolvimento de novas opções de projetos. Entretanto, vale ressaltar que o uso do modelo, em fases finais de definição da habitação, apesar de apresentar resultados positivos, necessita de alguns ajustes, tais como o desenvolvimento de um sistema de cobertura e de ocupação do terreno, podendo funcionar em conjunto com outros instrumentos de representação. Isso pode ser obtido a partir de novas dinâmicas de simulações, para refinamento do protótipo, até que o mesmo esteja apto para a aplicação em usuários finais e em situações reais.

8.1 Limitações e dificuldades

A principal dificuldade se encontra na quantidade de peças que precisam ser desenvolvidas para o modelo físico, especificamente para as variações de revestimentos de paredes e pisos para ambientes com formas irregulares. Considerando os diferentes tipos de projetos, estas peças necessitam de variações de comprimentos, texturas e formatos, e por conseguinte, para se atender às diversas possibilidades de aplicação de revestimentos é necessária uma quantidade significativa de peças.

A proposta de um modelo funcional, pressupõe-se que o seu desempenho em uma aplicação em casos reais deva ocorrer sem falhas ou, ao menos, com a minimização delas. Desta maneira, a pesquisa deparou-se com a adversidade do tempo exigido para o desenvolvimento do modelo, até que o mesmo estivesse apto para a aplicação com participantes.

8.2 Trabalhos futuros

As avaliações, junto a usuários e especialistas, apresentaram resultados favoráveis e promissores, para que o modelo continue a ser desenvolvido e aprimorado para outras aplicações ou em tipologias diferentes de habitação.

Por se tratar de uma pesquisa de caráter exploratório e propositivo, a partir do desenvolvimento de um modelo funcional, as ideias e possíveis soluções desenvolvidas foram as que mais emergiram no decorrer da pesquisa; contudo, nem todas puderam ser incorporadas no protótipo proposto. Esses *insights* ocorridos sugerem a possibilidade de continuidade e aprofundamento em alguns tópicos:

- Buscar desenvolver o modelo e refiná-lo para aplicar em casos reais, com pessoas efetivamente interessadas em adquirir um imóvel, em um determinado programa habitacional;
- Adaptação do modelo para outras tipologias de edificações como apartamentos, sobrados e casas escalonadas;
- Integração do modelo com algum equipamento de análise solar, como por exemplo, um *heliodon*;
- Integração com algum *software* paramétrico com conceito BIM. Houve uma iniciativa de estudo para a integração da planilha com o aplicativo *Revit DB link* que permite a comunicação entre o *software Revit project* e outros *softwares* de banco de dados ou planilhas tais como: *Microsoft Access*, *Microsoft Excel* ou banco de dados ODBC. Apesar de promissora, esta ideia deverá ser desenvolvida como um desdobramento da pesquisa.
- Possibilidade de combinação do modelo físico com impressoras FDM;
- Realizar novas simulações com usuários diversificados e outros níveis de faixa de renda, para obtenção de um modelo mais completo em sua versão final.
- Desenvolver conjuntamente projetos modulares, nos quais se possam desenvolver outros protótipos a partir da modulação ou peças modulares.

- Desenvolver um protótipo de terreno para inserção do modelo, tendo como referência o parametrismo.
- Desenvolvimento de um sistema de coberturas para o telhado, possibilidade de modulação. Esta etapa tem sido requisitada para o trabalho em conjunto com o Projeto ZEMCH-Brazil.

8.3 Contribuições da pesquisa

A interface híbrida proposta, combinando o modelo físico paramétrico com as informações sobre as decisões de customização da habitação, definidas pelo usuário, constitui a principal contribuição da pesquisa. A propriedade de parametrismo do modelo físico proposto demonstrou ser um instrumento importante para auxiliar os usuários de HIS em tomadas de decisões, em processos participativos de projeto. Esse processo pôde ser viabilizado pelas características de flexibilidade do modelo e pelas leituras dos códigos de barras (*Barcodes*) e códigos bidimensionais (*QR codes*) que introduziram celeridade, maior confiabilidade e eficiência, na transformação de informações contidas em objetos físicos, em informações digitais para o computador. Esta particularidade do modelo físico proposto abriu uma série de novas possibilidades de investigação, sobre a correspondência de informações transitáveis do universo físico para o universo digital. A utilização de leitores de *Barcodes* e *QR codes*, que cotidianamente ocorre em lojas e supermercados, foi trazida para incrementar os modelos utilizados em processos de projeto, podendo atribuir informações digitais aos componentes materiais.

O trabalho também contribui com a apresentação de uma dinâmica participativa, detalhada no subcapítulo 6.5 deste trabalho, na qual são sistematizados os recursos necessários para a utilização do modelo físico paramétrico proposto em atividades de simulação, tais como: etapas e protocolos a serem seguidos, equipamentos, equipe de apoio e leiaute da sala com disposição de mobiliário e equipamentos.

O fato de ter-se optado pelo desenvolvimento de um modelo funcional paramétrico, levou a um empenho mais intenso do pesquisador na parte operacional do artefato, considerando que a aplicação dependia de um modelo que tivesse pelo menos uma estrutura de funcionamento básica para a sua avaliação e testes com participantes. E projetar um modelo que favorecesse a usabilidade levou a uma

constante aproximação com o usuário leigo, mas não no sentido de minimizar o seu desconhecimento, mas de ampliar a inteligência do sistema para adequá-lo às pessoas (usuários).

O modelo executado em escala 1:10, pode acrescentar contribuições ao processo de compreensão do ambiente com uso de modelos físicos. A adoção desta escala resultou em um modelo com grandes dimensões, não sendo muito usual no campo de arquitetura, e que acabou colaborando nas simulações realizadas, a partir da constituição de um ambiente de imersão, cuja evidência é conferida pela observação do comportamento dos participantes. Essa imersão, se manifesta no momento que o participante se projeta no modelo e elabora simulações de atividades e uso da habitação, ultrapassando as dimensões físicas e materiais do modelo, passando a funcionar como um cenário para a realização de situações imaginárias. Conforme descrevem Sanders e Stappers (2008), a ambiguidade de um modelo, quando intencional, pode gerar oportunidades de criatividade, expressão e discussão. O significado do artefato é revelado por meio das histórias contadas sobre ele e sobre o estímulo ao participante em recordar atividades sociais ocorridas nos ambientes da habitação. Esta observação também é feita por Grafe (2008), nos modelos de *Concern*, os quais sugerem que os espectadores complementem as cenas a partir de suas recordações vivenciadas. Neste sentido, retomando o raciocínio de Smith (2004), o modelo pode ser visto como um instrumento que auxilia os seres humanos a expandir o seu poder intelectual, na tentativa de compreender e definir a dimensão de um todo complexo.

