



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

Beatriz Vonsovicz Zeglin

**Diretrizes para aplicação do BIM na gestão do projeto de customização em edifícios  
multifamiliares**

Florianópolis  
2019

Beatriz Vonsovicz Zeglin

**Diretrizes para aplicação do BIM na gestão do projeto de customização em edifícios multifamiliares**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do Grau de Mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Profa. Dra. Lizandra Garcia Lupi Vergara

Florianópolis

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Zeglin, Beatriz Vonsovicz  
Diretrizes para aplicação do BIM na gestão do projeto de  
customização em edifícios multifamiliares / Beatriz  
Vonsovicz Zeglin ; orientadora, Lizandra Garcia Lupi  
Vergara , 2019.  
164 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em  
Arquitetura e Urbanismo, Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Arquitetura e Urbanismo. 2. Customização em projeto.  
3. Building Information Modeling. 4. Processos BIM. I.  
Vergara , Lizandra Garcia Lupi . II. Universidade Federal  
de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura  
e Urbanismo. III. Título.

Beatriz Vonsovicz Zeglin

**Diretrizes para aplicação do BIM na gestão do projeto de customização em edifícios multifamiliares**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof.<sup>a</sup> Lizandra Garcia Lupi Vergara, Dr.<sup>a</sup>  
Orientadora, Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.<sup>a</sup> Fernanda Fernandes Marchiori, Dr.<sup>a</sup>  
Examinadora, Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. João Carlos Souza, Dr.  
Examinador, Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo.

---

Prof. Fernando Simon Westphal, Dr.  
Coordenador(a) do Programa

---

Prof.<sup>a</sup> Lizandra Garcia Lupi Vergara, Dr.<sup>a</sup>  
Orientadora

Florianópolis, 2019.

Este trabalho é dedicado aos meus amados pais, Irene e Eliseu.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço à Universidade Federal de Santa Catarina, Universidade da qual tanto me orgulho, por possibilitar a realização desta pesquisa.

Agradeço à minha querida orientadora, Profa. Dra. Lizandra Garcia Lupi Vergara, pela dedicação, ensinamentos, apoio e confiança, acreditando no potencial desta pesquisa e me instigando a ir além.

Aos meus colegas Angélica, Gabriela, Camila, Leonardo, Humberto e João, pelos momentos compartilhados nas aulas, laboratório, estágio docência, trabalhos e eventos. Digo que ganhei amigos para a vida, alguns hoje já doutorandos ao redor do mundo.

Ao LaBIM – SC e ao Eng. Rafael Fernandes Teixeira da Silva, pela dedicação em difundir o conhecimento sobre o BIM.

Aos professores que compõem a banca de avaliação do trabalho: Prof.<sup>a</sup> Fernanda Fernandes Marchiori, Prof. João Carlos Souza e Prof.<sup>a</sup> Lizandra Garcia Lupi Vergara. Agradeço pela disponibilidade e por todas as contribuições e auxílios dispostos nesta jornada.

Aos profissionais que participaram desta pesquisa, sempre foram atenciosos e dispostos a contribuir. Este estudo não seria possível, sem a disponibilidade de cada um vocês.

Agradeço aos meus pais, Irene Vonsovicz Zeglin e Eliseu Zeglin, pela educação ímpar que recebi, que se privaram de tantas coisas para oportunizar a melhor formação educacional para mim e para a minha irmã, além do apoio incondicional nos meus sonhos.

À minha irmã, Helena Vonsovicz Zeglin, minha grande fonte de inspiração e determinação.

Agradeço também ao meu namorado, Rafael Neves, obrigado por todo amor, carinho e paciência no desenvolvimento do trabalho de dissertação.

Gratidão a Deus pela vida e aos que estiveram sempre ao meu lado! O aprendizado vai muito além do conhecimento científico, é uma rica experiência de vida.

Obrigada!

“Descobrir consiste em olhar para o que todo mundo está vendo e pensar uma coisa diferente.”

Roger von Oech

## RESUMO

A indústria da construção civil busca compatibilidade entre satisfazer o cliente, oferecendo opções ao comprador de imóveis com arranjos customizados mais adequados ao uso final, enquanto procura garantir os aspectos de construção racionalizada e produção em escala. Frente a esse contexto, nessa pesquisa são propostas diretrizes para aplicação do *Building Information Modeling* (BIM) na gestão do projeto de customização de unidades habitacionais multifamiliares. Inicialmente é apresentada a revisão sistemática de literatura a fim de: identificar os agentes do processo de projeto, estratégias e etapas de customização, além de diretrizes para esse processo. Também é apresentado o conceito do BIM e seu novo fluxo de trabalho, bem como o seu impacto nas customizações em projeto. Através da metodologia do *Design Science Research*, os processos são mapeados para compreender o atual fluxo de customização e diagnosticar os entraves nesse processo. Como resultado, através de simulação, é desenvolvido um modelo BIM. A partir do modelo são propostas diretrizes e um novo fluxo de trabalho, os quais foram submetidos à avaliação, por meio de consulta a especialistas.

**Palavras-chave:** Customização em projeto. Building Information Modeling. Processos BIM.

## ABSTRACT

The construction industry seeks compatibility with customer satisfaction by offering options with tailored arrangements best suited to end use, while seeking to ensure the aspects of streamlined construction and scale production. In this context, the research proposes guidelines for the application of Building Information Modeling (BIM) in the management of the customization project of multifamily housing units. Initially, a systematic literature review is presented in order to: identify the design process agents, strategies and customization steps, as well as guidelines for this process. In addition it introduces the BIM concept with its new workflow and mindset, including the impact on housing customizations. Through the Design Science Research methodology, the processes are mapped to understand the current customization flow and diagnose the obstacles in this process. As a result, a BIM model is developed and, based on the simulation, guidelines are proposed and a new workflow mapped, which were submitted for evaluation through consultation with experts.

**Keywords:** Customization. Building Information Modeling. BIM Processes.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura Geral da Pesquisa .....	21
Figura 2 – Estratégias gradativas para customização .....	26
Figura 3 – Fluxo do projeto de customização no processo tradicional .....	27
Figura 4 – Estratégias de customização.....	30
Figura 5 – Etapas de customização em massa.....	31
Figura 6 – Campos de Atividade BIM.....	36
Figura 7 – Níveis de maturidade BIM.....	38
Figura 8 - Níveis de maturidade BIM - BIM EXELLENCY INITIATIVE. 301in.PT Matriz de Maturidade BIM. Tradução do Prof. Dr. Leonardo Manzione.....	40
Figura 9 - Graus de Maturidade BIM .....	40
Figura 10 – Modelo BIM da unidade customizada. ....	49
Figura 11 – Componentes das ferramentas implementadas com a API do <i>Revit</i> . ....	53
Figura 12 – Painel de configuração de restrições de área.....	53
Figura 13 – Notificação no modelo das restrições violadas .....	54
Figura 14 - Painel de interface para o cliente .....	54
Figura 15 – Esquema ilustrativo do Modelo Federado.....	59
Figura 16 - Esquema exemplificativo de formato de comunicação .....	62
Figura 17 – Metodologia genérica para aplicação do Design Science Research .....	69
Figura 18 –Divulgação do serviço de customização das unidades.....	74
Figura 19 –Planta baixa pavimento tipo torre A do empreendimento A.....	75
Figura 20 –Fachada principal da torre A do empreendimento A. ....	75
Figura 21 – Fluxograma das etapas da pesquisa.....	82
Figura 22 – Percentual de apartamentos customizados na Empresa D. ....	89
Figura 23 – Principais itens customizados pelos clientes Construtora D.....	89
Figura 24 – Agentes envolvidos no processo de customização.....	91
Figura 25 – Verificação de incompatibilidade na execução no projeto elétrico. ....	93
Figura 26 – Verificação de incompatibilidade de execução no dimensionamento mínimo dos cômodos.....	93
Figura 27 – Verificação de incompatibilidade de execução de alvenarias.....	94
Figura 28 – Principais itens customizados separados por fases. ....	95
Figura 29 – Fluxograma atual processo de customização de apartamentos.....	96
Figura 30 –Planta baixa do apartamento 101, torre A.....	99

Figura 31 – Modelagem da torre A .....	100
Figura 32 – Modelagem da torre A .....	101
Figura 33 – Perspectivas do projeto arquitetônico e compatibilização com a modelagem dos projetos complementares .....	102
Figura 34 – Planta baixa do apartamento 101 customizada e original, torre A.....	103
Figura 35 – Projeto pontos elétricos do apartamento customizado.....	104
Figura 36 – Padronização gráfica de representação em projeto .....	105
Figura 37 – Situação inicial da fase denominada “modificação infra” .....	105
Figura 38 – Projeto modificação da fase denominada “modificação infra” .....	106
Figura 39 – Situação final da fase denominada “modificação infra” .....	106
Figura 40 – Exemplo de Parâmetro compartilhado .....	107
Figura 41 – Tabela de custos de alteração de pontos elétricos apto modelo .....	108
Figura 42 – Tabela de custos de alteração de pontos elétricos apto modelo .....	108
Figura 43 – Fórmula aplicada para precificação projeto elétrico .....	108
Figura 44 – Opções de gesso pré-definidos no modelo.....	110
Figura 45 – Opções de acabamentos disponibilizados no modelo.....	111
Figura 46 – Custos atrelados por fases da obra .....	112
Figura 47 – Perspectiva renderizada para apresentação final ao cliente do apartamento customizado .....	113
Figura 48 – Perspectivas renderizadas para apresentação final ao cliente do apartamento customizado .....	113
Figura 49 – Realidade aumentada aplicada para visualização do apartamento customizado.....	113
Figura 50 – Prancha exemplo de projeto customizado para cliente.....	114
Figura 51 – Tela do software Revit ilustrando a documentação integrada por pavimento. ....	115
Figura 52 – Fluxograma desenvolvido a partir do modelo BIM .....	116
Figura 53 – Mapa de fluxo de processos para uso do BIM nas customizações .....	128
Figura 54 – Mapa de fluxo de processos adaptado para internalização da modelagem BIM nas customizações .....	131

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Conceito de Nível de Desenvolvimento .....	58
Quadro 2 – Delineamento das etapas de pesquisa.....	70
Quadro 3 – Caracterização dos entrevistados.....	76
Quadro 4 – Simbologia padrão fluxograma de processo.....	79
Quadro 5 – Caracterização dos especialistas.....	80
Quadro 6 – 5W1H do processo de avaliação dos especialistas. ....	81
Quadro 7 – Ferramentas utilizadas no desenvolvimento da pesquisa. ....	82
Quadro 8 – Matriz de maturidade BIM: Tecnologia. ....	83
Quadro 9 – Matriz de maturidade BIM: Processos .....	84
Quadro 10 – Matriz de maturidade BIM: Políticas. ....	85
Quadro 11 – Matriz de maturidade BIM: Estágios e Escalas.....	86
Quadro 12 – Matriz de maturidade BIM: Estágios e Escalas.....	86
Quadro 13 – Matriz de maturidade BIM: Estágios e Escalas.....	87
Quadro 14 – Fases de customização Empresa D.....	94
Quadro 15 – Entraves mapeadas no processo de customização.....	97
Quadro 16 – Exemplo de levantamento dos requisitos de informação PEB.....	109
Quadro 17 – Diretrizes a serem testadas com os especialistas. ....	118
Quadro 18 – Diretrizes finais para aplicação do BIM na gestão das customizações em projeto. .....	123

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ADBI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
- AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção
- AIA – *American Institute of Architects*
- ASBEA – Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
- BCF – *Bim Collaboration Format*
- BIM – *Building Information Modeling*
- CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção
- CM – Customização em Massa
- DSR – *Design Science Research*
- IDF – *Industrial, Flexible and Demountable building*
- IDP – *Integrated Project Delivery*
- LOD – *Level of Development*
- ND – Nível de Desenvolvimento
- PEB – Plano de Execução BIM
- RV – Realidade Virtual
- STP – Sistema Toyota de Produção
- VDC – *Virtual Design and Construction*

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
1.1	JUSTIFICATIVA DA PESQUISA .....	18
1.2	QUESTÃO DE PESQUISA .....	19
1.3	OBJETIVO GERAL .....	19
1.4	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	20
1.5	DELIMITAÇÕES DA PESQUISA E PÚBLICO ALVO .....	20
1.6	ESTRUTURA DA PESQUISA .....	21
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>23</b>
2.1	CUSTOMIZAÇÃO .....	23
<b>2.1.1</b>	<b>Customização em massa</b> .....	<b>28</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Etapas do processo de customização em massa</b> .....	<b>30</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Estratégias e diretrizes para a customização</b> .....	<b>32</b>
2.2	BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) .....	34
<b>2.2.1</b>	<b>Campos de atividade BIM</b> .....	<b>35</b>
2.2.1.1	Tecnologia .....	36
2.2.1.2	Processos .....	36
2.2.1.3	Políticas .....	37
<b>2.2.2</b>	<b>Nível de maturidade BIM</b> .....	<b>37</b>
<b>2.2.3</b>	<b>BIM e o projeto de customização</b> .....	<b>41</b>
2.2.3.1	Modelagem Paramétrica .....	46
2.2.3.2	Caso Prático em Habitações Multifamiliares .....	48
2.2.3.3	Caso prático em Habitações Unifamiliares .....	51
<b>2.2.4</b>	<b>Desenvolvimento do Modelo BIM</b> .....	<b>55</b>
2.2.4.1	Plano de Execução BIM .....	56
2.2.4.2	Nível de Desenvolvimento (ND) .....	57
2.2.4.3	Modelo Federado .....	59
2.2.4.4	Planejamento da Colaboração .....	60
2.2.4.5	Padronização e Interoperabilidade .....	62
<b>2.2.5</b>	<b>Considerações sobre o capítulo</b> .....	<b>64</b>
<b>3</b>	<b>MÉTODO DE PESQUISA</b> .....	<b>67</b>
3.1	Estratégia de Pesquisa .....	67
3.2	Delineamento da pesquisa .....	69

3.3	ETAPA EXPLORATÓRIA .....	70
<b>3.3.1</b>	<b>Diagnosticando um problema.....</b>	<b>70</b>
3.3.1.1	Revisão sistemática de literatura .....	71
3.3.1.2	Seleção da Empresa Incorporadora/Construtora .....	72
3.3.1.3	Análise da matriz de maturidade BIM da empresa selecionada.....	76
3.3.1.4	Análise da gestão atual do processo de customizações.....	76
3.3.1.5	Verificação dos entraves no processo de gestão do projeto de customização.....	77
3.4	ETAPA DE DESENVOLVIMENTO .....	77
<b>3.4.1</b>	<b>Propor e desenvolver um conceito de solução.....</b>	<b>77</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Implementar a solução e avaliar o processo em ação.....</b>	<b>78</b>
3.4.2.1	Mapeamento de processo de gestão da customização BIM .....	78
3.4.2.2	Diretrizes Iniciais para uso do BIM no processo de customização.....	79
3.5	CONSOLIDAÇÃO .....	80
<b>3.5.1</b>	<b>Identificar e avaliar as contribuições para o conhecimento.....</b>	<b>80</b>
3.6	ESCOLHA DOS SOFTWARES PARA PESQUISA.....	82
<b>4</b>	<b>APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>83</b>
4.1	RESULTADOS DA ETAPA EXPLORATÓRIA.....	83
<b>4.1.1</b>	<b>Avaliação da Matriz de Maturidade BIM da Empresa D .....</b>	<b>83</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Resultado das entrevistas: entendimento do processo atual de customização .88</b>	
4.2	ETAPA DE DESENVOLVIMENTO .....	99
<b>4.2.1</b>	<b>Desenvolvimento do modelo BIM .....</b>	<b>99</b>
<b>4.2.2</b>	<b>Simulação da aplicação do BIM para gestão de projeto de customização de uma unidade habitacional.....</b>	<b>103</b>
<b>4.2.3</b>	<b>O mapeamento de processo BIM .....</b>	<b>115</b>
4.3	ETAPA DE CONSOLIDAÇÃO .....	117
<b>4.3.1</b>	<b>Proposição de diretrizes para avaliação dos especialistas .....</b>	<b>117</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Diretrizes finais para aplicação do BIM na gestão do projeto de customização .....</b>	<b>122</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>133</b>
5.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	136
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>138</b>
	<b>APÊNDICE A - ROTEIRO DE ENTREVISTA COLABORADORES .....</b>	<b>146</b>
	<b>APÊNDICE B - ENTREVISTA COM ESPECIALISTAS.....</b>	<b>147</b>
	<b>ANEXO A - MATRIZ DE MATURIDADE BIM .....</b>	<b>148</b>

<b>ANEXO B - MANUAL COMPRADOR EMPRESA D .....</b>	<b>152</b>
<b>ANEXO C - TABELA ORÇAMENTÁRIA PARA CUSTOMIZAÇÃO .....</b>	<b>157</b>
<b>ANEXO D - PADRÃO PROJETO CUSTOMIZADO.....</b>	<b>158</b>
<b>ANEXO E - ORÇAMENTO APARTAMENTO.....</b>	<b>162</b>
<b>ANEXO F - FLUXOGRAMA CUSTOMIZAÇÃO.....</b>	<b>163</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A Indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) tem adaptado suas ferramentas à modelagem da informação, multiplicando as possibilidades de análise, simulação, validação e controle, caminhando para a execução de construções mais industrializadas e que melhor atendam as expectativas dos usuários.

O acrônimo BIM (*Building Information Modeling*) se refere a um conjunto de políticas de interação, processos e tecnologias para gerenciar aspectos de projeto e dados construtivos no formato digital ao longo do ciclo de vida de determinado empreendimento, seja ele de qualquer setor (SUCCAR; SHER; WILLIAMS, 2012). Contextualizado à área de construção civil, o BIM permite aos agentes a centralização da informação construtiva e a sua integração, acessando com maior assertividade e qualidade as informações, tendo a colaboração e gestão da informação como sua essência (EASTMAN et al., 2014).