O protótipo físico, sendo um objeto mais próximo da realidade das pessoas devido à tangibilidade e à sua propriedade tátil, ampliou a interatividade, uma vez que os objetos estavam fisicamente à frente das mesmas, permitindo a participação de pessoas de diferentes níveis de escolaridade e formação. O modelo, ao reduzir os esforços cognitivos, acaba ampliando o nível de participação por evitar a dispersão e permitir ao usuário concentrar-se na atividade principal, e não nos aspectos de funcionamento, confirmando desse modo o que Mitchell (2008) explica sobre as relações do mundo projetual e o que será construído. A necessidade e importância de utilizar o tato, na percepção das pessoas, são explicadas por Pallasmaa (2012) quando esclarece que o contato físico com o objeto e o espaço coloca a pessoa dentro e fora do objeto ao mesmo tempo, fazendo uso do sentido de “ver com as mãos”. Esse pensamento pode ser complementado com os conceitos de

Schön (2000) sobre a reflexão na ação, observados na participação do usuário durante simulações, nas quais os resultados de uma decisão podem originar novos problemas a serem solucionados.

E ao considerar que o mundo da arquitetura opera com instrumento de predição ou simulação de um futuro, todos os recursos que possam contribuir para a visualização e compreensão deste mundo vindouro podem ter sua legitimidade, desde que sejam capazes de transferir estas informações e capacitações às pessoas com diferentes níveis de apreensão e domínio sobre assuntos e competências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAS, C.; MALONEY-KRICHMAR, D.; PREECE, J. User-Centered Design. In: (Ed.). Bainbridge, W. **Encyclopedia of Human-Computer Interaction**. Thousand Oaks: Sage Publications, v. 37, n. 4, 2004, p. 445-56.

ADDIS, B. **Edificação - 3000 Anos de Projeto, Engenharia e Construção**. Tradução Alexandre Salvaterra. Porto Alegre. Editora Bookman, 2009.

ALBERTI, L. B. **Da arte de construir: Tratado de Arquitetura e Urbanismo**. Traduzido por ROMANELLI, Sergio. São Paulo. Editora Hedra, 2012.

ARAUJO FILHO, J. T.; GOMES, M. L. B. **A customização em massa na construção civil: um estudo no subsetor de edificações**. Revista Produção Online. UFSC v.10, n. 2, p. 398-423, jun. de 2010. Disponível em: <<http://www.producaoonline.org.br/index.php/rpo/article/viewFile/433/690>>. Acesso em: 05 Mai. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR-15575: Edificações Habitacionais – Desempenho - parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.

AZUMA, M. H.; IMAI, C. Simulação de ambientes: o uso de maquetes físicas como instrumento para o desenvolvimento da percepção espacial. In: V ENCONTRO TECNOLÓGICO DE ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA. **Anais...** Maringá, UEM, 2005, p. 79.

BACHELARD, G. A poética do espaço. In: **Os pensadores**. Seleção de textos de José Américo Motta Pessanha; traduções de Joaquim José Moura Ramos, et al. São Paulo: Abril Cultural, 1978.

BARDAKCI, A.; WHITELOCK, J. Mass-customisation in marketing: the consumer perspective. **Journal of consumer marketing**, v. 20, n. 5, p. 463-479, 2003.

BARLOW, J.; CHILDERHOUSE, P.; GANN, D.; HONG-MINH, S.; NAIM, M.; OZAKI, R. Choice and delivery in housebuilding: lessons from Japan for U.K. housebuilders. **Building Research & Information**, v. 31, n. 2, p. 134 - 145, 2003.

BARNUM, C. M. **Usability testing essentials: Ready, Set...Test!** Burlington, MA: Morgan Kaufmann Publishers. 2011. E-book para Kindle.

BARONE, A. C. C.; DOBRY, S. A. "Arquitetura participativa" na visão de Giancarlo de Carlo. **Pós**. Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP, [S.l.], n. 15, p. 18-31, jun. 2004. ISSN 2317-2762. Disponível em:<<http://www.revistas.usp.br/posfau/article/view/43369/46991>>. Acesso em: 12 dez. 2015. doi:<http://dx.doi.org/10.11606/issn.2317-2762.v0i15p18-31>.

BASSO, A. C. F. **A ideia do Modelo Tridimensional em Arquitetura**. 2008. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e urbanismo) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.

BECHTHOLD, M. Product and process approaches. In: PIROOZFAR, Poorang. A. E.; PILLER, Frank. T. **Mass customisation and personalisation in architecture and construction**. Abingdon: Routledge, 2013. cap 7, p. 78-92.

BENROS, D.; DUARTE, J. P. (2009). An integrated system for providing mass customized housing. **Automation in Construction**, 18(3), 310–320, 2009.

BEORKREM, C. **Material Strategies in Digital Fabrication**. New York: Routledge, 2013.

BEYNON-DAVIES, B.; TUDHOPE, D., MACKAY, H. Information systems prototyping in practice. **Journal of Information Technology**, London, v. 14, p. 107-120, 1999.

BRANDÃO, D. Q. **Diversidade e Potencial de Flexibilidade de Arranjos Espaciais de Apartamentos: uma análise do produto imobiliário no Brasil**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BRUNA, G.; ORNSTEIN, S. W.; ONO, R.; FUKUSHIMA, F. A. Avaliação pós-ocupação e projeto participativo: uma experiência didática. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 10., 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2004, CD ROM. 14 p.

BRUSCATO, U. M.; ROBASKI, G. **PROCESSOS DE FABRICAÇÃO DIGITAL EM ARQUITETURA E DESIGN**. Manual. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/parametricodesign/files/2014/01/book3-1.pdf> Acesso em: 26 jul. 2015.

BUDDE, R.; KAUTZ, K.; KUHLENKAMP, K.; ZÜLLIGHOVEN, H. **Prototyping: An Approach to Evolutionary Systems Development**. Springer-Verlag, New York, 1992.

CAIXETA, M. C. B. F. **O usuário e o processo de projeto: Co-design em edifícios de saúde**. 2015. Tese (Doutorado) – Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

CELANI, M. G. C.; PUPO, R.; PICCOLI, V.; CLAUDINO, A. E. S.; CARVALHO, J.; BOTTESINI, E. O processo de produção de uma maquete com técnicas de prototipagem digital. In: XIX Simpósio Nacional da Geometria Descritiva e Desenho Técnico - Graphica, 2009. **Anais**. Bauru: UNESP, 2009.

CELANI, M. G.; PUPO, R. T. Prototipagem Rápida e Fabricação Digital para Arquitetura e Construção: Definições e Estado da Arte no Brasil. **Cadernos de pós-graduação em arquitetura e urbanismo**, v. 8, p. 3, 2008.

CERVO, A. L.; BERVIAN, A. P. **Metodologia científica**. 5. Ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 242 p.

CHEW, W. B.; LEONARD-BARTON, D.; BOHN, R.E. Beating Murphy's law. **Sloan Management Review**, Cambridge, Mass., v. 32, n. 3, p. 5-16, Spring 1991.

CONCEIÇÃO, P. A.; IMAI, C.; URBANO, M. R. Captura e hierarquização de requisitos do cliente de habitação de interesse social a partir da avaliação pós-ocupação e da técnica de preferência declarada. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 10, n. 1, p., jan./jun. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org.br/10.11606/gtp.v10i1.98795>.

CONCEIÇÃO, P. A. **Método para classificação de famílias visando a adoção da Customização em massa por segmentos na Habitação de Interesse Social**. 2015. 166f. Dissertação (Mestrado em Metodologia de Projeto de Arquitetura e Urbanismo) - Programa Associado de Pós-graduação em Metodologia de Projeto de Arquitetura e Urbanismo, UEL/UEM, Londrina, 2015.

CONSALEZ, L. **Maquetas: La representación del espacio em el proyecto arquitectónico**. Barcelona: G. Gili, 2000.

CUNHA, A. G. **Dicionário Etimológico da Língua Portuguesa**. 4ª. ed. Revista pela nova ortografia. Rio de Janeiro: Lexicon, 2015.

CUPERSCHMID, A. R. M. **Realidade aumentada no processo de projeto participativo arquitetônico: desenvolvimento de sistema e diretrizes para utilização**. 2014. Tese (Doutorado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, 2014.

DA SILVA, J. V. V. M.; COSTA, R. M. Design Research é uma metodologia de aplicação prática?. In: **Anais do III Congresso Internacional de Pós-Graduações e Pesquisas Latinos em Administração e Estudos Organizacionais**. A Administração e o Estudos Organizacionais no contexto Latino-Americano, 2014, Porto Alegre. 2014. v. 1. p. 1-16. Disponível em: <http://goo.gl/xChjyl>. Acesso em: 01 jul. 2015.

DA SILVEIRA, G.; BORENSTEIN, D.; FOGLIATTO, F. S. Mass customization: Literature review and research directions. **International Journal of Production Economics**, v. 72, n. 1, p. 1 - 13, 2001.

DAVIS, S. M. **Future perfect**. 10th anniversary ed. Addison-Wesley, Reading, MA, 1987, (Reprinted in 1996).

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JUNIOR, J. A. V. **Design Science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. [recurso eletrônico]:Porto Alegre: Bookman, 2015.

DUARTE, F. **Arquitetura e tecnologia de informação: da revolução industrial à revolução digital**. São Paulo: FAPESP: Editora Unicamp, 1999.

DUARTE, J. P. **Personalizar a habitação em série**: Uma Gramática Discursiva para as Casas da Malagueira do Siza. Lisboa: Ed. Fundação Calouste Gulbenkian, 2007.

DUNN, N. **Maquetas de arquitectura – Medios Tipos Aplicación**. Traducción: Clara Melús Garcia– 2ª. Ed., Editora Blume, 2010.

DURAY, R.; WARD, P. T.; MILLIGAN, G. W.; BERRY, W. L. Approaches to mass customization: configurations and empirical validation. **Journal of Operations Management**, v. 18, p. 605--625, 2000.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **A guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2008.

ECHENIQUE, M. Modelos: una discusión. In: **La estructura del espacio urbano**. Barcelona, Gustavo Gili, 1975.

EHN, P.; KYNG, M. Cardboard computers: Mocking-it-up or hands-on the future. In: J. Grenbaum & M. Kyng (Eds.), **Design at work**. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1991.

FABRÍCIO, M. M. **Processos construtivos flexíveis: projeto da produção**. 1996. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos. 1996.

FARRELLY, L. **Técnicas de Representación**. Fundamentos de Arquitectura 01. Barcelona, Promopress, 2008.

FAZENDA, P. T. **Design Science Research**. Palestra em sala. Organização: Café com pesquisa 2013 edição especial. Instituto de Arquitetura e Urbanismo – IAU-USP. São Carlos, Agosto 12, 2013. Disponível em: <http://repositorio.iau.usp.br/handle/RIIAU/52>

FERREIRA, A. B. H. **Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa**. 5ª. ed. 3a. Impressão. Curitiba: Positivo, 2010.

FETTERMANN, D. C. **Desenvolvimento de Produto Orientado à Customização em Massa**. 2013. 183 f. Tese (Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2013.

FLORIO, W. **O uso de ferramentas de modelagem vetorial na concepção de uma arquitetura de formas complexas**. 2005. 477f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). FAUUSP. São Paulo, 2005.

FLORIO, W.; SEGALL, M. L.; ARAÚJO, N. S. A contribuição dos protótipos rápidos no processo de projeto em arquitetura. In: XVIII Simpósio Nacional de geometria Descritiva e Desenho Técnico e VII Internacional Conference on Graphics Engineering for Arts and Design – Graphica 2007. **Anais...** Curitiba, 2007.

FLORIO, W.; TAGLIARI, A. O uso de cortadora a laser na fabricação digital de maquetes físicas. In: **XI Congreso SIGraDi: Gráfica Digital Integración y desarrollo**. Havana: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría - Editorial CUJAE, 2008. p. 1-9.

FOGLIATTO, F. S.; DA SILVEIRA, G. J. C. e BORENSTEIN, D.: **The mass customization decade: An updated review of the literature**. International Journal of Production Economics 138, 2012.

FORMOSO, C. T. Apresentação 2. In: DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JUNIOR, J. A. V. **Design Science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. [recurso eletrônico]: Porto Alegre: Bookman, 2015.

FRANKE, N.; PILLER, F. Value Creation by Toolkits for User Innovation and Design: The Case of the Watch Market. **Journal of Product Innovation Management**, v. 21, p. 401-415, 2004.

FRUTOS, J. D.; BORENSTEIN, D. Object-Oriented Model for Customer-Building Company Interaction in Mass Customization Environment. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 129, n. 3, p. 302-313, 2003.

GARDNER, D. J. **Mass Customization: An Enterprise-wide Business Strategy**. California: HappyAbout.info, 2009.

GILMORE, J. H.; PINE, B. J. The four faces of mass customization. **Harvard Business Review**, v. 75, n. 1, p. 91-101, 1997.