Segundo Fogliatto et al. (2012), a construção civil apresenta características próprias, diferentes de todos os outros setores industriais. Sua fragmentação espacial, temporal e organizacional atenta contra processos ágeis, flexíveis e integradores que alavancam o oferecimento de produtos e serviços.

Um dos grandes desafios substanciais enfrentados pela indústria da construção dentro do paradigma da produção é o tamanho do mercado, a diversidade dos clientes nas suas necessidades, requerimentos e preferências, assim como os desafios de alcançar os benefícios das economias de escala para produtos finais personalizados (FARR; PIROOZFAR; ROBINSON, 2014).

Dessa forma, as mudanças de mercado trazem um novo cenário com aumento de competitividade (e redução da margem), de um mercado que antes era orientado pela oferta, com apartamentos padrões, para um mercado orientado pela demanda, onde a customização das unidades surge como estratégia de diferenciação (SACKS; KORB; BARAK, 2017).

Tal cenário – marcado por incertezas no mercado imobiliário, aumento do nível de exigências dos clientes, tendência de uma maior participação do cliente na definição do produto habitacional, mudanças no perfil demográfico, no comportamento e no modo de vida das pessoas, a inclusão de novas formas de comunicação e atuação no mercado de trabalho – busca na customização de unidades habitacionais uma forma de amenizar tal contexto e atender as demandas criadas (FARR; PIROOZFAR; ROBINSON, 2014).

Brandão (2007 apud MARINHO; BARROS NETO, 2014) coloca que a crescente demanda por variedade e maior flexibilidade incentivam as empresas de construção de

habitações a considerar em novos tipos de projeto de produtos e processos, criando um estreitamento das relações entre cliente e construtora, que passou a incluir solicitações para modificações do projeto, ou seja, fez-se emergir outro condicionante no processo produtivo da indústria da construção civil: a personalização e a possibilidade de escolha.

A customização vem principalmente pela tendência do ser humano em diferenciar-se do outro, buscando imprimir sua própria identidade dentro do imóvel adquirido. Em um projeto, um mesmo programa de necessidades pode ser disposto de várias maneiras e formas. Essa variante cria diferentes percursos e relações entre espaços de um mesmo programa de necessidades (FRANÇA, 2008).

Moschen (2003 apud FALCONI; BRANDÃO, 2014) coloca ainda que nem sempre todos os itens agradam ao cliente, porém, enquanto configuração interna do apartamento pode-se promover um maior atendimento às necessidades dos clientes através da personalização de unidades habitacionais. Poder possibilitar ao cliente alterar a planta de seu apartamento, conforme suas necessidades, proporciona à empresa uma vantagem competitiva em relação às outras.

A autora ainda coloca que é inevitável o cliente querer alterar itens em seu apartamento pelas próprias necessidades pessoais, pela sua estrutura familiar, formação profissional, nível cultural, preferências estéticas, sendo assim, a construtora pode se propor a atender o cliente não só nas suas necessidades mais básicas como “ter um apartamento de três quartos”, mas suas necessidades mais particulares como “ter um apartamento três quartos, sendo que destes, o segundo é integrado com a sala e a cozinha promovendo um maior convívio entre os proprietários (um casal sem filhos) e seus amigos que costumam frequentar a casa...”. Isto é conhecer o cliente, saber seus hábitos e gostos, para realmente atender e satisfazê-lo.

De acordo com o relatório que traz uma projeção para o consumidor de imóveis em 2040 (ANGUS; WESTBROOK, 2019), a personalização aparece como uma das megatendências de consumo, como resgate e valorização do que é único e particular frente ao padronizado. Com a impressão 3D, esse conceito atingirá outro patamar, e a tão desejada customização terá grande apoio da tecnologia.

Dessa forma, o projeto customizado aparece como um dos elementos principais na obtenção do propósito das empresas em satisfazer os clientes, sem perder de foco os ganhos em escala e altos níveis de produtividade e eficiência. O setor da construção de edifícios residenciais continua a buscar a compatibilidade entre oferecer opções ao comprador e atender ao cliente com plantas flexíveis e personalização, enquanto procura também garantir os aspectos de construção racionalizada. A pesquisa desenvolvida por Angus e Westbrook (2019)

complementa que, como os custos da construção vêm crescendo mais do que a renda da população, isso impõe ao setor uma pressão por mais eficiência e produtividade.

Nesse contexto, a presente pesquisa visa desenvolver diretrizes para aplicação do BIM na gestão do projeto de customização das unidades habitacionais integrando todos os setores envolvidos no desenvolvimento do projeto do produto customizado.

## 1.1 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA

Atuando como arquiteta no ramo da indústria da construção civil, foi possível perceber o grande desafio que é para as construtoras trabalharem com um ambiente ágil de negócios, estabelecendo uma interação constante entre cliente e empresa, com o atendimento dos requisitos dos clientes através de produtos flexíveis, sem que isso comprometesse a produtividade na execução da obra, cumprimento do cronograma e controle de custos.

A venda das unidades em planta trouxe consigo um tempo maior de relacionamento entre o comprador e a empresa, do lançamento à entrega da obra. Isso impactou sobretudo no que diz respeito à sequência dos serviços no canteiro de obras, na busca pelo entendimento de um cliente que nem sempre está decidido quanto ao seu projeto, nem tampouco consciente da importância dos prazos das etapas de construção. Essa nova forma de oferecer o produto imobiliário trouxe a necessidade de se criar melhor integração e harmonia entre os setores de projeto, execução, aquisição de materiais e vendas (BRANDÃO; HEINNECK, 2007).

Os trabalhos de Griz, Amorim e Loureiro (2014) evidenciam também a necessidade de customização das unidades habitacionais devido ao projeto ofertado pelas incorporadoras estar incompatível com determinadas demandas para abrigar o habitar contemporâneo. Nesse contexto, todo o processo de customização gera alto impacto ambiental, seja pelo retrabalho durante a execução da obra (por falhas de comunicação, inconsistência na execução, por exemplo) ou pelo processo de reforma pós ocupação no imóvel novo quando a customização não foi permitida. Tal impacto engloba desde o consumo de recursos naturais até a geração de resíduos sólidos e poluentes, oportunizando grandes ganhos em sustentabilidade na cadeia da construção civil.

A pesquisadora também observa que muitos entraves ocorrem também porque o planejamento e controle do processo de projeto são, muitas vezes, realizados de forma empírica, de acordo com a percepção dos profissionais que estão à frente da gerência de projetos, implicando em inúmeros retrabalhos durante a obra, ruídos de comunicação e falta de qualidade no produto final.

Assim, o produto do presente trabalho mostra-se como um grande desafio, pois remodela muitos pontos do processo de projeto e confronta o paradigma: de um lado as construções caminhando para processos mais industrializados e racionais e, de outro, clientes demandando produtos mais flexíveis e personalizados.

Apesar dos avanços científicos das últimas décadas terem trazido conhecimentos novos e fundamentais para a inovação e melhoria da eficiência nesse setor, o uso de novas tecnologias e processos para dar suporte à construção tem ocorrido, em muitos casos, de forma não estruturada e fragmentada, conduzidas por diferentes setores da empresa, não sendo incorporada como uma ferramenta estratégica. Succar (2009) propõe que o amadurecimento em BIM deve ser mensurável, com indicadores periodicamente acompanhados e que sirvam como ferramenta para melhoria contínua.

Dessa forma, acredita-se que as inquietações a respeito do uso do processo BIM inserido no contexto de customização de unidades habitacionais possam ser respondidas, com maior clareza, a partir desta pesquisa. Assim, profissionais da arquitetura e construção poderão melhor compreender o que está faltando para adoção de práticas mais eficientes e responsáveis na construção civil, auxiliados pelo uso desse processo no contexto das unidades habitacionais.

Espera-se também contribuir como exemplo de aplicação do processo BIM, auxiliando as incorporadoras e construtoras a flexibilizarem de forma ágil seus produtos às demandas e tendências do mercado imobiliário - que atualmente é caracterizado por um ciclo longo entre o projeto e a ocupação final - permitindo que o cliente adquira um produto habitacional cada vez mais próximo a seus anseios.

## 1.2 QUESTÃO DE PESQUISA

Diante do contexto em que está inserido este trabalho e das conclusões advindas da revisão sistemática desenvolvida para a construção do referencial teórico deste trabalho decorre a questão de pesquisa que baliza o estudo: Como o uso do BIM pode agregar valor no processo de customização das unidades habitacionais?

## 1.3 OBJETIVO GERAL

Elaborar diretrizes para aplicação do BIM no processo de gestão da customização em projeto das unidades habitacionais de edifícios multifamiliares.

#### 1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Estabelecer um panorama sobre customização em produtos arquitetônicos e a aplicação do BIM na gestão de projetos;
- b) Mapear os processos e entraves na gestão do projeto de customização da incorporadora/construtora selecionada para pesquisa;
- c) Simular a aplicação do BIM na gestão de projeto de customização de uma unidade habitacional da incorporadora/construtora analisada;
- d) Avaliar as diretrizes propostas para aplicação do BIM no processo de gestão da customização com especialistas no segmento.

#### 1.5 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA E PÚBLICO ALVO

Essa pesquisa se limita ao cenário da produção de projetos para customização de apartamentos a partir do uso da modelagem da informação da construção de edificações residenciais multifamiliares de empresas privadas. Dessa forma, o recorte do trabalho abrange toda a etapa de projeto, análise e compatibilização, sendo delimitado até o momento de entrega para execução da obra.

A pesquisa fez o uso de alguns softwares BIM. Como os softwares entregam diferentes funcionalidades que podem ser aplicadas aos modelos, a pesquisadora optou pelo uso do software de modelagem BIM com maior extensão de uso no Brasil (Autodesk Revit) e os demais descritos na seção “método de pesquisa”.

O foco do trabalho está pautado em construtoras que fazem o processo de customização do apartamento durante a execução da obra, abrangendo a área interna da unidade habitacional, podendo alterar layout, instalações (elétricas, hidráulicas, gás, climatização, telecomunicação), além de materiais de revestimentos e acabamentos. Assim, particularidades do mercado e metodologia construtiva usual no Estado de Santa Catarina aparecem como resultados dessa pesquisa.

As diretrizes propostas neste trabalho visam auxiliar organizações que já fazem uso do BIM ou estão em processo de implementação, em especial empresas do setor privado a alcançar níveis mais altos de colaboração e qualidade na troca de informações durante o processo de projeto dos apartamentos customizados.

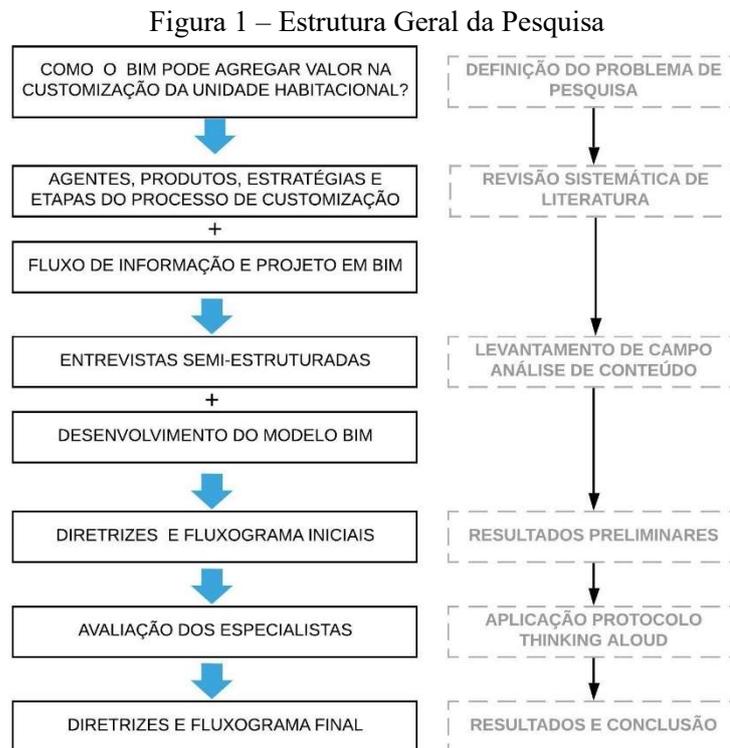
Assim, destina-se às incorporadoras e construtoras que possibilitam – ou desejam possibilitar – a customização das unidades privativas, com uso de projetos elaborados com a

modelagem paramétrica, como também a partir da adoção dos processos BIM em suas práticas de desenvolvimento e de relacionamento com os outros agentes da ICC. O foco de usabilidade está no corpo técnico de projetos e obra, mas também gera benefício para outros agentes, como para o departamento de suprimentos e clientes.

Destina-se também aos projetistas terceirizados, que utilizam processos BIM, para que possam melhor atender aos requisitos da construtora/incorporadora durante o processo de projeto dos apartamentos personalizados. E, por fim, aos demais agentes da cadeia da construção civil, para que consigam visualizar novas possibilidades de entrega de construção mais adequadas às expectativas do usuário final.

## 1.6 ESTRUTURA DA PESQUISA

O presente trabalho possui 6 capítulos e está estruturado conforme apresentado na Figura 1.



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Na introdução, é apresentada a justificativa da pesquisa, objetivo geral e específicos, estrutura e delimitações, além de uma breve abordagem acerca do cenário que se insere a problemática.

O segundo capítulo traz a revisão bibliográfica sobre os temas abordados nesta pesquisa. Inicialmente é feita uma caracterização dos agentes, do produto customizável, bem como das estratégias, etapas e diretrizes desse processo. Ainda, é abordada a temática do BIM, no que tange o relacionamento de troca de informação em ambiente colaborativo de trabalho e o seu impacto nas customizações do produto imobiliário.

No terceiro capítulo, são apresentados os métodos e ferramentas utilizados em cada uma das etapas da pesquisa: I) fase exploratória; revisão sistemática de literatura e levantamento de campo (entrevistas semi-estruturadas e desenvolvimento do modelo BIM); II) fase de análises (fluxograma de processo e diretrizes); III) fase de conclusões (validação com consulta a especialistas).

O capítulo quatro apresenta os resultados da aplicação dos métodos e a análise dos dados obtidos. Seguido pelo capítulo cinco que apresenta o resultado final do trabalho – as diretrizes para aplicação do BIM no processo de projeto de customização – validadas junto aos especialistas e o processo de validação. O capítulo seis conta com as conclusões do trabalho e as sugestões para pesquisas futuras.

Ao final deste, são apresentados os Apêndices e Anexos com as documentações envolvidas e geradas a partir deste trabalho de dissertação.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CUSTOMIZAÇÃO

O processo de customização é visto pelas empresas como forma de agregar valor ao cliente. No processo de customização de imóveis, além do aumento da percepção de valor, as empresas ainda têm o benefício mercadológico de captar os anseios e necessidades dos clientes, conseguindo assim a sua fidelização (FOGLIATTO; SILVEIRA; BORENSTEIN, 2012).

Fettermann et al. (2015) coloca que diversas variáveis afetam a decisão de compra de um cliente, tais como características relacionadas à funcionalidade do produto, qualidade, marca, *design*, etc. A identificação dos atributos com as necessidades dos clientes, bem como o valor percebido gerado pela disponibilização da customização fazem parte do processo de customização.

Os clientes, de uma forma geral, anseiam que suas casas reflitam suas expectativas individuais, as quais deveriam ser consideradas importantes na indústria da habitação, embora muitas vezes sejam negligenciadas. Enquanto cliente desejam comprar imóveis que são personalizadas individualmente de acordo com suas preferências, tal variedade pode atrapalhar a eficiência da produção (KHALILI-ARAGHI; KOLAREVIC, 2020).

Historicamente, logo após a Segunda Guerra Mundial, arquitetos e construtores tentaram resolver a falta de habitação a partir do olhar para produção de outras indústrias. Como resultado, elas começaram a buscar um paradigma Fordista que embasasse acessibilidade e que prometeria reconstruir a sociedade: produção em massa. A partir da introdução do paradigma Fordista para a indústria da construção, focada na eficiência e economia na produção de quantidade, mas como consequência o desenho sofreu homogeneidade de formatação dos produtos (NAHMENS; BINDROO, 2011).

No paradigma da produção em massa, os clientes estavam dispostos a limitar suas escolhas de produto apenas para o que estava disponível no mercado. Com o passar do tempo os clientes aumentaram seu padrão de exigências e estão menos dispostos a limitar sua escolha aos produtos padronizados (FETTERMAN et al., 2015).

Depois de 1970, os consumidores começaram a trocar a demanda de acessibilidade por melhor qualidade e individualidade. Ao invés de buscar economia, os arquitetos começaram a aplicar tecnologias avançadas em design e engenharia para melhorar a qualidade (ZABIHI; HABIB; MIRSAEEDIE, 2013). A individualidade, a partir desse momento, é amplamente

considerada na indústria da construção, existindo um incremento da necessidade de variação no desenho arquitetônico (HOFMAN et al., 2006).

Nesse contexto, a indústria da habitação tem enfrentado desafios sociais e culturais que refletem a discrepância entre as expectativas dos clientes e projeto de construção. A demanda do cliente tende a ser heterogênea, enquanto construções físicas são grandemente homogêneas (KOLAREVIC, 2015). No Brasil, Brandão e Heineck (2007 apud FALCONI; BRANDÃO, 2014) colocam que a tendência do produto personalizado atingiu o setor de edificações na década de 90, quando o mercado imobiliário brasileiro começou a adotar projetos residenciais flexíveis, com a participação do cliente na definição do arranjo espacial e acabamentos.

Além da exigência por parte dos clientes, Brandão e Heineck (2007 apud FALCONI; BRANDÃO, 2014) afirmam que a customização se constitui uma estratégia para cobrir a parcela de incertezas quando ao perfil do comprador, com diferentes necessidades, preferências e desejos. Alguns fenômenos que colaboram para isso são as evoluções demográficas e diversificação das configurações familiares, além das próprias transformações na sociedade, como o advento do home-office, impactos das novas tecnologias no espaço doméstico, além da quebra do paradigma da tripartição setorial (íntimo, social e serviço).

Fetterman et al. (2015) comentam que, a partir da interação entre a empresa e o cliente durante o projeto do produto, alternativas de flexibilização são oferecidas ao cliente, agregando valor ao processo e produto. Esse processo de agregação de valor permite um aumento da margem de lucro das empresas ao mesmo tempo em que as necessidades dos clientes são satisfeitas. Nesse contexto, Shivanand, Benal e Koti (2006 apud MARINHO, 2014) apresentam quatro tipos de flexibilidade:

- a) flexibilidade dos produtos - a habilidade de introduzir novos produtos ou de realizar modificações nos existentes;
- b) flexibilidade de mix - a habilidade de variar o escopo de produtos que está sendo produzido dentro de certo período;
- c) flexibilidade de volume - habilidade de mudar o volume de saída dos produtos;
- d) flexibilidade de entrega - habilidade de mudar datas de entrega planejadas.

Brandão (2002 apud FALCONI; BRANDÃO, 2014) classifica este conceito de flexibilidade em permitida e planejada. A flexibilidade permitida acontece quando apenas uma planta é oferecida inicialmente, mas a construtora aceita as modificações propostas pelo cliente. A de perfil planejada é entendida como tudo o que é oferecido pela empresa que represente oportunidade de escolha ao cliente, desde opções de layouts até acabamentos.

No que se refere às formas de se propor a flexibilidade em termos de projeto arquitetônico, Brandão (2002 apud FALCONI; BRANDÃO, 2014) relaciona cinco situações:

- a) diversidade tipológica: prévia concepção de plantas diferentes, com variadas unidades tipo em um mesmo edifício, quando não são permitidas alterações;
- b) flexibilidade propriamente dita: quando são definidos variados layouts de fácil conversão ou transformação, embora seja necessária intervenção construtiva;
- c) adaptabilidade: quando a função é definida por meio de mobiliário, divisórias móveis ou pela versatilidade na utilização do mobiliário, podendo, inclusive, possibilitar funções simultâneas no mesmo ambiente;
- d) ampliabilidade: aplicado ao uso de habitações unifamiliares evolutivas, quando são oferecidas opções de ampliar a casa mínima ou a habitação-embrião, estratégia que também é conhecida com elasticidade;
- e) junção/desmembramento: casos de junção de duas unidades para formar uma maior e também o caso contrário, quando uma unidade é desmembrada em duas.

Algumas alterações, no entanto, são apontadas para a melhoria da aplicação desta estratégia, tais como: criação de normas e procedimentos internos da empresa afim de melhorar a gestão de informações e planejamento do processo, melhor coordenação entre os projetos com envolvimento dos agentes, estabelecimento de prazos para solicitações de mudanças, limitações das escolhas, conforme coloca Brandão (2002 apud FETTERMANN et al., 2015).

De acordo com as características do desenvolvimento do projeto, Fettermann et al. (2015) salientam que as empresas da construção civil podem ser classificadas em três diferentes categorias:

produção, (ii) semi-customizadas e (iii) customizadas (NOGUCHI; VELASCO, 2005). As empresas categorizadas em produção estão direcionadas as vantagens de escala de produção, produzindo unidades padronizadas em menor tempo e custo. As semi-customizadas analisam a viabilidade de customização dos atributos da unidade e disponibilizam um conjunto de opções viáveis de serem customizadas pelo cliente de acordo com suas necessidades. As customizadas oferecem liberdade total de customização ao cliente, criando projetos originais e únicos (NOGUCHI; VELASCO, 2005). A customização na construção civil deve considerar tanto os produtos como serviços (NOGUCHI; VELASCO, 2005). Os produtos podem ser considerados como atributos determinados por componentes integrantes da unidade, como acabamentos e especificações de materiais. Enquanto isso, o projeto e a construção são considerados como serviços que podem ser customizados (NOGUCHI; VELASCO, 2005) (FETTERMANN et al., 2015).

A pesquisa sobre o nível de customização para a manufatura foi definida por Lampel e Mintzberg (1996 apud MARINHO, 2014), a qual pode ter seus conceitos adaptados para a indústria da construção civil, apontando para cinco estratégias gradativas de personalização, conforme mostra a Figura 2, sendo elas:

- a) Padronização pura: baseia-se em um design dominante de produto voltado para o mais amplo grupo de possíveis compradores, produzido em maior escala possível e distribuído igualmente entre todos. Na estratégia de padronização pura não há distinção entre os clientes; o comprador tem que se adaptar ou mudar para outro produto.
- b) Padronização segmentada: quando um projeto básico é modificado e multiplicado para cobrir várias dimensões do produto, mas não ao pedido dos compradores individuais. Na perspectiva dos autores, esta estratégia aumenta as opções disponíveis para os clientes, sem impactar diretamente as decisões de projeto e produção.
- c) Padronização customizada: os produtos são customizados com base em componentes padronizados, o projeto básico não é personalizado e os componentes são produzidos em massa. Desta forma, cada cliente recebe a própria configuração, mas limitada pela gama de componentes disponíveis.
- d) Customização sob medida: a empresa desenvolve um protótipo do produto para um potencial comprador e, em seguida, o adapta as intenções e necessidades da pessoa. Os autores acentuam que a customização funciona para o estágio da fabricação, mas não para a fase do projeto. A exemplo da construção civil, o construtor modificará o projeto-padrão para determinadas necessidades do cliente.
- e) Customização pura: as etapas – projeto, fabricação, montagem e distribuição – são em grande parte personalizadas. A polarização tradicional entre compradores e vendedores se transforma em verdadeira parceria em que ambos os lados estão profundamente envolvidos na tomada de decisão de cada um. (MARINHO, 2014, p. 40).

Figura 2 – Estratégias gradativas para customização

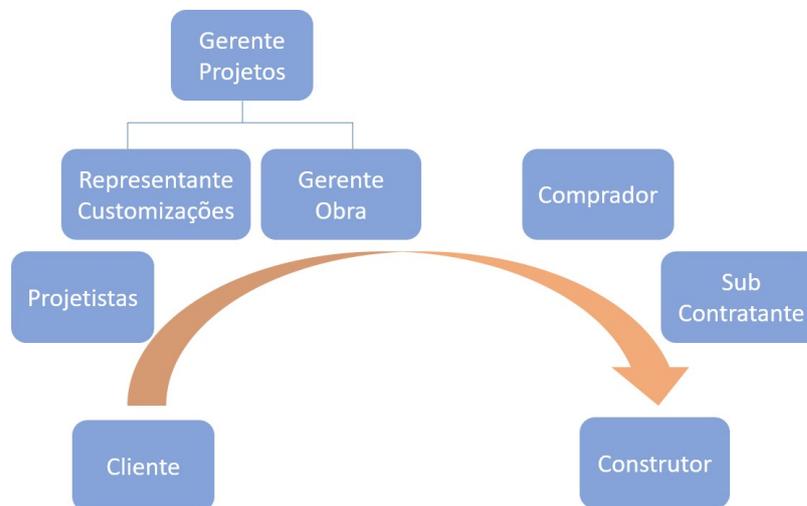


Fonte: Adaptado de Marinho (2014).

Muitas empresas de construção realizam os processos de customização de maneira ainda muito incipiente. A gestão se dá a partir do emprego de funcionários cuja função é encontrar-se com clientes dos apartamentos, registrar seus pedidos, coordenar as alterações de personalização que desejarem com os seus projetistas, desenvolver o orçamento do trabalho, obter a decisão final do cliente e compilar os desenhos que reflitam as alterações necessárias (SACKS; KORB; BARAK, 2017).

Segundo os autores esse processo tem três desvantagens significativas. Primeiramente, o tempo de ciclo do processo pode ser bastante longo, porque o fluxo de informações do cliente para o construtor possui muitas etapas/paradas no caminho; o representante das modificações do cliente prepara os desenhos e a lista de quantitativos e envia para o arquiteto e demais projetistas do empreendimento para aprovação (principalmente para verificar se eles não violaram nenhum aspecto de códigos de construção); quando surgem problemas, as informações retornam ao projetista do cliente e ao cliente para correção; uma vez aprovadas, as alterações são comunicadas através do departamento de compras do projeto aos fornecedores de materiais e ao empreiteiro, conforme mostrado na Figura 3.

Figura 3 – Fluxo do projeto de customização no processo tradicional



Fonte: Adaptado de Sacks, Korb, Barak (2017).

Além disso, Sacks, Korb e Barak (2017) colocam que, dada a natureza da comunicação utilizando desenhos 2D e documentação da lista de materiais, o processo é propenso a ter falhas na comunicação e erros humanos. O terceiro ponto é que a sequência na qual os clientes tomam decisões muitas vezes não corresponde a sequência em que o trabalho é realizado no local. O planejamento tradicional de construção para prédios com essa configuração solicita um progresso constante das equipes que executam acabamentos internos e instalam o sistema de edifícios do primeiro andar para cima, executando trabalhos na sequência dos andares. As vendas dos apartamentos, entretanto, geralmente seguem um padrão diferente (ou a falta dele); embora apartamentos mais altos são mais desejados e tendem a vender mais cedo do que os andares mais baixos, a sequência de vendas é na maioria das vezes aleatória.

Depois que os clientes assinam o contrato de compra, começam um lento processo de considerar suas opções para personalizar o apartamento, o que pode levar certo tempo. A

sequência de entrega das suas solicitações geralmente não corresponde ao processo de trabalho planejado e, de uma forma geral, as empresas de construção encontram uma certa dificuldade em conseguir que todos os clientes entreguem suas alterações de projeto em tempo hábil para que as equipes de execução iniciem os trabalhos nos apartamentos (SACKS; KORB; BARAK, 2017).

### 2.1.1 Customização em massa

Customização em massa (CM) refere-se à estratégia de customizar bens e serviços com custo e prazo de entrega semelhantes aos produtos padrão. Pode ser visto como uma estratégia, que busca competir simultaneamente em duas estratégias genéricas - custo e diferenciação (ROCHA; FORMOSO; SANTOS, 2012). Para alcançar simultaneamente personalização e economias de escala, é necessário coordenar decisões estratégicas sobre toda a cadeia de valor. Assim, MC é um conceito sistêmico e seu sucesso depende da prontidão e vontade de fornecedores, distribuidores, fabricantes e varejistas para lidar com isso.

Sacks et al. (2017) coloca que gerentes de projetos de alto padrão despendem mais de 60% do seu tempo administrando customizações de clientes e isso resulta numa complexidade de saídas para gerenciamento do fluxo de produção. Assim, o conceito de customização em massa surge como um paradigma entre atender os requisitos dos clientes (maximizando o seu valor) sem comprometer o custo, qualidade e o *lead time* do projeto.

Um exemplo dessa aplicação na França, onde apenas 7% das casas são feitas sob medida. As novas casas ofertadas apresentam maior possibilidade de personalizar, com uma grande variedade de componentes pode ser combinada para formas espaços e volumes. Personalizar, portanto, passa a significar usar componentes padronizados, para criar o produto final, a casa individualizada (BRANDÃO, 2007 apud WEINSCHENCK, 2012)

Marinho e Barros Neto (2015) colocam que o ponto de partida para mudança no paradigma de produção mais flexível apareceu com o desenvolvimento da Engenharia Industrial na fábrica de automóveis, com o sistema

denominado Sistema Toyota de Produção, lideradas por Ohno e Shingo nos anos de 1950 no Japão (KOSKELA, 2000). Este novo paradigma, denominado produção enxuta, combina as vantagens da produção em massa com a de perfil artesanal, evitando ao mesmo tempo a rigidez da primeira e o custo elevado da segunda (WOMACK; JONES; ROOS, 1990). O novo modelo de produção atendia a crescente tendência à segmentação dos mercados consumidores onde, através da customização, as empresas tiveram de se adaptar a um ambiente mais flexível e, através de suas operações, satisfazer segmentos diferentes do mercado. Esta inovação está

relacionada ao esforço de ganhar vantagem competitiva (SHIVANAND; BENAL; KOTI, 2006). (MARINHO; BARROS NETO, 2015, p. 31).

A customização em massa surge nesse contexto e considera a heterogeneidade das necessidades individuais buscando eficiência nos processos de projeto e produção. As raízes da customização em massa datam de 1970, quando o futurista Alvin Toffler no livro “Future Shock” descreveu sistemas e tecnologias futuras capazes variar e individualizar produtos quase sem custos extras. O termo então foi cunhado por Davis (1987 apud KHALILI-ARAGUI; KOLAREVIC, 2016) e coloca a CM como uma estratégia de negócios na qual o mesmo amplo número de consumidores pode ser alcançado como num mercado massificado da economia industrial, e simultaneamente ser tratado individualmente como nos mercados personalizados da economia pré-industrial.

No início dos anos 90, uma filosofia de projetos chamada IDF (*Industrial, Flexible and Demountable building*) - em português: edifício industrial, flexível e desmontável - foi introduzida por Boogaard, van Gassel (1990, 2003 apud NIEMEIJER, 2011), tendo como objetivo tornar os edifícios mais sustentáveis, o que realiza de três maneiras diferentes. A parte industrial do nome refere-se ao fato de que os edifícios devem ser produzidos de tal maneira que pode ser produzido em massa, resultando em uma produção mais eficiente que economiza recursos e economias de escala que reduzem os custos de construção. A flexibilidade é alcançada de duas maneiras. Permitir que o cliente inicial modifique o design elimina a necessidade de remodelar. Além disso, deve ser fácil adaptar o edifício às necessidades dos clientes subsequentes. Se um edifício não puder ser adaptado dessa maneira, deve ser possível sua desmontagem e seus componentes constituintes sem gerar muitos resíduos, reduzindo o impacto no meio ambiente. Embora o IFD não tenha sido desenvolvido com a personalização em massa em mente, ele compartilha muitos dos mesmos objetivos e a sua filosofia pode ter muito a contribuir para a CM.

Rocha (2011) coloca que o emprego da customização em massa deve estar alinhado com processos estratégicos e organização de metas, dependendo da conjuntura particular em que a empresa está inserida. À medida que a variação aumenta, a complexidade do design e da fabricação aumenta exponencialmente, aumentando assim a complexidade do processo e produto. Como parte integrante da estratégia de negócios, a CM deve ser norteadada entre três fatores - marketing, projeto do produto e gerenciamento das operações, sendo ainda influenciados pelo ambiente, como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Estratégias de customização



Fonte: Adaptado de Rocha (2011).

Assim, a postura da empresa em relação à flexibilização pode ser reativa quando se procuram atender os anseios do cliente de qualquer maneira com descontrole do canteiro, geração de retrabalhos, atrasos de cronograma, dificuldades de controle e elevação dos custos indiretos. Mas também pode ser pró-ativa quando a empresa se prepara para o diálogo com o cliente, criando regras para o atendimento personalizado na forma de guias ou manuais, além de pessoal destinado a ouvir e orientar o cliente, auxiliar tecnicamente na escolha de materiais, orçar modificações e ordenar visitas ao canteiro (BRANDÃO, 2002).

### 2.1.2 Etapas do processo de customização em massa

Fettermann et al. (2015) propõem um fluxo de informações e atividades para o desenvolvimento da customização em massa, que incorpora desde a busca de conhecimentos sobre o comportamento do mercado até sua tradução em especificações do projeto, produção e entrega do produto ao cliente, conforme ilustra a Figura 5.

Figura 5 – Etapas de customização em massa.



Fonte: Adaptado de Fettermann et al. (2015).

A primeira etapa define o escopo do que será customizado e ofertado ao cliente. Nessa etapa, recomenda-se verificar a necessidade da customização do produto, a viabilidade para customizá-lo, além da disponibilidade de tecnologia e logística para as atividades de produção. Também é recomendado que a construtora interprete as necessidades do cliente para desenvolver as opções de customização. A possibilidade de disponibilização de configuradores de produto tem sido mencionada como uma alternativa para captar as necessidades do cliente e apresentá-las na forma de um projeto customizado (FETTERMANN; OLIVEIRA; MARODIN, 2015; FOGLIATTO; SILVEIRA; BORENSTEIN, 2012).

A etapa seguinte envolve a maneira como o cliente fará a definição das escolhas de acordo com as alternativas oferecidas para customização. Um dos fatores determinantes para o sucesso desta etapa é a facilidade do cliente em mapear suas necessidades e traduzi-las no projeto do produto customizado (FETTERMANN et al., 2015). Na construção civil, esta etapa pode ocorrer por meio de um configurador que possibilite o cliente simular e escolher quais opções ele prefere ou com o auxílio de um projetista, sendo essa experiência uma importante variável na agregação de valor ao produto (FRANKE; SCHREIER; KAISER, 2010; MERLE et al., 2010; MOREAU, 2011).

Na terceira etapa é caracterizada pela alimentação da produção sobre as decisões de escolha do cliente. Um dos fatores que gera muito retrabalho e longo ciclo na construção civil é o tempo entre o projeto e o retorno sobre o orçamento sobre o quanto será acrescido no projeto customizado pelo cliente (ARAUJO FILHO; GOMES, 2010).

A tradução das opções do cliente para instruções de projeto e produção configura a quarta etapa do processo, e inicia-se no momento em as especificações do projeto customizado são interpretadas na empresa e transformadas em instruções de produção (FETTERMANN et al., 2015).