GORNI, A. A. **Introdução à prototipagem rápida e seus processos**. 2003. Disponível em: <<http://www.gorni.eng.br/protrap.html>>. Acesso em: 01 set 2012.

GRAFE, C. Introduction. In: SCHROFER, G.; GRAFE, C. **Models of concern: a selection of interior models**. Architectura & Natura. Amsterdam, 2008.

GREGOTTI, V. **Território da Arquitetura**. São Paulo, Perspectiva, 2001.

GROAT, L.; WANG, D. **Architectural Research Methods**. Second Edition. [recurso eletrônico]: New York: John Wiley & Sons, 2013.

HEVNER, A. R.; MARCH, S. T.; PARK, J.; RAM, S. Design Science in Information Systems Research. **MIS Quarterly**, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004.

HU, J. S. Evolving Paradigms of Manufacturing: From Mass Production to Mass Customization and Personalization. In: **Forty Sixth CIRP Conference on Manufacturing Systems**, 2013.

HUFFMAN, C.; KAHN, B. E. Variety for Sale: Mass Customization or Mass Confusion? **Journal of Retailing**, v. 74, n. 4, p. 491-513, 1998.

IMAI, C. **O sonho da moradia no projeto: o uso da maquete arquitetônica na simulação da habitação social**. Maringá, PR: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2010.

IMAI, C.; AZUMA, M. H. A compreensão do objeto arquitetônico por meio do uso de protótipos tridimensionais – um estudo comparativo. In: Geometrias & Graphica 2015. Viana, V. (Ed.). **Proceedings...** Lisboa, Porto: Aproved. October, 2015.

IMAI, C.; AZUMA, M. H.; RODRIGUES, R.; ZALITE M. O modelo tridimensional físico como instrumento de simulação na habitação social. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 7-19, jul./dez. 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i2.101782>

IMAI, C. **A utilização de modelos tridimensionais físicos em projetos de habitação social: O Projeto Casa Fácil**. 2007. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

IMAI, C.; AZUMA, M. H. Modelos tridimensionais físicos em Arquitetura. In: ENCONTRO TECNOLÓGICO DE ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA, 6, 2007, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 2007, *CD ROM*.

IMAI, C.; AZUMA, M. H. A evolução das maquetes como instrumento de representação e de comunicação na arquitetura. In: ENTECA 2009 – ENCONTRO TECNOLÓGICO DE ENGENHARIA CIVIL E ARQUITETURA, 7, 2009, Maringá. **Anais...** Maringá: UEM, 11 pags. 2009, *CD ROM*.

JANKE, R. **Architectural Models**. London, Thames and Hudson, 1978.

JENKINS, P.; PEREIRA, M. TOWNSEND, L. Wider scoping of relevant literature. In: JENKINS, P.; FORSYTH, L. (Ed.). **Architecture, Participation and Society**. New York: Routledge, 2010. Cap. 4, E-book. ISBN 0-203-86949-4.

JIAO, J.; TSENG, M. M.; DUFFY, V. G.; LIN, F. Product Family Modeling For Mass Customization. **Computer in Engineering**, v. 35, n. 3-4, p. 495-498, 1998.

JOHNSON, W. **Lessons from Japan: A comparative study of the market drivers for prefabrication in Japanese and UK private housing development**. 2007, Masters thesis, UCL (University College London), 2007. Disponível em: <<http://discovery.ucl.ac.uk/5082/>>. Acesso em: 05 de Mai. 2013.

JONES, P. B.; PETRESCU, D.; TILL, J. Introduction. In: JONES, P. B.; PETRESCU, D.; TILL, J. (Ed.). **Architecture and Participation**. New York: Spon Press, 2005. E-book. ISBN 0- 415- 31745- 2.

JORDAN, P. W. **An introduction to usability**. London: Taylor & Francis, 1998. 120p.

JORGE, L. O. **Estratégias de flexibilidade na arquitetura residencial multifamiliar**. 2012. 511 p. Tese (Doutorado – Área de concentração: Projeto de arquitetura) FAUUSP, São Paulo, 2012.

KAY, M. Making mass customization happen: Lessons for implementation. **Planning Review**, v. 21, n. 4, pp.14–18, 1993.

KENDALL, S. The next wave in housing personalisation: customised residential fit-out. In: PIROOZFAR, Poorang. A. E.; PILLER, Frank. T. **Mass customisation and personalisation in architecture and construction**. Abingdon: Routledge, 2013. cap 4, p. 42-52.

KHAN, M. E. Different approaches to black box. **International Journal of Software Engineering & Applications**, v. 2, n. 4, p. 31-40, 2011.

KIERAN, S.; TIMBERLAKE, J. **Refabricating Architecture. How Manufacturing Methodologies Are Poised to Transform Building Construction**. New York: Mc Graw Hill Companies. Kindle Edition, 2004.

KING, S. **Co-Design: a Process of Design Participation**. Van Nostrand Reinhold, New York, NY, 1989.

KLOFT, H. Engineering of free form architecture. In: COSER, Robert. (Ed.) **Fabricating Architecture: Selected readings in digital design and manufacturing**. New York: Princeton Architectural Press, 2010. Pos. 1798 a 2043. E-book para Kindle.

KNOLL, W.; HECHINGER, Martin. **Maquetes Arquitetônicas**. Tradução de Alexandre Krug. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

KOLAREVIC, B. (Ed.). **Architecture in the Digital Age: Architecture and Manufacturing**. Oxford: Taylor & Francis, 2005. Cap. 4, E-book. ISBN 0-203-63456-X.

KOSKELA, L. Application of the new production philosophy to construction. Stanford, Stanford University/**CIFE**, 1992. (Technical Report, n.72)

KOTLER, P. Personalização em massa. **HSM Management**, ano 1, n. 5, p. 136-140, nov./dez. 1997.

KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; CELANI, M. G. C.; MOREIRA, D. C.; PINA, S. A. M. G.; RUSCHEL, R. C.; SILVA, V. G.; LABAKI, L. C.; PETRECHE, J. R. D. Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico. **Ambiente Construído**, v. 6, n. 2, p. 7-19, abr/ jun. 2006.

LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES JUNIOR, J. A. V. *Design Science Research*: método de pesquisa para a engenharia de produção. **Gestão da Produção**, São Carlos, vol. 20, n.4, p. 741-761, 2013.

LAMPEL, J.; MINTZBERG, H. Customizing Customization. **Sloan Management Review/Fall**, v. 38, p. 21-30, 1996.

LEITE, P. **Depois de tsunami, Toyota tenta voltar à liderança em 2012**. Folha de São Paulo, Folha Mercado 11 de Março de 2012. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/mercado/31909-depois-de-tsunami-toyota-tenta-voltar-a-lideranca-em-2012.shtml>> Acesso em: 22 Mar. 2014.

LINNER, T., BOCK, T. Evolution of large-scale industrialisation and service innovation in Japanese prefabrication industry. **Construction Innovation: Information, Process, Management**, n. 12, v.2, pag. 156–178, 2012.

LOW, J. Adelaide Road: Tenant participation. **Architects Journal**, 171 (9): 432-437. 1980.

LUKKA, K. The constructive research approach. In: Ojala, L.; Hilmola, O. P. (eds.) **Case study research in logistics**. Publications of the Turku School of Economics and Business Administration: Series B1, p.83- 101. 2003.

MACHADO, A. G. C. Customização em Massa na Construção Civil: novas estratégias ou antigas práticas? In: III Encontro de Estudos em Estratégias, 2007, São Paulo. **Anais...**São Paulo, 2007.

MCCUTCHEON, D. M.; RATURI, A. S.; MEREDITH, J. R. The customization responsiveness squeeze. **Sloan Management Review** 35. vol. 2, pag. 89–99, 1994.

MADRAZO, L. **Participatory process**. 2011. Disponível em: <<http://www.oikodomos.org/oikopedia/>> Acesso em: 05 ago. 2014

MALARD, M. L.; CONTI, A.; SOUZA, R. C. F.; CAMPOMORI, M. J. L. Avaliação pós-ocupação, participação do usuário e melhoria da qualidade de projetos habitacionais: uma abordagem fenomenológica com o apoio do Estado. In.: ABIKO, Alex Kenya; ORNSTEIN, Sheila Walbe (Orgs). **Inserção urbana e avaliação pós-ocupação (APO) da habitação de interesse social**. São Paulo: FAUUSP - Coletânea Habitare/FINEP, 2002.

MANDOLESI, E. **Edificación**. Ediciones CEAC, Barcelona, Spain, 1987.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research on information technology. **Decision Support Systems**, v. 15, p. 251-266, 1995.

MARROQUIM, F.; BARBIRATO, G. Flexibilidade espacial em projetos de Habitações de interesse social. In: **IV colóquio de pesquisas em Habitação Coordenação Modular e Mutabilidade**, 14 e 15/08/2007 – EAUFMG, 2007. Disponível em: <<http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/index.html>>. Acesso em: 06 Jan. 2013.

MARTINS, M. S.; ROMANINI, A.; MUSSI, A. Q.; FOLLE, D. Projeto de habitações flexíveis de interesse social. **Oculum Ensaios**, Campinas, SP, v. 10, n. 2, p. 301-310, 2013. Disponível em: <<http://periodicos.puc-campinas.edu.br/seer/index.php/oculum/article/view/2148/1794>>. Acesso em: 06 Jan. 2015.

MASCARÓ, J. L. **O custo das decisões arquitetônicas**. 5ª. ed. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2010

MATOS, L. M. **Processo participativo de projeção em arquitetura: estudo de caso de uma oficina de projeto**. 2010. 137 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2010.

MELO, H. L.; EULALIA, L. A. S.; BREMER, C. F. Postponement: uma prática de supply chain management para possibilitar a customização em massa. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 7, 2000. **Anais...** Bauru: UNESP, 2000.

MENDES, L. T. **Personalização de Habitação de Interesse Social no Brasil: o caso da implantação urbana em conjuntos habitacionais**. 2014. Tese (Doutorado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, UNICAMP. Campinas, 2014.

MIGUEL, J. M. C. Brunelleschi: o caçador de tesouros. **Arquitextos**, São Paulo, ano 04, n. 040.02, Vitruvius, set. 2003. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/04.040/651>>. Acesso em: 10 de ago. 2014.

MILLS, C. B. **Projetando com Maquetes: um guia para a construção e uso de maquetes como ferramentas de projeto**. Tradução de Alexandre Salvaterra. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2007.

MITCHELL, W. **A lógica da Arquitetura: Projeto, computação e cognição**. Tradução: Gabriela Celani. Campinas. São Paulo. Editora da UNICAMP, 2008.

MITCHELL, W. J.; McCULLOUGH, M. **Digital design media**. Second Edition. Wiley, 1995. 494 p.

MI-YOUNG, P. **Architectural Models: Construction and Design Manual**. Berlin: DOM Publishers, 2012.

MONTEIRO, D. A. B. **Proposta de um método para avaliação da percepção de valor em empreendimentos habitacionais de interesse social**. 2015. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) – Faculdade de Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional, UFRGS, Porto Alegre, 2015.

MOON, K. Modeling Messages: **The Architect and the Model**. New York, Monacelli, 2005.

MORRIS, M. **Models: Architecture and the Miniature**. Chichester, Wiley Academy, 2006.

NAIM, M.; BARLOW, J. An innovative supply chain strategy for customized housing. **Construction Management and Economics**, v. 21, p. 593-602, 2003.

NILSEN, J. **Why You Only Need to Test with 5 Users**. Article NN/g Nilsen Norman Group. March, 2000. Disponível em: <<http://www.nngroup.com/articles/why-you-only-need-to-test-with-5-users/>>. Acesso em: 20 out. 2015.

NOGUCHI, M. The effect of the quality-oriented production approach on the delivery of prefabricated homes in Japan. **Journal of Housing and the Built Environment**, v. 18, p. 353--364, 2003.

_____. **A choice model for mass customization of lower-cost and higher-performance housing in sustainable development**. 2004. 367f. Thesis (Doctor of Philosophy in Architecture) – School of Architecture, McGill University, Montreal. 2004.

_____. **MASS CUSTOM HOME. The ‘Mass Custom Design’ Approach to the Delivery of Quality Affordable Homes**. 2009. Disponível em: <<http://www.masscustomhome.com.html>>. Acesso em: 10 Set. 2014.

_____. Commercialisation principles for low-carbon mass customised housing delivery in Japan. In: PIROOZFAR, Poorang. A. E.; PILLER, Frank. T. **Mass customisation and personalisation in architecture and construction**. Abingdon: Routledge, 2013. cap 14, p. 164-173.

NOGUCHI, M.; FRIEDMAN, A. Mass custom design system model for the delivery of quality homes – learning from Japan’s prefabricated housing industry, In:

Proceedings from the CIB W060–096 Syllabus Joint Conference, Measurement and Management of Architectural Value in Performance-Based Building (Eds, ANG, G. and PRINS, M.), Hong Kong, 6–10 May 2002, CIB, Rotterdam, pp. 229–243, 2002.