Por fim, a quinta etapa, na qual consiste na entrega e utilização do produto pelo cliente. Nessa etapa, podem-se incluir as customizações que são realizadas na entrega do produto e no uso da edificação (LIZARRALDE, 2011). Nesse caso, além do projeto de adaptações e ou mobiliário após a entrega, também são comuns solicitações de alterações de pontos elétricos, adaptações da rede hidráulica, sistema de iluminação, além de trocas de piso e alvenarias. Normalmente, essas customizações acontecem sem o conhecimento e consentimento da construtora, podendo resultar em perda de garantia e danos a estrutura da construção (FETTERMANN; OLIVEIRA; MARODIN, 2015).

### **2.1.3 Estratégias e diretrizes para a customização**

Para atingir altos níveis de desempenho na customização das unidades habitacionais, foram verificadas na literatura algumas estratégias. Rocha, Formoso e Santos (2012) colocam que a definição envolve:

- a) Definir o escopo de opções que serão disponibilizadas aos clientes enquanto eles estão projetando sua configuração de preferência, a partir da identificação dos atributos e requisitos dos clientes;
- b) Garantir que possui os recursos necessários para fornecer essa personalização de maneira eficiente e lucrativa;
- c) Comunicar adequadamente aos clientes, como diferentes interfaces, como menu de opções ou kits. Slywartzky (2001 apud ROCHA; FORMOSO; SANTOS, 2012) coloca que opções permitem quem os clientes formatem produtos individualizados, escolhendo entre um conjunto de atributos, preços e opções de entrega;
- d) Verificar a capacidade da cadeia de produção e suprimento em fornecer eficientemente as variações do produto, sendo atendida a condição básica necessária de ter uma solução bem definida. Ao definir claramente o que pode e o que não pode ser personalizado, uma organização pode planejar processos capazes de fornecer essa personalização com eficiência. Processos celulares ou *postponement* são abordagens que podem ser adotadas para reduzir o prazo de entrega no fornecimento de produtos personalizados.

Marinho e Barros Neto (2015) apontam diretrizes identificadas na literatura que auxiliam a adoção da customização em massa e que podem ser aplicados no setor habitacional da construção civil. São eles:

- a) Planejamento e solução do espaço: Definir o escopo da estratégia de customização e os atributos do produto que são customizáveis, pois o planejamento da produção dependerá da abordagem da customização escolhida, esta escolha pode implicar em um maior ou menor envolvimento do processo de produção na customização do produto (BRANDÃO, 2002; TILLMANN, 2008, ROCHA, 2011).
- b) Co-projeto e requisitos dos clientes: A construtora deve envolver o cliente de forma a entender melhor suas necessidades, identificar os diferentes segmentos e requisitos, além de auxiliar na concepção dos produtos mais adequados (TILLMANN, 2008, ROCHA, 2011).
- c) Oferta: A oferta de customização da unidade habitacional deve ser enfatizada desde a etapa do lançamento do empreendimento (TILLMANN, 2008).
- d) Menus de escolhas: São interfaces desenvolvidas pela empresa para permitir os clientes a configurar os produtos customizados (ROCHA, 2011).
- e) Arquitetura modular: Apresentar soluções pré-definidas baseadas no desenvolvimento de módulos, o que permite a produção de variantes de forma eficiente e evita projetar cada sistema separadamente, (TILLMANN, 2008; AZHAR; AHMAD; SEIN, 2010; ROCHA, 2011).
- f) Plataforma: O termo plataforma se refere à configuração específica de um sistema de produção de modo a gerar facilmente, a partir dele, a variedade desejada de produtos. O uso da plataforma permite a adaptação de produtos para grupos específicos de clientes como forma de aumentar a satisfação dos mesmos. (MUFFATTO; ROVEDA, 2002; HALMAN; VOORDIJK; REYMEN, 2008).
- g) Cadeia de fornecedores: O planejamento da customização está relacionado à cadeia de fornecedores, ao processo de desenvolvimento do produto e à produção e distribuição de produtos. A empresa deve se organizar em todas estas esferas para permitir uma maior gama de opções de produtos (TILLMANN, 2008).
- h) Cadeia de suprimentos: O envolvimento da cadeia de suprimentos possibilita o fornecimento de materiais mais variados e que possam incrementar a habitação (TILLMANN, 2008).

- i) Flexibilidade e *postponement*: Permitem que os sistemas de produção possam lidar com as variantes do produto criado sob a estratégia de customização (FEITZINGER; LEE, 1997; ROCHA, 2011).
- j) Retroalimentação: O acompanhamento do produto e a observação do comportamento do consumidor durante o uso são imprescindíveis para captar requisitos difíceis de serem expressos verbalmente (TILLMANN, 2008).

## 2.2 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

A indústria da construção civil tem buscado formas para melhorar sua eficiência produtiva e entregar um produto com mais qualidade e sustentável a quem o utiliza. Nesse contexto, o BIM – *Building Information Modeling* – surge como um conjunto de políticas, processos e tecnologias de interação que geram uma metodologia que integra profissionais das áreas de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO) na elaboração de um modelo virtual único, que contempla todo o ciclo de vida de uma edificação (SUCCAR, 2009).

O BIM é um "hub" de TIC para facilitar a integração de informações pertinentes a um prédio em todo o seu ciclo de vida, na forma de dados paramétricos nD - seja geométrico ou tabular, gerado por um conjunto de stakeholders em um ambiente centralizado, em tempo real e interativo, através de processos de trabalho colaborativos (FARR; PIROOZ FAR; ROBINSON, 2014).

A Segundo a Norma Americana de BIM (NATIONAL BIM STANDARD-UNITED STATES®; NBIMS-US™, 2015) define o BIM como:

O Building Information Model (BIM) é uma representação digital de características físicas e funcionais de uma instalação. Como tal, serve como um recurso de conhecimento compartilhado de informações sobre uma instalação, formando uma base confiável para decisões durante seu ciclo de vida. Uma premissa básica do BIM é a colaboração de todos os stakeholders em diferentes fases do ciclo de vida de uma instalação para inserir, extrair, atualizar ou modificar informações no BIM, a fim de apoiar e refletir os papéis desse stakeholder. O BIM é uma representação digital compartilhada baseada em padrões abertos para interoperabilidade.

Tal ferramenta tecnológica é capaz de melhorar o produto e otimizar os processos da construção, a partir da modelagem digital do edifício, atribuindo-lhe informações. Quando concluído, o modelo gerado contém a geometria e os dados relevantes para apoiar as atividades de fabricação, construção e aquisição necessárias para realizar a construção. Implementado de forma adequada, o BIM facilita a integração do processo de concepção e de construção, o que

resulta na melhoria da qualidade dos edifícios, na otimização dos custos e confiabilidade dos dados de planejamento (EASTMAN et al., 2014).

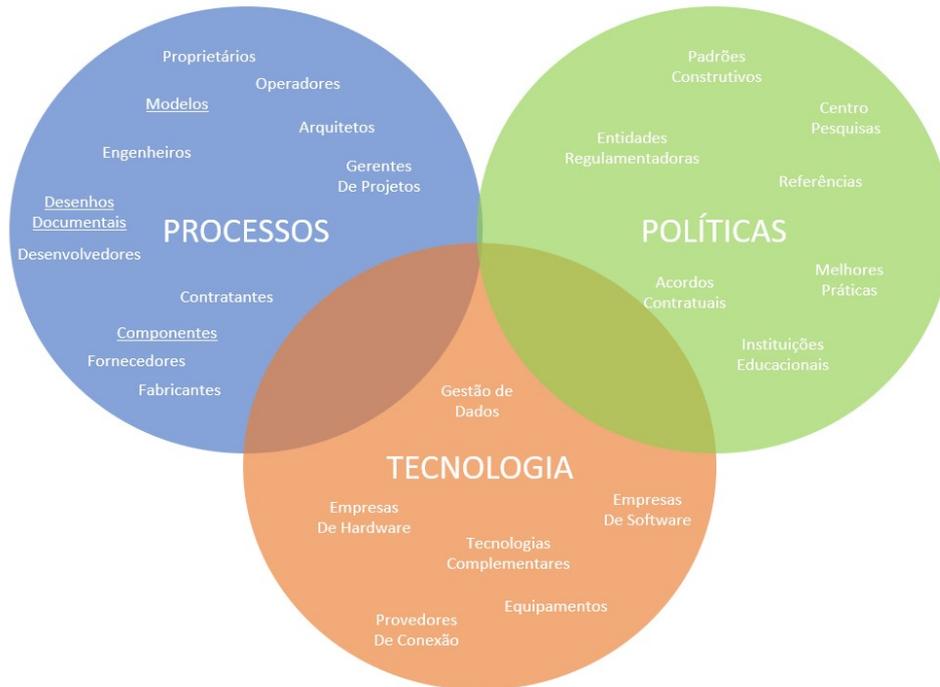
A implantação do BIM não envolve somente o uso de tecnologias e softwares, mas sim um novo jeito de pensar, uma mudança cultural. Por caracterizar um processo tecnológico disruptivo (TOBIN, 2013), além de assimilar novas ferramentas tecnológicas e aprender a trabalhar colaborativamente, aos profissionais que quiserem trabalhar com BIM serão impostos muitos outros desafios que permeiam esse processo. Se empregado e disseminado estrategicamente, isso pode introduzir o driver para uma mudança contínua em direção a processos de trabalho colaborativo na indústria da arquitetura e construção.

### **2.2.1 Campos de atividade BIM**

Com relação a abrangência do BIM, Succar (2009) apresenta uma base de pesquisa e entrega que mapeia a dinâmica do domínio e permite que os participantes da AEC compreendam as estruturas de conhecimento subjacentes e negociem requisitos de implementação do BIM. Assim, os três campos de atividade BIM interligados, são setorizados em tecnologia, processo e política, conforme apresentados na Figura 6.

Os mesmos termos – tecnologia, processos e políticas – também definem as competências em BIM, conforme a Figura 6, que representa a capacidade de um agente para satisfazer um requisito ou gerar um entregável em BIM (SUCCAR, 2009).

Figura 6 – Campos de Atividade BIM.



Fonte: Adaptado de Succar (2009).

### 2.2.1.1 Tecnologia

Tecnologia é "a aplicação do conhecimento científico para fins práticos". O campo de tecnologia agrupa um grupo de participantes especializados no desenvolvimento de software, hardware, equipamentos e sistemas de rede necessários para aumentar a eficiência, a produtividade e a lucratividade dos setores da AEC. Isso inclui organizações que geram soluções de software e equipamentos de aplicabilidade direta e indireta ao projeto, construção e operação de instalações (SUCCAR, 2009).

### 2.2.1.2 Processos

Processo é “uma ordem específica de atividades de trabalho no tempo e no local, com começo, fim e entradas e saídas claramente identificadas: uma estrutura de ação”. O Campo de Processo agrupa um grupo de participantes que adquirem, projetam, constroem, fabricam, usam, gerenciam e mantêm estruturas. Isso inclui proprietários de instalações, arquitetos, engenheiros, empreiteiros, gerentes de instalações e todos os outros participantes da indústria da AEC envolvidos na propriedade, entrega e operações de construções ou estruturas (SUCCAR, 2009).

### 2.2.1.3 Políticas

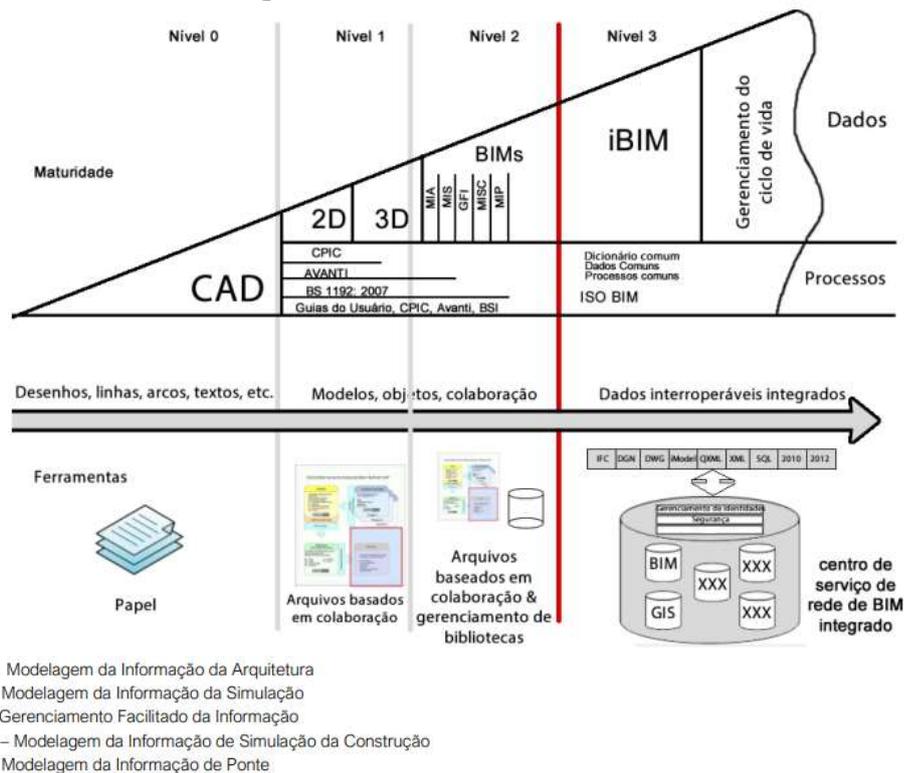
Políticas são "princípios ou regras escritas para orientar a tomada de decisões". O campo de políticas agrupa um grupo de participantes focados na preparação de profissionais, na entrega de pesquisas, na distribuição de benefícios, na alocação de riscos e na minimização de conflitos na indústria da AEC. Esses jogadores não geram nenhum produto de construção, mas são organizações especializadas - como companhias de seguros, centros de pesquisa, instituições educacionais e órgãos reguladores - que desempenham papéis fundamentais de preparação, regulamentação e contratuais no projeto, construção e operações (SUCCAR, 2009).

### 2.2.2 Nível de maturidade BIM

A implantação da tecnologia BIM já modifica profundamente a forma como o ser humano percebe e interage com o meio ambiente construído, mesmo nos estágios iniciais (MANZIONE, 2013). A partir da necessidade de definição comum dos níveis de maturidade BIM, Bew e Richards (2008) conceituam o modelo utilizado pelo governo do Reino Unido, onde a implementação do BIM é materializada em três fases: BIM 1.0, BIM 2.0 e BIM 3.0, conforme Figura 7. Succar (2009, p. 124) também descreve que o termo “maturidade em BIM” se refere:

à qualidade, repetibilidade e grau de excelência em uma Capacidade em BIM. Ou seja, em oposição à capacidade que denota uma habilidade mínima [...]. Os parâmetros de maturidade em BIM são marcos (ou níveis) de melhoria de desempenho aos quais as equipes e organizações aspiram ou em direção aos quais elas trabalham.

Figura 7 – Níveis de maturidade BIM.



Fonte: Adaptado de Bew e Richards (2008).

Nível 0: Se refere as práticas tradicionais 2D (AutoCAD), ainda com ineficiência e barreiras significativas. A maioria da informação é armazenada em documentos escritos, pranchas e detalhes 2D. Existe grande possibilidade de existirem erros humanos e problemas entre diferentes versões de projeto (KHOSROSHAHI; ARAYICI, 2012). Mesmo quando algumas visualizações 3D são geradas, elas geralmente são desarticuladas e dependem de documentação bidimensional e detalhada. Quantidades, estimativas de custo e especificações geralmente não são derivadas do modelo de visualização nem vinculadas à documentação (SUCCAR, 2009).

Nível 1: Se refere à transição de 2D para o 3D, onde o modelo passa a ser construído com elementos arquitetônicos reais. Nessa fase, as disciplinas ainda são tratadas separadamente e a documentação final ainda é composta, majoritariamente, por desenhos 2D (KHOSROSHAHI; ARAYICI, 2012). Assim, as práticas de colaboração no nível 1 são semelhantes ao status pré-BIM e não há trocas significativas baseadas em modelo entre diferentes disciplinas. As trocas de dados entre as partes interessadas no projeto são unidirecionais e as comunicações continuam desassociadas (SUCCAR, 2009).

Nível 2: Existe um progresso da modelagem 3d para a colaboração e interoperabilidade. Tal nível requer um compartilhamento integrado de dados entre as partes envolvidas com a finalidade de suprir a abordagem colaborativa (KHOSROSHAHI;

ARAYICI, 2012). Embora as comunicações entre os participantes do BIM continuem sendo sincrônicas, as linhas de demarcação pré-BIM que separam as funções, disciplinas e fases do ciclo de vida começam a desaparecer. Algumas alterações contratuais são necessárias, pois as trocas baseadas em modelo aumentam e substituem os fluxos de trabalho com base em documentos. A maturidade do nível 2 também altera a granularidade da modelagem executada em cada fase do ciclo de vida, à medida que os modelos de construção com detalhes mais altos avançam e substituem (parcialmente) os modelos de design com detalhes mais baixos (SUCCAR, 2009).

Nível 3: O nível 3 já passa da colaboração para a integração, refletindo a filosofia real BIM. Nesse nível de maturidade os envolvidos no projeto interagem em tempo real permitindo análises complexas nas fases iniciais de projeto. O produto final inclui, além da documentação 2D, propriedades semânticas de objetos, princípios de construção enxuta, políticas sustentáveis, dentre outros (KHOSROSHAHI; ARAYICI, 2012). O pré-requisito para todas essas mudanças é a maturidade das tecnologias de rede / software, permitindo que um modelo interdisciplinar compartilhado forneça acesso bidirecional às partes interessadas no projeto. A maturidade de todas essas tecnologias, processos e políticas acabará facilitando o *Integrated Project Delivery* (IDP).