NOGUCHI, M.; HERNÁNDEZ-VELASCO, C. R. A 'mass custom design' approach to upgrading conventional housing development in Mexico. **Habitat International**, v. 29, n. 2, p. 325 - 336, 2005.

OLIVEIRA, M. R. FABRÍCIO, M. M. Projeto paramétrico e prototipagem rápida: casos em instituições internacionais. 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**. São Paulo: Oficina de textos, 2011, p. 455-469.

OSWALD, A. **Architectural Models**. Barcelona: Uta Keil Editor, 2008.

PALLASMAA, J. **Os olhos da pele: a arquitetura e os sentidos**. Livro eletrônico. Porto Alegre: Bookman, 2012.

PATEMAN, C. **Participation and Democratic Theory**. London, Cambridge Press, 1970.

PEREIRA, D. C. L. **Modelos físicos reduzidos: uma ferramenta para a avaliação da iluminação natural**. 2006. Dissertação (Mestrado - Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura) – FAUUSP - São Paulo, 2006. 246 p.

PILLER, F. T. **Term wars: Personalization versus Mass Customization -- A review of the definitions**. Disponível em: < http://mass-customization.blogs.com/mass_customization_open_i/2010/10/term-wars-personalization-versus-mass-customization-a-review-of-the-definitions.html>. Acesso em: 05 de Mai. 2013.

PILLER, F. T.; KUMAR, A. For each, their own: the strategic imperative of mass customization. **Industrial Engineer**, p. 40-45, 2006.

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

PINA, S. A. M.; BORGES FILHO, F.; MARANGONI, R. F. Maquetes e modelos como estímulo à criatividade no projeto arquitetônico. In: KOWALTOWSKI, D. et al. **Processo de projeto em arquitetura: da teoria à tecnologia**, 109-123. São Paulo: Oficina de Textos, 2011.

PINE II, B. J. **Mass Customization: the new frontier in business competition**. Cambridge, MA: Harvard University Press; 1993.

PINE II, B. J.; PEPPER, D.; ROGERS, M. Do you want to keep your customers forever? **Harvard Business Review**, p. 103-114, 1995.

PIROOZFAR, P. Advancements of mass customisation in service and manufacturing industries: lessons for the built environment. In: PIROOZFAR, P. A. E.; PILLER, F.

T. **Mass customisation and personalisation in architecture and construction**. Abingdon: Routledge, 2013. Cap. 14, p. 31-41.

POLLIO, M. V. **Vitrúvio - Tratado de arquitetura**. Traduzido por M. Justino Maciel. São Paulo, Martins Fontes, 2007. Tradução do original em latim: *De architectura libri decem* - 27 a 16 a.C.

PORTER, T; NEALE, J. **Architectural Supermodels: Physical Design Simulation**. Oxford. Architectural Press, 2000.

POTTMANN, H.; ASPERL, A.; HOFER, M.; KILIAN, A. **Architectural Geometry**. Londres: Bentley Institute Press, 2007. First Edition, E-book. e- ISBN Number: 9781934493267.

PRASS, R. Entenda o que são os 'QR Codes', códigos lidos pelos celulares. **Revista eletrônica G1 – Tecnologia e Games**. 2011. Disponível em: <http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2011/05/entenda-o-que-sao-os-qr-codes-codigos-lidos-pelos-celulares.html>. Acesso em: maio de 2015.

PREISER, W. F. E.; RABINOWITZ, H. Z.; WHITE, E. T. **Post-Occupancy Evaluation**. New York, Van Nostrand Reinhold, 1988.

PUNTONI, G. V. **O desenho técnico e o ato criador do Arquiteto**. 1997. 193f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo). FAUUSP. São Paulo, 1997.

PUPO, R. T. **A inserção da prototipagem e fabricação digitais no processo de projeto: um novo desafio para o ensino de arquitetura**. 2009. Tese (Doutorado em Arquitetura e urbanismo) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. 2009.

REIS, A. T. L.; LAY, M. C. D. Tipos arquitetônicos e dimensões dos espaços da habitação social. **Ambiente Construído**, v. 2, n. 3, p. 7-24, jul.set. 2002. ISSN 1415-8876.

REIS, A. Avaliação de alterações realizadas pelo usuário no projeto original da habitação popular. In: VI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO: QUALIDADE E TECNOLOGIA NA HABITAÇÃO. **Anais...** Rio de Janeiro, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído/Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1995, p. 319-330.

ROCHA, C. G.; KEMMER, S.; MENESES, L.; FORMOSO, C. Managing the information flow in customised apartment building projects. In: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 21, 2013. **Proceedings....** Fortaleza, IGLC, p. 279-288, 2013.

ROCHA, C. G. **A conceptual framework for defining customisation strategies in the housebuilding sector**. 2011. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, 2011.

ROCHA, P. M. **Maquete de papel**. São Paulo: Cosac Naify, 2007.

RODRIGUES, L. I.; PUPO, R. T.; CELANI, G. A digitalização 3D e a prototipagem rápida no processo de produção de maquetes de edifícios históricos: o uso de técnicas de curto alcance para a produção de ornamentos arquitetônicos para maquetes. **Arq.Doc 2010**. Salvador, UFBA, 2010.

ROZESTRATEN, A. **Estudo sobre a história dos modelos arquitetônicos na antiguidade: origens e características das primeiras maquetes de arquiteto**. 2003. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.

_____. **Modelagem manual como instrumento de projeto**. Revista Vitruvius. n. 049.04, Ano 05, jun. 2004. Disponível em: <<http://www.vitruvius.com.br/arquitextos/arq000/esp236.asp>> Acesso em: 01 set. 2014.

_____. **A iconografia do portador do modelo de arquitetura na arte medieval**. 2007. Tese (Doutorado - Área de Concentração: História e Fundamentos da Arquitetura e do Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2007.

RUBIN J.; CHISNELL, D. **Handbook of Usability Testing – How to Plan, Design and Conduct Effective Tests**. Second Edition. Indianapolis: Wiley Publishing, 2008.

RUNBERGER, J. **Architectural Prototypes: Models of Design Development and Architectural Practice**. Licentiate Thesis, KTH School of Architecture, 2008.

RUOHONEN, M.; RIIHIMAA, J.; MÄKIPÄÄ, M. **Knowledge Based Mass Customization Strategies - Cases from Finnish Metal and Electronics Industries**. 2003. Disponível no endereço eletrônico: <<http://scg.mit.edu/images/MCPC%202003/site/2-MCP%20Strategies%20and%20Economics/4-Ruohonen.pdf>>. Acesso em: 26 06 2015.

RYDER, G.; ION, B.; GREEN, G.; HARRISON, D.; WOOD, B. Rapid design and manufacture tools in architecture. **Automation in construction**, Amsterdam: Elsevier, 2002. v.11, n.2, p. 279-290.

SAFFARO, F. A. **O uso da prototipagem para gestão do processo de produção da construção civil**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2007.

SANDERS, E. B. N. **Nurse and patient participatory workshops for the NBBJ project**. Inpatient tower expansion for H. Lee Moffitt Cancer Center and Research Institute, Tampa, FL, USA, 2006.

SANDERS, E.; SIMONS, G. A Social Vision for Value Co-creation in Design. **Open Source Business Resource**, December, 2009. Disponível em: <<http://timreview.ca/article/310>> Acesso em: 12 jun 2015.

SANDERS, E. B. N.; STAPPERS, P. J. Co-creation and the new landscapes of design. **CoDesign: International Journal of CoCreation in Design and the Arts**. V. 4, n. 1, p. 5-18, 2008.

SANOFF, H. **Visual Research Methods in Design**. New York, Van Nostrand Reinhold, 1991.

_____. Special issue on participatory design. **Design Studies**, v. 28, n. 3, p. 213-215, 2007. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X07000178>>. Acesso em: 12 jun 2015.

SANTOS, L. C. **Técnicas de coleta de dados: instrumentos de coleta de dados**. 2013. Disponível em: < <http://goo.gl/mEhYBM>>. Acesso em: 15 nov. 2015.

SASS, L. Materializing design: the implications of rapid prototyping in digital design. **Design Studies**, 2006. v.27, n.3, p.325-355.

SASS, L. Synthesis of design production with integrated digital fabrication. **Automation in Construction**. Boston, v.16, p. 298 - 310, June 2006.

SAURA, C. E. **Aplicação da Prototipagem Rápida na Melhoria do Processo de desenvolvimento de produtos em pequenas e médias empresas**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, São Paulo, 2003.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo: um novo design para o ensino e a aprendizagem**. Porto Alegre, Brasil: Artes Médicas Sul, 2000.

SCHROFER, G.; GRAFE, C. **Models of concern: a selection of interior models**. Architectura & Natura. Amsterdam, 2008.

SCHUBERT, G.; SCHATTEL, D.; TÖNNIS, M; KLINKER, G.; PETZOLD, F. Tangible Mixed Reality On-Site: Interactive Augmented Visualisations from Architectural Working Models in Urban Design. In: **CAAD Futures 2015**. (Eds.): G. Celani et al., CCIS 527, pp. 55–74, 2015.

SERRA, G. G. **Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo: guia prático para o trabalho de pesquisadores em pós-graduação**. São Paulo: Edusp / Mandarim, 2006.

SHIMBO, L. Z. **Habitação Social, Habitação de Mercado: a confluência entre Estado, empresas construtoras e capital financeiro**. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

SIMON, H. A. **The Sciences of the Artificial**. Cambridge: MIT Press, 1969.

SLACK, N. The Flexibility of Manufacturing Systems. **International Journal of Operations and Production Management**, Bradford, v. 7, n.4. p. 35-45, 1987.

SMITH, Albert C. **Architectural Model as Machine: A New View of Models from Antiquity to the Present Day**. Oxford: Architectural Press / Elsevier, 2004.

SOMMER, R. **A conscientização do design**. São Paulo: Brasiliense, 1979.

SZÜCS, C. P. Apropriação e Modificação dos espaços da Casa: Inventário de soluções populares. In: NUTAU 98 - ARQUITETURA E URBANISMO: TECNOLOGIAS PARA O SÉC. XXI. **Anais**. São Paulo. Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo / Faculdade de Arquitetura e Urbanismo / Universidade de São Paulo, 1998.

TAUBE, J. **Reflexões sobre a Customização em Massa no Processo de Provisão de Habitações de Interesse Social: Estudo de Caso na COHAB de Londrina – PR**. 2015. 125f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração em Metodologia de Projeto) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

TCPO, Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos. - 13. ed. - São Paulo: Pini, 2008.

TILL, J. The negotiation of hope. In: JONES, P. B.; PETRESCU, D.; TILL, J. (Ed.). **Architecture and Participation**. New York: Spon Press, 2005. cap. 2, E-book. ISBN 0- 415- 31745- 2.

TILLMANN, P. A. **Diretrizes para a Adoção da Customização em Massa na Construção Habitacional para Baixa Renda**. 2008. 162 P. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS. Porto Alegre, 2008.

_____. **A conceptual framework for improving value generation in complex construction projects**. 2012. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, 2012.

TOFFLER, A. **O choque do futuro**. Tradução de Eduardo Francisco Alves. Petrópolis, RJ. Editora Record, 1970.

TSENG, M. M.; PILLER, F. **The customer centric enterprise: advances in mass customization and personalization Consortium**. Springer Verlag, New York/Berlin, 2003.

UDWADIA, F. E.; KUMAR, K. R. Impact of customer co-construction in product/service markets'. **Technological Forecasting and Social Change**. Vol. 40, p. 261-72, 1991.

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

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product Design and Development**. 2nd edition, New York: McGraw-Hill, 384 p., 2000.

ULRICH, P. V.; ANDERSON-CONNELL, L. J.; WU, W. Consumer co-design of apparel for mass customization. **Journal of Fashion Marketing and Management**, v. 7, n. 4, p. 398-412, 2003.

VON HIPPEL, E. Economics of product development by users: The impact of “sticky” local information. **Management Science**, n. 44 v.5, p. 629-644, 1998.

_____. Perspective: User toolkits for innovation. **Journal of Product Innovation Management**, v. 18, n. 4, p. 247-257, 2001.

WANG, D. Simulation Research. In: GROAT, L.; WANG, D. **Architectural Research Methods**. Second Edition. [e-book]: New York: John Wiley & Sons, 2013.

WEAVER, T. **Transformation and Personalisation: the future of services, not the past**. Disponível em: <<http://www.flywheel.org.uk/2010/11/transformation-and-personalisation-the-future-of-services-not-the-past/>>. Acesso em: 05 de Mai. 2013.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Tradução de Ivo Korytowski. Editora Campus, 18ª. Reimpressão, Rio de Janeiro, 343 p., 2004.

WULZ, F. The concept of participation. **Design Studies**. v. 7, n. 3, p. 153- 162, 1986.

YOKOTA, A. A. **Aplicação do Custeio-Meta no Processo de Projeto em Habitação de Interesse Social**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. 204 f. UNICAMP. Campinas, 2015.