IDP: O termo é utilizado para demonstrar a visão de longo prazo do BIM como uma fusão de tecnologias, processos e políticas. O termo é genérico o suficiente e potencialmente mais facilmente compreensível pela indústria como “Tecnologia Totalmente Integrada e Automatizada” ou “nD Modeling” (SUCCAR, 2009). O termo representa melhorias na colaboração, coordenação, comunicação, suporte a decisões e outros processos de trabalho, possibilitados pela integração horizontal, vertical e temporal aumentada do gerenciamento de dados e informações para aprimorar o valor agregado em toda a rede de acionistas ao longo do ciclo de vida da construção (ILAL, 2007).

Com o objetivo de medir o desempenho BIM em organizações e empreendimentos, Succar criou uma metodologia que analisa, quantifica e qualifica o uso do BIM. A metodologia foi desenvolvida para lidar com a mudança de cultura proporcionada pelo BIM, preocupando-se em evidenciar toda a estrutura conceitual e discriminar detalhadamente os seus aspectos (SANTOS, 2016). Com o uso dessa ferramenta, chamada de BIM Maturity Index (BIMMI) a maturidade BIM pode ser mensurada em cinco níveis, conforme mostra a Figura 8.

Figura 8 - Níveis de maturidade BIM - BIM EXELLENCY INITIATIVE. 301in.PT Matriz de Maturidade BIM. Tradução do Prof. Dr. Leonardo Manzione



Fonte: Manzione (2013).

Os níveis de maturidade, cruzados com os conjuntos de capacidade em BIM – tecnologia, processos e política, formam a matriz de maturidade BIM (BIM<sup>3</sup>). Além dos conjuntos de capacidade, são avaliados os estágios e escalas micro, meso e macro do BIM. Dessa forma, a matriz produz um índice, mensurando de uma forma holística o status da organização. Nela, os cinco níveis de maturidade BIM são pontuados, do inicial com 0 (zero) pontos ao Otimizado, com 40 (quarenta) pontos, conforme define a ferramenta.

A Maturidade BIM se refere, portanto, às melhorias graduais e contínuas em qualidade, repetibilidade e previsibilidade dentro da Capacidade BIM disponível. A ferramenta também recomenda também que a escala macro somente seja mensurada se acompanhada por um consultor especialista.

Após o preenchimento da matriz, são extraídos dois valores: o Grau de Maturidade e o Índice de Maturidade. O Grau de Maturidade é a média aritmética das dezesseis áreas analisadas, ou 15 áreas caso a avaliação não seja acompanhada de um consultor (excluindo a escala macro), ou seja, são somados o total de pontos e divididos pelo número de áreas analisadas. Já o Índice de Maturidade é um valor percentual, onde o Grau de Maturidade é referenciado à pontuação máxima (100%) de 40 pontos, como mostra a Figura 9.

Figura 9 - Graus de Maturidade BIM

MATURIDADE BIM - EMPRESA D			
	Nível de maturidade	Classificação textual	Classificação Numeral
A	Inicial	Baixa Maturidade	0 - 19%
B	Definido	Média-baixa maturidade	20 - 39%
C	Gerenciado	Média maturidade	40 - 59%
D	Integrado	Média-alta maturidade	60 - 79%
E	Otimizado	Alta maturidade	80 - 100%

Fonte: Adaptado de Santos (2016).

### 2.2.3 BIM e o projeto de customização

Conforme visto ao longo do capítulo, a customização e os processos enxutos devem caminhar juntos quando consideradas sobre o prisma de agregação de valor para o cliente sem perder de vista a produção em escala. O desafio do projeto é, portanto, ter o melhor dos dois mundos: atender as demandas heterogêneas dos clientes sem abrir mão da eficiência da produção industrializada em escala. Enquanto os consumidores querem comprar moradias que foram individualmente customizadas de acordo com as suas preferências, os construtores querem manter a eficiência do processo produtivo a partir do uso de desenhos padronizados (NAHMENS; BINDROO, 2011).

Dessa forma, a construção enxuta surge como modelo de planejamento e controle do processo produtivo na busca de resultados mais eficientes na construção civil. Refere-se à aplicação e adaptação dos conceitos e princípios subjacentes do Sistema Toyota de Produção (STP) para a construção. Assim como no STP, o foco da construção enxuta diz respeito à redução de desperdícios, aumento de valor para o cliente e melhoria contínua (SACKS et al., 2009).

Processos enxutos consideram o ambiente produtivo composto por atividades de conversão – processamento de insumos para se atingir o produto final – e de fluxo – transporte, espera e inspeção de insumos durante a construção (SACKS; RADOSAVLJEVIC; BARAK, 2010). De acordo com Koskela (1992), as conversões constituem atividades que agregam valor e, por isso, deve-se buscar eficácia. Já os fluxos representam as atividades que não agregam valor ao cliente final e, por conta disso, deve-se buscar redução ou eliminação dessas últimas.

Alterações no projeto de um edifício são sempre perturbadoras do fluxo de projeto e produção, ainda mais se forem introduzidas no final do processo. São particularmente disruptivas se a construção já estiver em andamento. O projeto e construção virtual, em inglês *Virtual Design and Construction* (VDC), ajuda a reduzir o escopo e a frequência das alterações resultantes da falta de coordenação entre as disciplinas de projeto, capturando as inconsistências no protótipo virtual (SACKS; KORB; BARAK, 2017).

Nesse contexto, o processo BIM e a construção enxuta representam iniciativas distintas, porém ambas estão proporcionando profundas transformações positivas na indústria da construção civil. O BIM pode ser adotado dissociado de práticas de construção enxuta e vice e versa. Os resultados, entretanto, podem ser potencializados com a adoção integrada (SACKS et al., 2009). O BIM, portanto, pode desempenhar papel catalizador na obtenção de processos mais eficientes na implementação dos princípios enxutos na indústria da construção civil.

A detecção antecipada das interferências das múltiplas disciplinas de projeto, por exemplo, representa uma aplicação importante da tecnologia BIM, o que reduz os desperdícios e diminui o retrabalho (EASTMAN et al., 2014), culminando em práticas enxutas de construção. Liu et al. (2015) acrescenta que as principais causas da geração de resíduos estão relacionadas a problemas no processo de projeto, no gerenciamento da informação, na compra de matérias, na qualificação da mão-de-obra e no gerenciamento da execução dos serviços. Os autores colocam, entretanto, que é na fase de projeto se que originam as principais causas dos resíduos durante a fase de construção, considerando que decisões inadequadas ou alterações de projeto ao longo da obra contribuem para erros de execução, retrabalho e geração de resíduo.

Uma vez que o BIM fornece um modelo preciso do projeto e dos recursos materiais requeridos para cada segmento de trabalho, ele proporciona a base para uma melhoria em toda cadeia de produção (SACKS et al., 2009). Além disso, um encurtamento significativo de tempo de ciclo pode ser alcançado quando os quantitativos são extraídos de um modelo desenvolvido com o uso do BIM, em comparação com os quantitativos extraídos manualmente do desenho (SACKS et al., 2009). A tecnologia BIM também entrega os detalhamentos de projeto em tempo reduzido, facilitando a gestão de processos e agilizando a entrega ao cliente.

O aumento da percepção de valor do produto por meio do atendimento dos requisitos dos clientes (KOSKELA, 1992), que representa um dos princípios da construção enxuta, também pode ser alcançado pela adequação do produto ao comprador do imóvel. Nesse contexto, Strapasson (2011) coloca que a falta de flexibilidade nos projetos ou o não atendimento às necessidades dos usuários são causadores de intervenções, demolição parcial ou mesmo completa de uma edificação.

Nahmens e Bindroo (2011) fazem um contraponto e colocam que, se não for bem administrada, as customizações podem gerar um impacto negativo na satisfação do cliente. Os autores oferecem algumas razões plausíveis para esta observação, que incluem o seguinte: a personalização do produto resulta em complexidades operacionais que podem resultar em um tempo de conclusão mais longo do produto final, o que também pode levar à redução da satisfação do cliente. Além disso, geralmente compradores de imóveis personalizados tendem a ter expectativas mais altas do produto acabado do que os compradores de imóveis padronizados, necessitando de ferramentas avançadas para que o produto final contemple as necessidades expostas pelos clientes, geralmente afetadas pela perda de informações no processo.

Além do próprio desperdício intrínseco do processo de gerenciamento de informações, muitas das alterações em projeto chegam depois que o apartamento já está executado, o que

resulta em extensivos desperdícios porque o trabalho original não possui valor para o cliente e precisa ser demolido para dar lugar ao que realmente o cliente deseja. Esse é o desperdício da superprodução, quando os produtos são desnecessários ou indesejados são produzidos antes que sejam demandados (SACKS; KORB; BARAK, 2017).

Como as customizações dimensionais tratam a forma como matéria de mudança contínua – e quando essas mudanças ocorrem continuamente muitos erros aparecem – a maioria dos sistemas que suportam customização focam na escolha entre as opções existentes, na troca de características básicas, ou adicionar recursos sobre técnicas básicas baseadas em desenho modular. Nenhum deles, entretanto, oferecem customizações dimensionais de uma maneira verdadeiramente interativa (KHALILI-ARAGUI; KOLAREVIC, 2016).

Novos métodos de colaboração e desenvolvimento de processos - Design Computacional, Design Paramétrico e *Building Information Modeling* (BIM) - suportam um ambiente que envolve colaborações interdisciplinares e maiores níveis de integração na construção de serviços personalizados arquitetura. A capacidade de automatizar os processos de projeto e fabricação usando algoritmos e a possibilidade de lidar com uma quantidade heterogênea e significativa de informações para otimizar esses processos destacam o potencial de uma integração consciente da Tecnologia da Informação na Indústria da Construção, especialmente no contexto emergente da indústria 4.0 (FARR; PIROOZFAR; ROBINSON, 2014).

Mororo et al. (2016) reforçam o impacto do uso do BIM como uma boa estratégia na personalização de projetos, por alcançar uma ampla variedade de soluções ao sistematizar os requisitos dos usuários e auxiliar a tomada de decisão diante dos problemas de projeto. Dessa forma, incentiva-se o estudo dos diferentes domínios de conhecimento na indústria da AEC, visando à formalização de parâmetros e a alimentação de sistemas de apoio à tomada de decisão ao projeto que utilizem ferramentas computacionais.

A inserção dessas novas tecnologias, que até recentemente não estavam disseminadas (FARR; PIROOZFAR; ROBINSON, 2014), apresenta potencial para a introdução de melhorias habitacionais que envolvam flexibilização, personalização e modulação, além da redução do desperdício de materiais, e o gerenciamento das informações durante o ciclo de vida da edificação. O BIM alavancou esse processo e pode facilitar a implementação de customização na indústria da arquitetura e construção através do seu benefício em diferentes níveis sistêmicos:

- a) Como uma plataforma, oferecendo famílias de componentes, onde "alteração" ou "variação" pode ser introduzida de forma rápida e fácil como um dos conceitos subjacentes da CM;
- b) Como uma ferramenta, para comunicar essas famílias para frente e para trás entre as etapas de projeto, fabricação e implementação e para medir as implicações de tais alterações ao melhor nível de detalhes dentro da cadeia de suprimentos; Pine (2007) refere-se a "tecnologia certa";
- c) Como um ambiente para abranger uniformemente as atividades pertinentes e permitir processos de trabalho colaborativo entre todas as profissões envolvidas no processo de produção; Isso está facilitando as “habilidades de pessoas certas” descritas por Pine (2007).

Embora estratégias e tecnologias emergentes, as quais muitas originaram-se na indústria da manufatura, vieram para responder a esse desafio, a infraestrutura tecnológica não havia conseguido acompanhar esse desafio. O BIM surge nesse contexto como uma nova ferramenta tecnológica, um ambiente ou uma plataforma que pode facilitar essa abordagem (FARR; PIROOZFAR; ROBINSON, 2014).

De acordo com Veloso, Celani e Scheeren (2018) é possível colocar alguns fatores que poderiam ser integradas ao conceito BIM, a fim de facilitar a implementação de projeto arquitetônico personalizado interativo para habitação:

- a) Uma ferramenta generativa, com gramática de forma, com maneiras práticas de definir regras no projeto. Sistemas generativos funcionam como um método indireto de projeto, no qual o projetista não se preocupa apenas com a solução de um problema em particular em um contexto específico, mas em criar um projeto genérico, que possibilite resolver problemas semelhantes em contextos diferentes;
- b) Uma simplificação da representação dos projetos com tradução direta em um modelo completo BIM, baseado em modelos previamente organizados;
- c) Uma interface online customizável e intuitiva que pode ser usada pelos clientes tanto para processo de iteração do design e quanto para testar diferentes combinações de acabamentos e dimensões.

Com esses desenvolvimentos, os arquitetos poderiam criar facilmente painéis de design de arquitetura que permitiram aos usuários aplicar regras para personalizar seus projetos de casa, escritório, loja ou jardins dentro de possibilidades “legais” codificadas através de uma forma gramática predefinida, bem como especificar dimensões e acabamentos que se encaixem dentro de restrições econômicas pré-estabelecidas. Esses algoritmos também oferecem o

potencial de melhorar a qualidade das decisões de design de acordo com métricas específicas (ANDERSON et al., 2018).

Além disso, para permitir a visualização pelos usuários, é possível inserir elementos como móveis e objetos complementares, para uma compreensão completa do modelo de habitação. Com as tabelas dos elementos de construção gerados, também é possível obter uma estimativa da quantidade e dos custos dos materiais de construção (VELOSO; CELANI; SCHEEREN, 2018).

É possível que uma máquina aprenda padrões complexos de projeto para a avaliação do projeto. No entanto, o uso de algoritmos para opções de layout e a avaliação de projetos exige uma grande quantidade de dados para treinar modelos: um recurso indisponível para muitos arquitetos. As empresas nem sempre tratam seu trabalho coletivo como dados consultáveis, e os modelos contratuais típicos da indústria de arquitetura, engenharia e construção raramente permitem que a equipe de projeto monitore ou avalie o desempenho do projeto pós-construção (ANDERSON et al., 2018).

Duray (2000 apud KHALILI-ARAGUI; KOLAREVIC, 2016) coloca que o ponto de envolvimento do cliente é limitado ao método de customização empregado, o que determina o nível de customização. Quanto mais cedo o cliente é envolvido, maior pode ser o nível de customização em projeto. Assim, a capacidade de personalização depende altamente do momento em que está o processo de produção quando o cliente entrou no processo. Apoiado pelas tecnologias BIM, as tecnologias ferramentais podem dar novas formas de interação que permitem o cliente participar do processo de projeto (MOURTZIS et al., 2014)

Von Hippel (2002 apud KHALILI-ARAGUI; KOLAREVIC, 2016) coloca que, com uma *interface* de projeto, é possível criar uma inovação orientada ao cliente através da experimentação de tentativa e erro, fornecendo feedback sobre o resultado. A partir de estudos exploratórios, propôs cinco elementos importantes para a ferramenta:

- a) Possibilitar experimentações de tentativa e erro para permitir aos clientes aprenderem suas preferências a partir das iterações enquanto criam seu projeto individual;
- b) Oferecer uma solução de espaço que contemple possibilidades diversas de projeto;
- c) Permitir os clientes a simplesmente trabalharem na sua linguagem individual de desenho;
- d) Conter biblioteca com os módulos mais utilizados;

- e) Garantir que os desenhos individuais criados pelos clientes atendam os requisitos de projeto e produção e sejam exequíveis sem a necessidade de revisão pelos fabricantes.

O valor gerado pelas ferramentas para inovação e projeto tem sido objeto de estudo através de diversos experimentos. No site da Toyota Homes ou da Toll Brothers são permitidas customizações trocando opções de diversos revestimentos de fachada, cores e ornamentos no interior e exterior. Outro exemplo é a empresa FlatPak House, que separa as customizações em três níveis: plantas, exterior e interior. No sistema, a construção é projetada em um módulo baseado na estrutura. Os clientes podem configurar a planta adicionando, tirando ou trocando módulos no layout em um *grid*. Variedades de materiais de revestimento, superfície das paredes, e opções de pisos podem ser exploradas. A configuração é desatrelada do processo de produção. Uma vez que a customização é efetuada e a ordem de compra é recebida, o time de projetistas executa os desenhos executivos. Depois disso a casa é fabricada, transportada por caminhão e entregue no terreno. Em função da complexidade do projeto, essas empresas oferecem uma quantidade limitada de opções pré-definidas. Projetar todas as alternativas antecipadamente é caro e consome tempo, além do desafio da validação do projeto (BOCK; LINNER, 2010). Entretanto, ter a decisão dentre um número limitado de alternativas não promete que o cliente encontre a solução perfeita. Nenhum dos sistemas de customização de casas oferecem personalização dimensional como uma maneira interativa de personalizar a geometria da construção.

A permissão da intervenção do cliente no processo de projeto dificulta ao projetista garantir a validação do projeto. O processo de manualmente avaliar e ajustar as alterações contra restrições fica muito propenso a erros, sendo dispendioso e demorado. Assim, processos automatizados de verificação de projeto podem trazer benefícios significativos para a customização. Softwares BIM oferecem a eficiência em integração entre os participantes de projeto e facilitam a sua comunicação desde um projeto esquemático até a documentação da construção (GARBER, 2014).

#### 2.2.3.1 Modelagem Paramétrica

Salvador et al. (2009) identifica três capacidades fundamentais para uma adaptação bem sucedida de customização: o desenvolvimento de solução de espaço, o que se refere ao projeto dos atributos do produto com as necessidades dos consumidores, processo robusto de projeto, o que se refere a habilidade de reutilização dos recursos organizacionais e navegações

de escolhas, na qual os clientes possam identificar soluções individuais com um mínimo de complexidade e opções de escolhas. Participação ativa do cliente requer o desenvolvimento de soluções espaciais, identificando atributo dos produtos que respeitam as necessidades dos clientes ao mesmo tempo em que estão sujeitas a numerosas regras e normativas no modelo.