YOLOVICH, B. G. Mass-customization sparks sea change. **Business Marketing**, November, p. 43, 1993.

ZEVI, B. **Saber ver a Arquitetura**. 6ª ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2009.

APÊNDICE A – FORMULÁRIO UTILIZADO NA AVALIAÇÃO FINAL

PROCEDIMENTOS PARA APLICAÇÃO DE TESTE EMPÍRICO DO MODELO FÍSICO DE CUSTOMIZAÇÃO
(a) Explicar o objetivo da pesquisa (Salientar que é a ferramenta que está sendo avaliada e não o participante. Não há resposta ou jeito certo ou errado)
(b) Explicar sobre a publicação dos dados e solicitar a autorização (assinatura do termo de consentimento)
(c) Apresentar as características do Modelo Físico de Customização (MFC) e seus objetivos – Usar o modelo físico para customização da casa a partir de definição de metas de custos.
(d) Desenvolver a dinâmica de customização (marcar o tempo para cada etapa).
(e) Aplicar questionário

DADOS DO PARTICIPANTE:

Nome: _____

Data: _____

1. Gênero: ☐ Masculino ☐ Feminino
2. Idade: ☐ 18-20 anos ☐ 21-24 anos ☐ 25-30 anos ☐ 31-40 anos ☐ 41-50 anos ☐ 51- 60 anos ☐ 61 anos ou mais
3. Qual o seu nível de escolaridade? ☐ Ensino fundamental 1 - incompleto ☐ Ensino fundamental 1 – completo ☐ Ensino fundamental 2 - incompleto ☐ Ensino fundamental 2 – completo ☐ Ensino médio - incompleto ☐ Ensino médio – completo ☐ Ensino superior – incompleto ☐ Ensino superior – completo
4. Qual o curso superior? _____
5. Característica dos moradores: Quantidade masculino: _____ Idades: _____ Quantidade feminino: _____ Idades: _____ _____

AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE:

6. Quanto ao tempo dedicado para concluir a atividade você acha que: ☐ foi muito rápido ☐ rápido ☐ suficiente ☐ demorado ☐ muito demorado
7. Você se sentiu motivado em para concluir a atividade (simulação)? ☐ sim ☐ não O que te motivou? _____
8. Você acha que as miniaturas dos móveis disponibilizados ajudaram a compreender melhor os espaços? ☐ sim ☐ não Por quê? _____

9. Você acha que a quantidade de opções de customização da casa (dimensão ajustáveis das paredes e alternativas de configuração dos cômodos, abrigo para carro, área de serviço externa) disponibilizadas foram suficientes ? ☐ sim ☐ não Por quê? <hr/>
10. Você acha que a quantidade de itens disponibilizados para escolha de revestimentos foi suficiente? ☐ sim ☐ não ☐ em partes Por quê? <hr/>
11. Você acha que a quantidade de itens disponibilizados para escolha de pisos foi suficiente? ☐ sim ☐ não ☐ em partes Por quê? <hr/>
12. Você acha que a quantidade de itens disponibilizados para escolha de pia, e louças sanitárias foi suficiente? ☐ sim ☐ não ☐ em partes Por quê? <hr/>
13. Você acha que a quantidade de itens disponibilizados para escolha de portas foi suficiente? ☐ sim ☐ não ☐ em partes Por quê? <hr/>
14. Você acha que a quantidade de itens disponibilizados para escolha de janelas foi suficiente? ☐ sim ☐ não ☐ em partes Por quê? <hr/>
15. Você acredita que o MFC deveria disponibilizar mais opções (revestimentos, pisos, janelas, portas, etc) ou outras opções além destas? ☐ sim ☐ não Quais/faltou alguma coisa? <hr/>
16. Como você define a qualidade da representação dos materiais de revestimentos (pintura, texturas, cerâmicas, tijolinho, pedras) no MFC? ☐ ótimo ☐ bom ☐ ruim ☐ péssimo ☐ nsa
17. Como você define a qualidade da representação dos pisos no MFC? ☐ ótimo ☐ bom ☐ ruim ☐ péssimo ☐ nsa
18. Como você define a qualidade da representação das portas no MFC? ☐ ótimo ☐ bom ☐ ruim ☐ péssimo ☐ nsa
19. Como você define a qualidade da representação das janelas no MFC? ☐ ótimo ☐ bom ☐ ruim ☐ péssimo ☐ nsa
20. Como você define a qualidade das pias e louças sanitárias no MFC? ☐ ótimo ☐ bom ☐ ruim ☐ péssimo ☐ nsa
21. Em geral qual foi o nível de facilidade/dificuldade na utilização do MFC? ☐ muito fácil ☐ fácil ☐ razoável ☐ difícil ☐ muito difícil
22. Você percebeu alguma dificuldade no uso do MFC em alguma etapa do processo de customização ? ☐ sim ☐ não Em qual? <hr/>

<p>23. Você acredita que o MFC permitiu que você compreendesse o que estava escolhendo sobre os itens de customização da casa?</p> <p>☐sim ☐não ☐em partes Por quê?</p> <p>_____</p>
<p>24. Você acha que o processo de escolha utilizando o MFC (planilha de custos combinada com as opções de escolha no modelo físico) foi de fácil entendimento?</p> <p>☐sim ☐não ☐em partes Por quê?</p> <p>_____</p>
<p>25. O MFC (modelo físico + a planilha de custos) permitiu você expressar as suas necessidades e escolhas pessoais?</p> <p>☐sim ☐não Por quê e quais?</p> <p>_____</p>
<p>26. Você acha que o MFC funciona para o processo de customização da casa?</p> <p>☐sim ☐não ☐em partes Por quê?</p> <p>_____</p>
<p>27. Você acha que customizar a casa no modelo físico e visualizar a planilha de custos sendo atualizada auxiliou em alguma decisão sua?</p> <p>☐sim ☐não ☐em partes Em qual?</p> <p>_____</p>
<p>28. Quanto à sua satisfação em relação a customização da sua casa utilizando o MFC você considera:</p> <p>☐Insatisfeito ☐Pouco satisfeito ☐Razoavelmente satisfeito ☐Muito satisfeito</p>
<p>29. Se fosse dar uma nota de 0 a 10 para o processo utilizando o modelo físico + a planilha, que nota você daria?</p> <p>_____</p>
<p>30. Gostaria de fazer algum comentário sobre a atividade?</p> <p>_____</p>

MUITO OBRIGADO PELA SUA COLABORAÇÃO!

APÊNDICE B – INTERFACE DO USUÁRIO - PLANILHA