Aplicando as diferentes opções de escolhas e alterações possíveis em projeto, começam a existir uma explosão combinatória de possibilidades de projeto. A alternativa tradicional - uma reunião individual com o arquiteto para projetar a unidade habitacional - sofre com o problema de não escalar bem para projetos maiores, pois o tempo necessário para ter uma sessão de design com todos os clientes se torna proibitivo (NIEMEIJER, 2011).

Sacks, Korb e Barak (2017) colocam que, nas pesquisas feitas em projeto de customização na construtora Tidhar, o tempo médio entre a primeira reunião com o cliente e o recebimento do projeto final duram em média 25,5 semanas, apresentando um desvio médio de 17,5 semanas em relação ao que a equipe de projetos e obra tinham previsto.

No atual cenário, devido ao número de regras e regulamentos na construção civil, os construtores acabam hesitando em permitir que os compradores participem do processo de projeto. A complexidade inerente da validação de projeto causa dificuldades técnicas, diminuindo substancialmente o potencial de participação do cliente, pois é preciso certificar que as alterações propostas são viáveis (KHALILI-ARAGUI; KOLAREVIC, 2016).

Embora um computador não possa avaliar a qualidade estética ou a praticidade de um design, muitos dos regulamentos de construção prescrevem critérios que podem ser fáceis e medidos objetivamente, como a altura máxima de um elemento de construção. Em ordem para conseguir isso, o design precisa ser representado de uma maneira que o computador possa entender, o que significa que os elementos e conceitos mencionados nas restrições podem ser facilmente determinadas a partir da representação do projeto (NIEMEIJER, 2011).

Assim, nos projetos de engenharia que contemplam serviços de customização das unidades habitacionais é comum a busca pelo uso de sistemas de design automatizados, processos de otimização baseados em desempenho e interfaces de usuário como sistemas de apoio à decisão (BIANCONI; FILIPPUCCI; BUFFI, 2019). Os autores ainda colocam que design paramétrico combina perfeitamente com o conceito de customização, permitindo a exploração criativa do espaço de projeto a partir da variação de parâmetros e suas relações. De fato, com a representação digital, o algoritmo se torna uma ferramenta para configurar, em vez de uma morfologia estática, um modelo generativo caracterizado pela diversidade e, portanto, pelo comportamento adaptativo.

O sistema de projeto paramétrico (SPP) busca criar um modelo paramétrico cujas variações cumprem regras e regulamentos de projeto. Depois de capturar os anseios do mercado, o SPP pode ser utilizado pelo arquiteto durante a conceituação do projeto para criar soluções que atendam aos requisitos para a configuração do projeto. Nessa abordagem, o arquiteto se compromete a definir um “meta” projeto que suporte variações parametrizadas (KOLAREVIC, 2015). Intenções de projeto consistem em regras e regulamentos que são incorporados como restrições em modelos tridimensionais, que determinam a validação das variações quando ocorrem mudanças.

Como evidenciado pela disseminação dos sistemas CAD, a parametrização permite que a geometria seja facilmente editada e representada na forma de “famílias de produtos”, na qual todos os produtos derivam de um único modelo e são regidos por parâmetros e equações. Na modelagem paramétrica, a geometria é acoplada então mudanças em um dos parâmetros se propagam para o modelo inteiro para acomodar os novos parâmetros estipulados KHALILI-ARAGUI; KOLAREVIC, 2016).

Mc Connell (2007 apud KHALILI-ARAGUI; KOLAREVIC, 2016) coloca que justamente essas relações geométricas expressam os requisitos de projeto e a modelagem paramétrica tem potencial para explorar alternativas de projeto em conformidade com os requerimentos específicos. Assim, é observado um grande potencial para reduzir o montante de esforço dos projetistas em checar as conformidades de projeto.

O que torna a variação paramétrica atraente em termos de customização é justamente a capacidade de fornecer variação de projeto e a projetar com restrições. Isso ajuda a assegurar que customizações apresentem bom desempenho (KOLAREVIC, 2015). Adicionar as restrições ajuda os projetistas a ter certeza de que as características e intenções do empreendimento ainda estão mantidas mesmo com as mudanças em projeto.

A combinação de design paramétrico e BIM oferece muitas vantagens, como postergar o final do processo de decisão sobre a forma final dentre uma variedade de possíveis soluções. No entanto, a integração do fluxo de trabalho entre eles é ainda objeto de discussão e pesquisa, uma vez que nem sempre foi fácil ou óbvio, muitas vezes exigindo trabalho redundante, devido a dificuldades em interoperabilidade (CAETANO; LEITÃO, 2017).

### 2.2.3.2 Caso Prático em Habitações Multifamiliares

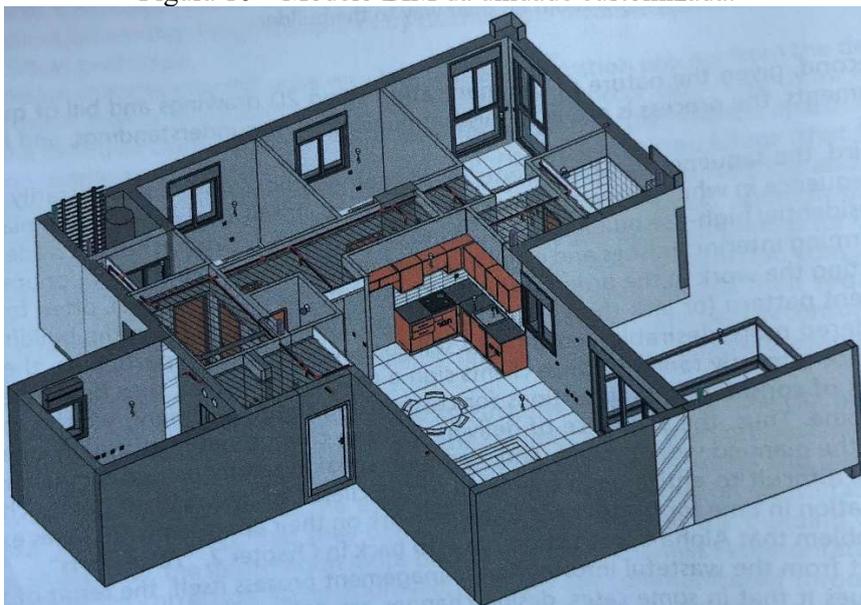
Sacks, Korb e Barak (2017) relatam no livro “*Building Lean, Building BIM*” os desafios enfrentados na construtora Tidhar - que constrói empreendimentos residenciais,

comerciais e industriais em Israel e redondezas - ao introduzir o projeto e construção virtual nos apartamentos customizados. As premissas foram pautadas em:

- a) Reduzir o tempo de ciclo para o fluxo de informação do cliente para o empreiteiro. Os autores comentam que o ciclo de projeto entre a primeira e a última reunião com o cliente era de, aproximadamente 25,5 semanas, extrapolando o tempo pelo cronograma de customização previsto em 17,5 semanas;
- b) Garantir que o modelo permaneça preciso e confiável, apesar das alterações tardias. As mudanças no projeto surgem, na maioria dos casos, muito tarde no processo de construção a partir do desejo dos compradores de personalizar seu imóvel. Isso pode ocorrer muito próximo (ou mesmo depois) ao tempo em que as equipes de trabalho devem executar os serviços nos apartamentos;
- c) Garantir que as equipes de obra não iniciariam nenhum serviço nos locais onde o projeto das customizações não tivesse finalizado.

A solução foi capacitar os projetistas da empresa a modelarem diretamente de um modelo *Revit* do apartamento individual, usando o modelo BIM como o ponto focal para a comunicação do projeto a todos aqueles que precisassem aprova-lo, para o fornecimento de materiais, bem como alimentar informações diretamente do modelo às equipes de execução conforme as necessidades. Isso criou um modelo de fonte única, conforme ilustra a Figura 10, para todos trabalharem juntos no apartamento, onde todos recebem a informação necessitada, mas não antes que esteja maturada.

Figura 10 – Modelo BIM da unidade customizada.



Fonte: Sacks, Korb, Barak (2017).

Como resultado, Sacks, Korb e Barak (2017) descrevem o procedimento de modelagem para alterações dos clientes. Os procedimentos para uso dos modelos BIM para compilar e gerenciar as customizações dos apartamentos detalham todas as etapas que os projetistas, modeladores e projetistas dos clientes devem seguir. Os documentos incluem fluxogramas, modelo BIM, *templates*, planilhas e guias. A descrição a seguir descreve os três estágios do processo e destaca as soluções padronizadas.

**Estágio 1 - Preparando os modelos:** O gerenciador de modelos BIM começa preparando os modelos previamente organizados dos vários tipos de apartamento:

- a) Um modelo de cada tipo de apartamento é extraído do modelo BIM geral do projeto;
- b) As partes que não podem ser mudadas (porta de entrada principal, elementos estruturais, janelas, etc) são extraídas do modelo e salvas em um arquivo separado, chamado de “núcleo estrutural do modelo”;
- c) Os objetos restantes que podem ser alterados são salvos como “modelo tipo de apartamento”;
- d) O “núcleo estrutural do modelo” é vinculado ao modelo apenas como geometria de referência;
- e) Um conjunto de visualizações é preparado no *template* do modelo conforme cada aspecto que pode ser personalizado;
- f) Os modelos são fornecidos aos projetistas dos clientes.

Nesse ponto, o coordenador de projetos deve verificar que os modelos refletem exatamente o memorial concebido pelos desenvolvedores de produto. Os passos para essa verificação são:

- g) Trabalhar com o departamento de compras, gerente de projetos e fornecedores na confirmação dos acessórios sanitários, armários de cozinha, etc serão oferecidos, bem como os requisitos das disciplinas complementares que deverão ser impostos no projeto;
- h) Produzir a listagem de quantitativo para confirmar a validade do modelo atualizado com os fornecedores e gerentes de projeto.

O resultado desse procedimento é um conjunto de *templates* do Revit, um para cada tipologia de apartamento. A extração do núcleo estrutural em um arquivo único, no qual o projetista do cliente não consegue alterar, é uma prevenção contra mudanças indevidas, além de tornar os arquivos mais leves para serem manipulados junto aos clientes. A extração dos apartamentos do modelo principal, entretanto, apresenta a desvantagem de perda de parte da informação, além da necessidade de alimentação manual caso ocorram alterações no núcleo estrutural do modelo, essas serão passadas manualmente.

**Estágio 2 - Reuniões de coordenação com o cliente:** A primeira reunião com cada cliente é familiariza-lo com o modelo do apartamento. O coordenador de projetos da empresa explica o modelo 3D para o cliente, mostrando como eles podem visualizar diferentes aspectos do apartamento e coloca o escopo das alterações de projeto que podem ser feitas. O modelo é especialmente útil para explicar opções que requerem entendimento espacial, como os detalhes de gesso para os diferentes tipos de sistema de climatização.

Na segunda reunião o cliente entrega as suas escolhas para customização. Para mudanças menores, as alterações são feitas na hora pelo coordenador de projetos da empresa, conforme os passos:

- a) Criar um arquivo específico para o cliente salvando com o número do apartamento;
- b) Modelar as alterações diretamente no arquivo;
- c) Produzir os quantitativos necessários extraídos do modelo;
- d) Atualizar qualquer mudança dos quantitativos no sistema de banco de dados;
- e) Produzir uma fatura do sistema de banco de dados e pegar o consentimento do cliente do pacote de alterações.

Tal processo é efetivo, pois garante a confiabilidade do modelo refletindo os requerimentos dos clientes, oportunizando que o cliente acompanhe as alterações no modelo, dentro do contexto completo do apartamento. Para mudanças maiores o cliente contrata um profissional, que encaminha para a construtora os desenhos em 2D. A empresa até ponderou receber as alterações diretamente no modelo, mas achou que o risco de receber a modelagem fora dos padrões seria alto. O coordenador da empresa repassa para o modelo BIM, definindo que receber diretamente na modelagem BIM a empresa poderia perder o padrão de dados.

**Estágio 3 - Preparando para construção:** Com o processo de customização completo, o modelo BIM do apartamento é substituído na modelagem principal do empreendimento, assegurando a informação atualizada para execução da obra.

### 2.2.3.3 Caso prático em Habitações Unifamiliares

A partir do design paramétrico, Khalili-Araghi e Kolarevic (2020) desenvolveram um sistema de personalização baseado em restrições que pudesse ampliar a adaptação da customização em massa no setor imobiliário. O sistema previsto oferece o mais alto nível de personalização, onde a geometria da construção pode ser adaptada, permitindo a participação efetiva do cliente no estágio inicial do projeto. O foco foi a implementação de um sistema que customização baseado em restrições, garantindo que as soluções individualizadas,

desenvolvidas com a participação do cliente, sejam válidas. Isso resultaria em agilidade nos processos, demandando cada vez menos o envolvimento dos projetistas para validar e ajustar soluções individualizadas.

Von Hippel (2002 apud KHALILI-ARAGHI; KOLAREVIC, 2020) coloca que a extração de informações sobre as necessidades do cliente é um processo que se mostra inexacto, dispendioso e demorado, que depende essencialmente da eficiência da comunicação entre clientes e projetistas. Os kits de ferramentas de configuração ajudam os clientes a entender melhor suas referências e aplicá-las às especificações do produto. Dessa maneira, projetistas e fabricantes terceirizam as atividades de projeto para os clientes, permitindo que eles desenvolvam novos produtos para si.

Pesquisadores identificaram fundamentos e características das ferramentas na personalização do produto. Os recursos mais abrangentes para uma adaptação bem sucedida de das ferramentas foram identificados por Von Hippel (2002 apud KHALILI-ARAGHI; KOLAREVIC, 2020): primeiro, apoiando experimentações de tentativa e erro; Segundo, oferecendo um espaço de solução apropriado dentro das restrições de produção; Terceiro, dando suporte específico e facilidade de uso; Apoiando-se em bibliotecas de módulos; E, finalmente, usando a interoperabilidade entre os sistemas de design e fabricação. Assim, quando o usuário encontrar uma solução satisfatória, a especificação do produto teria que ser traduzida automaticamente para os sistemas de fabricação sem revisão adicional.

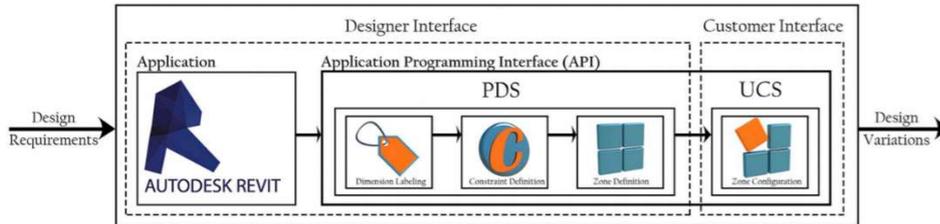
Os clientes, muitas vezes, não estão familiarizados com o processo de configurações, especialmente para aqueles que estão desenvolvendo o primeiro projeto de habitação. Franke e Schreier (2002) especificam três propriedades para as ferramentas:

- a) Fidelidade na reprodução, que lida com a capacidade da ferramenta para fornecer feedback à iteração de projeto dos usuários;
- b) Escopo, que trata da possibilidade de projeto com a ferramenta. Quanto maior o escopo, maior o grau de liberdade e mais possibilidades de projeto serão alcançadas;
- c) Custo de uso. Para usuários não especialistas, as ferramentas devem exigir menos habilidades e esforços para trabalhar. Uma simplicidade mais alta, no entanto, pode limitar a liberdade do cliente em design e individualização.

A implementação da ferramenta baseia-se no uso de uma plataforma de modelagem de informações da construção (BIM) que fornece modelagem paramétrica e facilita a avaliação do projeto, aprimorando a comunicação entre o cliente, projetista e fabricante. Existem várias plataformas BIM no mercado, mas nenhum deles prevê validações automáticas incorporadas.

Isso exige a extensão da funcionalidade principal do software na forma de plug-in, conforme mostra a Figura 11.

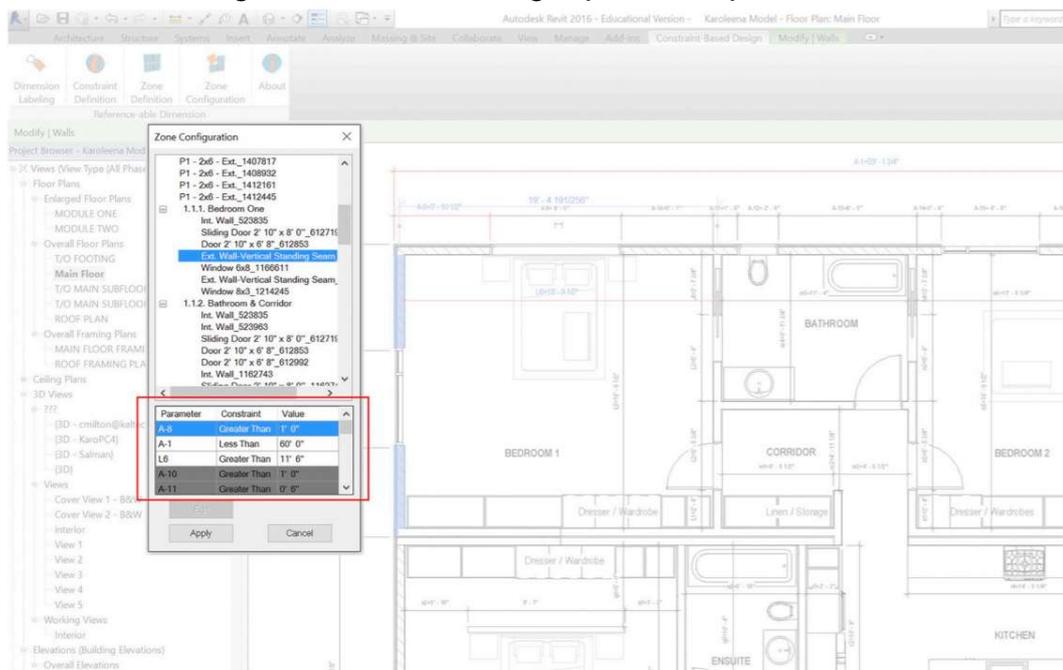
Figura 11 – Componentes das ferramentas implementadas com a API do Revit.



Fonte: Khalili-Araghi e Kolarevic (2020).

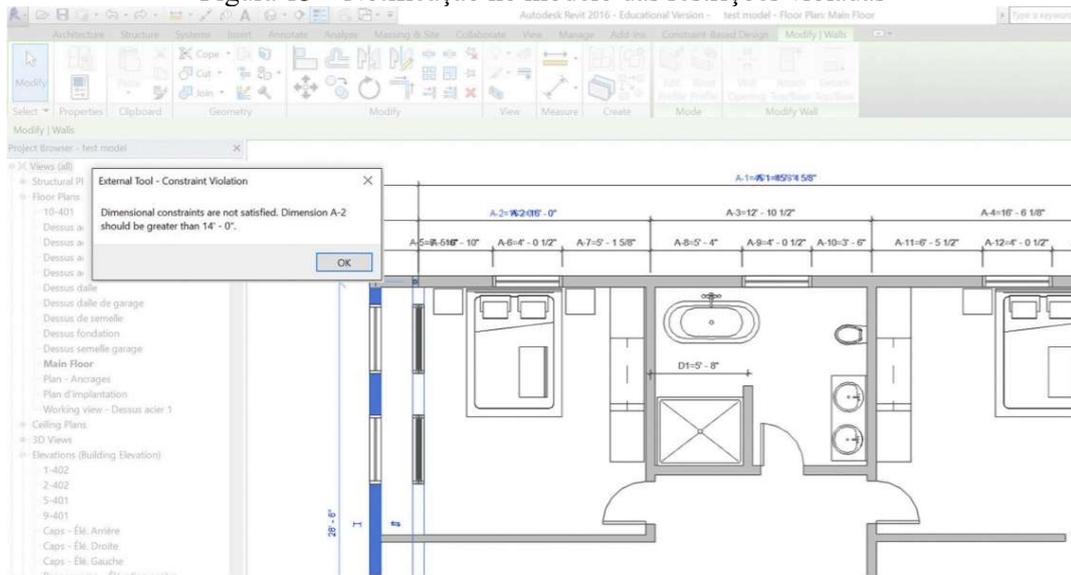
Um projeto real, fornecido por uma empresa de casas pré-fabricadas, foi utilizado como estudo de caso. O modelo foi criado originalmente no *Autodesk Revit*, que prosseguiu com a definição de parâmetros, acomodação de restrições e organização de zonas. Foram então efetuadas as configurações das restrições previstas para o projeto. A Figura 12 mostra o painel de configurações enquanto a Figura 13 demonstra a notificação teste de uma área de ambiente não atendida.

Figura 12 – Painel de configuração de restrições de área



Fonte: Khalili-Araghi e Kolarevic (2020).

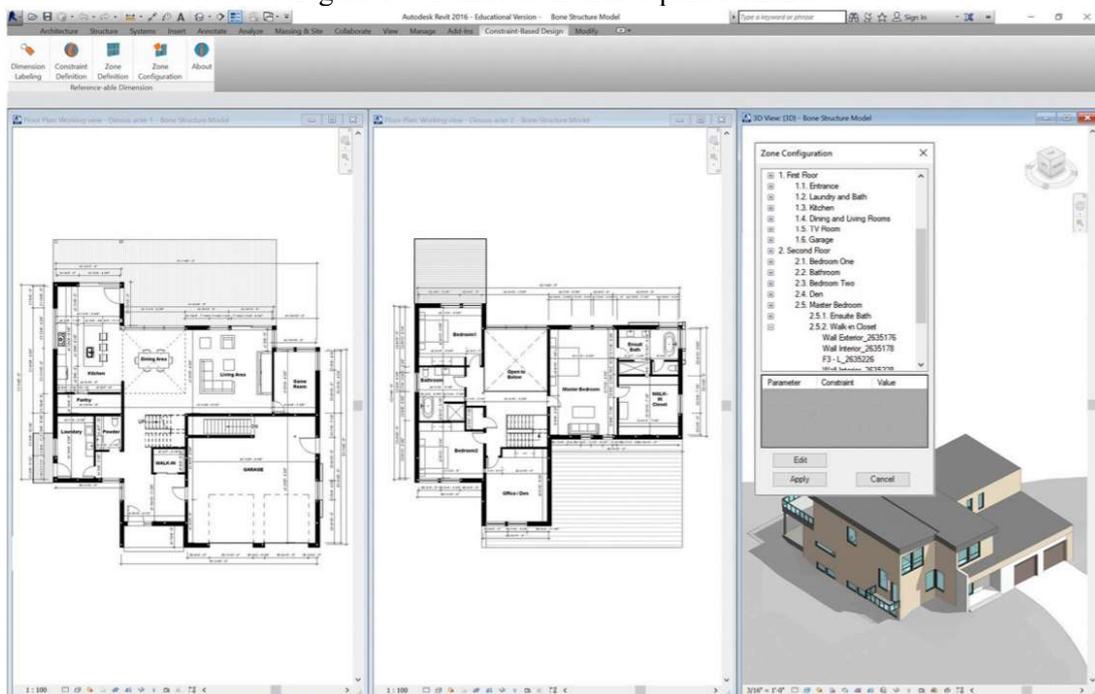
Figura 13 – Notificação no modelo das restrições violadas



Fonte: Khalili-Araghi e Kolarevic (2020).

O painel de interface para o cliente, desenvolvido dentro da própria ferramenta, conta com layout interno e perspectivas 3D, facilitando o entendimento por usuários não técnicos, conforme mostra a Figura 14.

Figura 14 - Painel de interface para o cliente



Fonte: Khalili-Araghi e Kolarevic (2020).

A abordagem sugerida propõe, portanto, uma participação efetiva do cliente dentro espaço de solução flexível, onde a geometria da construção pode ser personalizada individualmente usando parâmetros dimensionais.

Huffman e Kahn (1998 apud KHALILI; KOLAREVIC, 2020) colocam que uma das consequências que podem ocorrer nesse processo, entretanto, pode ser a sobrecarga de informação, criando uma "confusão em massa". Isso descreve a incapacidade do cliente de lidar com a tomada de decisões entre um grande número de possíveis soluções. Se os clientes lidam com grande variedade (fazendo o processo parecer complexo), eles podem não ser capazes de explorar todas as possibilidades e, portanto, podem não encontrar as soluções ideais. Em qualquer cenário (limitado ou grande variedade de opções), os clientes podem ficar insatisfeitos e incertos sobre sua capacidade de continuar participando da atividade de co-projeto e, assim, retornarem às opções padrão oferecidas.

Khalili-Araghi e Kolarevic (2020) colocam ainda que sistema proposto também levanta questões de responsabilidade de projeto, que é quem assume a responsabilidade de uma solução de habitação na atividade de co-projeto, existindo uma lacuna de risco de responsabilidade na transferência de dados direto para o sistema de fabricação. Na atividade de co-projeto, é o cliente que executa as modificações e toma as decisões finais, mas é o projetista e o fabricante que devem estar cientes da propriedade dos dados. A democratização do co-projeto traz consigo o desafio da responsabilidade, considerando que é improvável que o cliente seja disposto a ser responsável pelo trabalho alheio.

#### **2.2.4 Desenvolvimento do Modelo BIM**

O gerenciamento de projeto é caracterizado pelo desenvolvimento das atividades de planejamento e organizações das operações. A coordenação técnica está ligada aos aspectos do processo, planejamento, coordenação e gestão das soluções. O conjunto de ações deve garantir as soluções desenvolvidas pelos projetistas de diferentes especialidades sejam congruentes com as necessidades e objetivos do cliente, compatíveis entre si e com a cultura construtiva das empresas construtoras (RUCHEL et al., 2013).

Falhas de projeto são causadas, dentre outros, por problemas no atendimento dos requisitos dos clientes e pelo atraso na contratação dos projetos complementares, retardando a entrada de informações importantes ao projeto (MANZIONE; MELHADO, 2007).

Nesse contexto, Ruchel et al. (2013) colocam o BIM como tecnologia de modelagem e processos associados para produzir, comunicar e analisar edifícios – fundamentados pelo

modelo de informação compartilhado entre os diversos profissionais, na utilização de elementos digitais de AEC disponibilizados em bibliotecas de classes de objetos, na parametrização de informações do edifício (propriedade e comportamento), na geração automatizada da documentação e no vínculo bidirecional entre documento e modelo. Quando implementado de forma adequada, a tecnologia BIM facilita um processo de projeto e construção mais integrados, que resulta em edifícios de melhor qualidade, menor custo e duração (SACKS et al., 2009).

#### 2.2.4.1 Plano de Execução BIM

A chave do processo para assegurar o bom desenvolvimento do modelo BIM é o seu planejamento, que envolve a participação de todas as disciplinas e cujo resultado é expresso no Plano de Execução BIM (AsBEA, 2015). Vale ressaltar que o Plano de Execução BIM (PEB) tem como objetivo primordial garantir o bom desenvolvimento do projeto, utilizando ferramentas BIM de forma colaborativa, a fim de que todos os envolvidos entendam, desde o início, o processo de modelagem a ser seguido e, em conjunto, cheguem a um consenso em relação à interoperabilidade entre os diferentes softwares que serão utilizados (GOVERO DO PARANÁ, 2018).

O documento ainda coloca que o PEB deve:

- a) Definir os usos BIM pretendidos;
- b) Definir todos os softwares que serão utilizados;
- c) Identificar as extensões de entrada e saída dos softwares que serão utilizadas para cada disciplina, a fim de garantir a interoperabilidade entre estes;
- d) Mostrar graficamente, em forma de diagrama de fluxos, o processo de modelagem, identificando os principais marcos;
- e) Identificar os técnicos envolvidos com respectiva matriz de responsabilidade;
- f) Estabelecer os procedimentos de gestão da informação, colaboração e comunicação;
- g) Estabelecer os procedimentos de controle da qualidade dos modelos a fim de verificar falhas periódicas ao longo do processo;
- h) Estabelecer o cronograma com as datas de reuniões de compatibilização, revisões, entregas finais e parciais, entre outros;
- i) Garantir a sincronização entre o desenvolvimento da arquitetura e demais disciplinas;

- j) Identificar os produtos entregáveis e seus respectivos formatos de entrega de acordo com as etapas de projeto;
- k) Apresentar quaisquer outros requisitos que a contratante julgar pertinente, de acordo com as características do objeto contratado.

O PEB poderá ser revisado, sempre que necessário, em conjunto com a contratante e a contratada, mediante apresentação de justificativa, a qual deverá ser analisada e aprovada pela contratante. Este plano deve definir, com clareza, os papéis de todos os envolvidos no processo, além de garantir que todas as equipes de projeto trabalhem com plataformas compatíveis e que todos os dados disponibilizados estejam em conformidade com as necessidades das equipes (AsBEA, 2015).

O processo de contratação de projetos em BIM deve se espelhar no próprio processo BIM. Ou seja, ele deve requerer dos atores envolvidos (contratantes, projetistas, construtores e gestores) sua participação desde os estágios iniciais do processo (ABDI, 2017). A implementação do PEB deve incluir a definição de um coordenador, chamado de BIM *manager* ou gerente de informação, o qual deve gerir o processo de implementação e manutenção dos processos BIM (BARISON; SANTOS, 2010). O Caderno BIM do Paraná (GOVERNO DO PARANÁ, 2018) elenca algumas funções do Gerente BIM ou BIM *Manager*:

- a) Assegurar o cumprimento do Plano de Execução BIM e revisá-lo sempre que necessário;
- b) Garantir a integração das diferentes disciplinas;
- c) Criar rotinas de validação qualitativa dos modelos e aplicá-las periodicamente;
- d) Gerar rotina de checagem de conflitos de disciplinas e entre disciplinas;
- e) Coordenar as reuniões de revisão e compatibilização e proceder com os encaminhamentos necessários para correção de inconformidades;
- f) Realizar a gestão da comunicação, troca de informação e documentação entre os envolvidos;
- g) Gerir o ambiente de trabalho e garantir que este seja colaborativo.

#### 2.2.4.2 Nível de Desenvolvimento (ND)

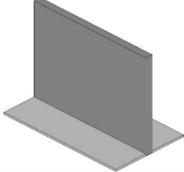
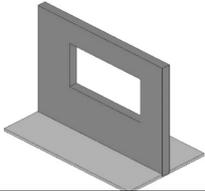
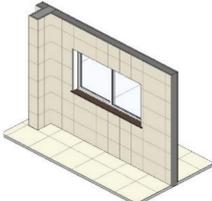
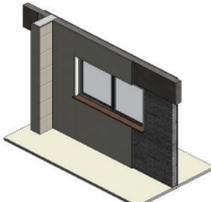
A definição do Nível de Desenvolvimento (ND) foi desenvolvida pelo *American Institute of Architects* (AIA, 2013) e descreve os requisitos mínimos dimensionais, espaciais, quantitativos, qualitativos, e outros dados introduzidos num Elemento do Modelo para apoiar os usos autorizados associados a esse ND, conforme mostra o Quadro 1.

O nível de desenvolvimento é um conceito muito utilizado na definição do escopo de contratação de serviços de modelagem BIM realizados por terceiros. Catelani (2016) coloca que a especificação clara de um LOD tem como objetivos principais:

- a) Servir de referência para que as equipes (incluindo proprietários) possam especificar entregáveis BIM, definindo claramente o que deve ser incluído em cada um deles;
- b) Servir como um padrão que pode ser utilizado como referência em contratos e planejamentos de trabalhos baseados em BIM;
- c) Possibilitar que usuários BIM, posicionados mais a jusante no fluxo de trabalho, possam confiar nas informações incorporadas nos modelos BIM que eles estão recebendo (desenvolvidos por outros autores).

O nível de desenvolvimento influencia a quantidade de informação dos objetos. Quanto maior a quantidade de informação, mais “pesado” fica o objeto virtual. Dessa forma, o conjunto de objetos e outros dados do modelo correm risco de sobrecarregar os sistemas de processamento. Por isso, a quantidade de informação atrelada a eles pode ser modificada nas entregas, podendo algumas vezes ser simplificada e em outras mais detalhada dependendo dos objetivos do modelo (ABDI, 2017).

Quadro 1 – Conceito de Nível de Desenvolvimento

ND	Conceito	Representação arquitetura
100	O Elemento do Modelo pode ser representado graficamente no Modelo com um símbolo ou outra representação genérica, mas não satisfaz os requisitos para LOD 200. Informações relacionados ao Elemento do Modelo (isto é, custo por m <sup>2</sup> quadrado, tonelagem de HVAC, etc.) podem ser derivadas de outros Elementos do Modelo.	
200	O Elemento do Modelo é representado graficamente no Modelo como um sistema genérico, objeto ou montagem com quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização e orientação. As informações não gráficas também podem ser anexadas ao Elemento Modelo.	
300	O Elemento do Modelo é representado graficamente no Modelo como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. As informações não gráficas também podem ser anexadas ao Elemento Modelo.	
400	O Elemento do Modelo é representado graficamente no Modelo como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação com detalhes, fabricação, montagem e informações de instalação. Informações não gráficas também podem ser anexadas ao Elemento do Modelo.	

ND	Conceito	Representação arquitetura
500	O Elemento do Modelo é uma representação verificada em campo em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos Elementos do Modelo.	

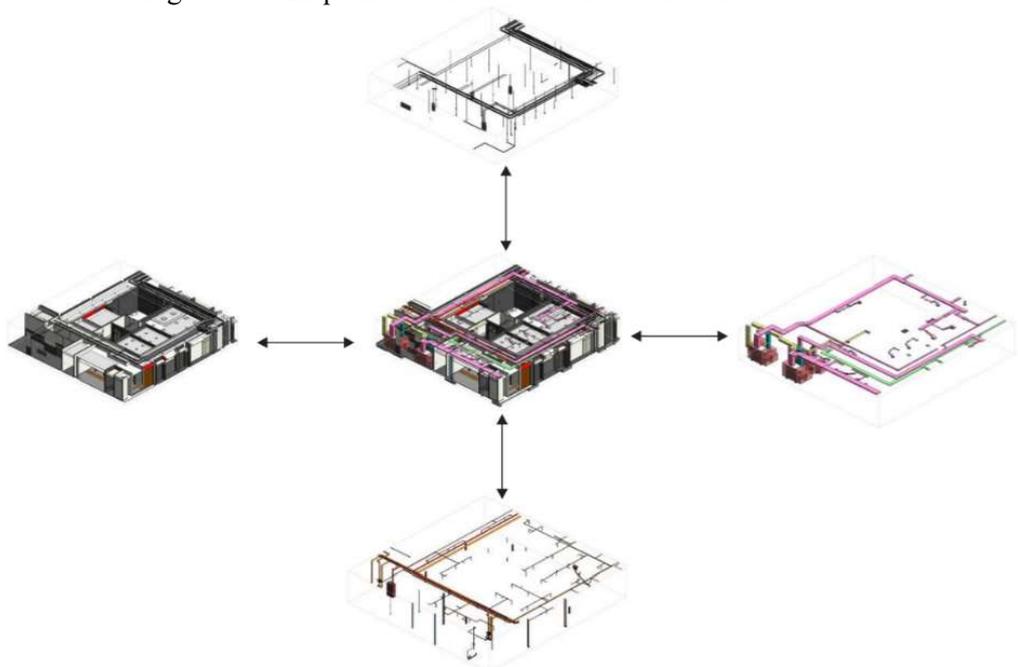
Fonte: Adaptado de BIMForum (2018).

### 2.2.4.3 Modelo Federado

A natureza dos projetos de construção exige que os modelos de construção sejam projetados por várias partes que representam disciplinas nas indústrias de Arquitetura, Engenharia, Construção e Proprietário-Operador (AECO). O modelo federado surge como a abordagem mais prática para lidar com os vários modelos, especialmente durante a fase de projeto, coordenação de construção e demais (SOLIHIN et al., 2016).

Manziona (2013) descrevem o modelo federado como um arquivo composto por modelos distintos que são ligados de forma lógica entre si, sem que percam sua integridade e sua base de dados. Alterações feitas no modelo geral não refletem alterações nos demais componentes do modelo federado. Dessa forma um modelo federado pode ser criado basicamente a qualquer tempo, ligando-se qualquer número ou combinação de modelos gerados pelos diferentes participantes do projeto, conforme mostra a Figura 15.

Figura 15 – Esquema ilustrativo do Modelo Federado



Fonte: AsBEA (2013).

Vale ressaltar que um modelo federado não necessariamente é composto por arquivos de diferentes disciplinas. Pode ocorrer, por exemplo, de o pavimento tipo, o térreo e a cobertura de um projeto arquitetônico serem modelados de maneira desassociada, e a compilação destes três arquivos resultar no modelo federado. Por fim, o modelo federado pode ser desenvolvido de forma síncrona, ou seja, que é atualizado automaticamente a cada alteração em um ou mais arquivos que o compõem, ou de forma assíncrona, ou seja, que deve ser atualizado manualmente (GOVERNO DO PARANÁ, 2018).

A forma de colaboração mais abrangente para o modelo federado é através de banco de dados federativos. Assim, o modelo de informação é encapsulado num sistema de banco de dados que mantém sua integridade num contexto de edição síncrona e assíncrona por múltiplos agentes. O sistema de banco de dados pode ser centralizado e único ou distribuído e composto por múltiplos banco de dados (RUCHEL et al., 2013). Dessa forma, a troca de arquivos passa de repositório de documentos para servidores de modelo. O novo ambiente em nuvem deve atender a alguns requisitos básicos, como controle de acesso e usuários, conseguir ler-escrever-armazenar múltiplos formatos de modelos, controlar as transações e versionamentos do modelo, controlar a documentação de projeto, dar suporte à comunicação assíncrona não estruturada entre usuários (EASTMAN et al., 2014).

Assim, vale diferenciar os diferentes modelos BIM (ABDI, 2017):

- a) Modelo federado: constituído pela integração dos diferentes modelos de cada disciplina, sob responsabilidade da coordenação do projeto
- b) Modelo BIM compartilhado ou para coordenação: é o modelo de uma disciplina destinado ao uso na coordenação entre as disciplinas e que será inserido no modelo federado;
- c) Modelo BIM de autoria: aquele onde o projetista de cada disciplina desenvolve seu projeto e dele extrai a documentação gráfica. Não se constitui como um produto (ou um entregável) de nenhuma etapa, salvo se isto estiver expressamente definido em contrato.

#### 2.2.4.4 Planejamento da Colaboração

Um procedimento de colaboração BIM é parte indispensável da organização do processo de projeto. Ele visa a definir as condições de acesso aos arquivos, direitos e deveres dos usuários e, se for o caso, as regras para sincronização de arquivos. Deve incluir também as definições específicas do projeto, tais como coordenadas, ponto de origem dos arquivos,

worksets e/ou eventual subdivisão do projeto em diversos arquivos para facilitar o manuseio e processo de trabalho (ABDI, 2017).

Existem recursos próprios para compartilhamento de trabalho, como o uso da ferramenta “*worksets*” do Revit, que permite a diversos usuários trabalharem em um modelo sem conflitos de um sobre o outro. A definição diz respeito a um conjunto de elementos do modelo com mesmas características funcionais e que serão atribuídos temporariamente a um responsável. Caso um projetista pretenda fazer uma alteração em algum deles, pode solicitar um “empréstimo” ou a alteração ao “proprietário”, mas não consegue efetuar a mudança sem permissão (ABDI, 2017).

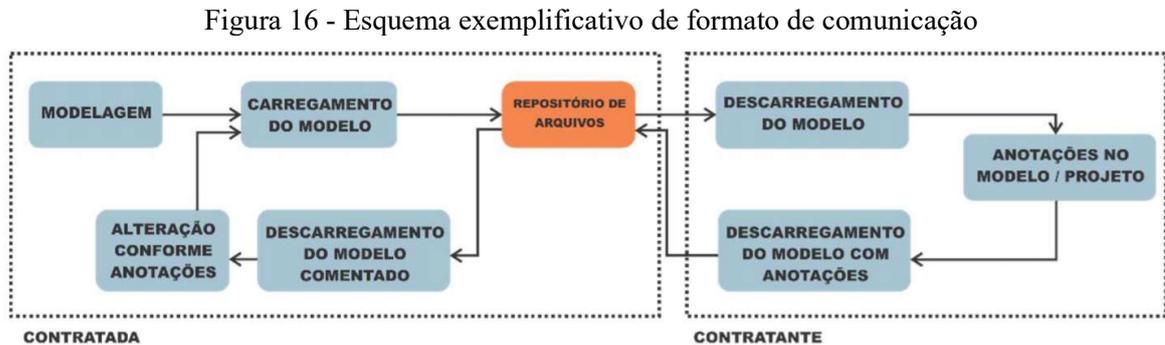
A fim de facilitar a comunicação entre os agentes, poderá ser adotado o procedimento de elaboração de relatórios em formato BCF (*BIM Collaboration Format*). O BCF é um formato de arquivo estruturado adequado para emitir o rastreamento com um modelo de informações de construção. O BCF foi projetado principalmente para definir vistas de um modelo de construção e informações associadas sobre colisões e erros conectados a objetos específicos na vista. O formato de arquivo BCF permite que usuários de diferentes softwares BIM e / ou diferentes disciplinas colaborem nos problemas do projeto (SACKS; KORB; BARAK, 2017).

Se o BCF estiver disponível durante os trabalhos de coordenação de projetos, ao ser identificada uma interferência, através do uso do recurso chamado clash detection (que pode ser realizado automaticamente por diversos softwares BIM), ele pode gravar um arquivo que registra o ângulo de visualização da parte do modelo em que a interferência foi identificada (a vista do modelo, exibida na tela do computador), possibilitando ao usuário acrescentar suas notas, seus comentários e suas recomendações aos demais participantes da equipe de desenvolvimento do projeto (CATELANI, 2016).

Depois de gravado e enviado (o arquivo BCF) para os participantes envolvidos na solução da interferência localizada, eles poderão, então, reproduzir a mesma vista da tela do computador na qual a interferência foi identificada, nos seus próprios softwares nativos, visualizando também as anotações e recomendações feitas pelo coordenador do projeto. O formato BCF não transmite o modelo inteiro, mas apenas as coordenadas do problema localizado, o ângulo de visão do modelo e os comentários e recomendações adicionados pelo primeiro usuário (CATELANI, 2016).

Este tipo de relatório de inconformidades, sendo que a maior parte são plugins para serem instalados nos aplicativos de projeto, é claro e garante celeridade na correção dos problemas identificados ao longo da modelagem. No entanto, caso sejam apresentadas melhores alternativas por parte da contratada, ficará a critério da contratante definir qual método será

utilizado, sendo este identificado e descrito no Plano de Execução BIM (GOVERNO DO PARANÁ, 2018). Porém, para que a comunicação ocorra em tempo real, esses sistemas, os quais serão acessados por toda a equipe, devem operar em nuvem. A Figura 16 ilustra o modelo simplificado de comunicação.



Fonte: CPTM (2017).

#### 2.2.4.5 Padronização e Interoperabilidade

Com o aumento da complexidade que acompanha a arquitetura contemporânea, seja com a complexidade da forma, a necessidade de melhor desempenho ou o gerenciamento de instalações, há uma maior necessidade de ferramentas para ajudar o processo. À medida que o número de ferramentas digitais que usamos aumenta, há uma maior necessidade de interoperabilidade entre diferentes aplicativos. Os modelos de informações de construção são uma maneira de permitir a comunicação entre diferentes disciplinas, com um modelo semanticamente rico a partir da troca de dados (FERNANDO; DROGEMULLER; BUR, 2012).

A interoperabilidade pode ser definida como a capacidade de que ferramentas BIM concebidas por diferentes fabricantes têm de combinar dados do modelo de informação da construção e operar a partir dos mesmos, visto que as ferramentas não possuem a capacidade de sustentar sozinhas todas as funções que compreendem o ciclo de vida da edificação (EASTMAN et al., 2014). A National Institute of Building Sciences (NIBS, 2018) define a interoperabilidade de software como:

Uma troca contínua de dados no nível de software entre diversas aplicações, cada uma das quais pode ter sua própria estrutura de dados interna. A interoperabilidade é alcançada através do mapeamento de partes da estrutura de dados interna de cada aplicativo participante para um modelo universal e vice-versa.

A *Building Smart* desenvolveu um padrão aberto para intercâmbio de dados entre software da indústria da construção a partir do padrão aberto denominado *Industry Foundation*

*Classes* (IFC). O IFC fornece um padrão para compartilhamento de informações de construção consistentes e precisas entre softwares (BUILDING SMART, 2019).

IFC é um formato de arquivo orientado a objetos 3D, aberto, público, neutro e padronizado, que possui uma aspiração bastante ampla e ambiciosa (embora ainda não a tenha alcançado) de cobrir cada aspecto do projeto, contratação, fabricação, construção, montagem, operação e manutenção na indústria da construção civil. O formato de arquivo IFC é certificado pela ISO (16739:2013) e é utilizado para viabilizar a interoperabilidade e o trabalho colaborativo na plataforma BIM (CATELANI, 2016).

Uma vantagem da interoperabilidade - em vez de tentar criar ferramentas em uma única plataforma, é que a qualidade das ferramentas pode evoluir em suas próprias disciplinas. A modelagem paramétrica, em muitas áreas, focou-se na geometria - e como resultado dos objetos serem 'imateriais', é necessário refinamento antes que possa ser usado por outras disciplinas (FERNANDO; DROGEMULLER; BUR, 2012).

Por outro lado, esses metadados podem ser um fator importante em muitos casos práticos. No projeto, raramente é possível que algum parâmetro de um modelo seja otimizado sem que algum fator oposto seja considerado simultaneamente. Por exemplo, ao aumentar a área de envidraçamento ou a transmitância térmica de um elemento desse tipo há um custo envolvido na atualização do envidraçamento, bem como uma escolha entre perda de calor e qualidade visual (FERNANDO; DROGEMULLER; BUR, 2012).

Assim, para ser verdadeiramente multidisciplinar, é necessário um modelo de informações de construção, pois muitas das disciplinas exigem metadados e semânticas para avaliar o modelo (FERNANDO; DROGEMULLER; BUR, 2012). Isso ocorre porque muitas disciplinas exigem dados além da geometria do modelo - como dados de material e custo. Algumas abordagens, como a análise de custo do ciclo de vida, exigem localizações, para que a quantidade de energia incorporada pelos materiais e seu transporte possa ser calculada.

A troca de dados ou de modelos entre diferentes plataformas de softwares continua sendo um dos maiores desafios da indústria no caminho do alcance da mais completa e integrada colaboração entre equipes de projetos. Existem inúmeros esforços para o estabelecimento de padrões, protocolos e boas práticas em toda a indústria da construção civil. Infelizmente, apesar de todos os esforços já realizados e dos inequívocos progressos já alcançados, ainda estamos longe do ponto ideal em que “informações só precisariam ser inseridas uma única vez em sistemas eletrônicos para que instantaneamente ficassem disponíveis para todos os interessados, através de redes de tecnologia da informação”; Ou do

“cenário ideal e hipotético em que o intercâmbio eletrônico de dados, o gerenciamento e o acesso são fluídos e contínuos” (CATELANI, 2016).

O processo de desenvolvimento de projetos em BIM implica a interação colaborativa entre as diversas equipes de projeto. No entanto, essa colaboração entre profissionais não transfere as responsabilidades específicas nem as dilui. Por exemplo, a colaboração entre calculistas de estrutura e projetistas de instalações para a definição de soluções ideais não faz com que a responsabilidade sobre a estabilidade da estrutura esteja compartilhada entre todos. Nesse contexto, a origem das informações é fundamental. Por exemplo, dados que serão utilizados para simulações de desempenho, sejam eles a massa, o coeficiente de reflexão ou transmitância térmica, ou qualquer outro, devem ser de responsabilidade do fabricante. Eventuais prejuízos decorrentes de erros nestes dados devem ser assumidos por ele e não pelo projetista, que os utilizou de boa-fé (ABDI, 2017).

Outro ponto importante é que existem sempre ao menos duas versões no mesmo modelo BIM de cada disciplina: o modelo compartilhado ou de coordenação, utilizado para compor o arquivo federado, e os modelos “autorais”, de onde são extraídas as folhas e toda a documentação do projeto, tais como quantitativos e especificações. O modelo autoral incorpora recursos que muitas vezes são exclusivos do seu autor. Além disso, é a partir dele que é gerada a documentação vinculada à responsabilidade técnica. Caso o autor ceda o modelo para alterações de terceiros, esses terceiros poderão alterar o projeto da disciplina e emitir documentação que continuará aparentemente tendo como origem o autor original do projeto, o que seria uma irregularidade grave. Por este motivo o arquivo do modelo BIM utilizado para documentação não deve ser entregue pelos projetistas, mas apenas uma versão do mesmo arquivo, sem as informações periféricas, nem gabaritos de planilhas, padrões de carimbos, nomenclaturas de folhas e demais elementos que caracterizam a autoria. É responsabilidade de cada autor a perfeita sincronicidade e coerência entre estes modelos (ABDI, 2017).

### **2.2.5 Considerações sobre o capítulo**

Neste capítulo de revisão bibliográfica foi possível perceber como a indústria tem voltados seus esforços em buscar agregar valor ao cliente. Essa equação, entretanto, mostrou-se complexa, pois é necessário haver um equilíbrio entre qualidade, custo e tempo de entrega para decidir até onde ir na busca por personalizar os produtos e serviços para o cliente.

Além da própria decisão sobre o quanto customizar nos produtos e serviços, todo o processo de customização permite iterações com o cliente, permitindo que a empresa utilize

esse artifício para ter acesso aos dados e necessidades dos clientes para melhoria do seu produto ou serviço, bem como pode utilizar esse recurso como forma de fidelização do cliente.

As empresas de construção civil, a partir da sua orientação estratégica de mercado, podem ser classificadas em três diferentes categorias: (I) produção, (II) semi-customizadas e (III) customizadas. As empresas categorizadas em produção estão direcionadas as vantagens de escala de produção, produzindo unidades padronizadas em menor tempo e custo. As semi-customizadas analisam a viabilidade de customização dos atributos da unidade e disponibilizam um conjunto de opções viáveis de serem customizadas pelo cliente de acordo com suas necessidades. As customizadas oferecem liberdade total de customização ao cliente, criando projetos originais e únicos. Sob a análise nessa ótica, a empresa analisada na pesquisa é classificada como customizada, pois possibilita o cliente personalizar o seu imóvel de forma única, pois mesmo quando faz o uso de kits personalizados prontos para alguns itens, ainda assim aceita a customização desse item caso não seja do agrado do cliente nenhum dos padrões pré-estabelecidos.

A partir da revisão de literatura foi possível identificar também que a customização pode ser classificada em: permitida (planta é oferecida inicialmente, mas a construtora aceita as modificações propostas pelo cliente) e a planejada (tudo o que é oferecido pela empresa que represente oportunidade de escolha ao cliente, desde opções de layouts até acabamentos). Considerando que a empresa objeto da pesquisa realiza customização com as duas classificações, pois permite diversas alterações no layout ao mesmo tempo em que também caminha para o desenvolvimento de kits de acabamentos em 3 padrões – conforme explicado no capítulo 4 – tanto a customização permitida quando a planejada será contemplada na pesquisa.

Outro ponto observado é o quanto a flexibilidade do sistema de produção é um fator-chave que viabiliza a customização, sendo necessário considerar simultaneamente: a flexibilidade de escopo e a flexibilidade de resposta. A primeira diz respeito a capacidade de o sistema admitir distintas configurações para a fabricação de produtos variados, enquanto a flexibilidade de resposta é a facilidade, em termos de tempo e custo, pela qual esses processos admitem variadas configurações.

O sucesso de utilizar projetos mais flexíveis como estratégia dependerá da eficiência e competência da empresa, envolvendo ênfase na concepção de projetos mais versáteis, além de um melhor planejamento e controle que absorva as incertezas próprias da nova sistemática.

Dessa forma, a implantação do BIM no processo de customização entra como alternativa para criação de um ambiente de colaboração interdisciplinar, com maiores níveis de

integração e melhoria do processo alcançando, por exemplo, uma ampla variedade de soluções ao sistematizar os requisitos dos usuários e auxiliar a tomada de decisão diante dos problemas de projeto. Sua implantação, entretanto, não envolve somente o uso de tecnologias e softwares, mas sim um novo jeito de pensar, uma mudança cultural na empresa.

Dessa forma, a capacidade de automatizar os processos de projeto e a possibilidade de lidar com uma quantidade heterogênea e significativa de informações para otimizar esses processos destacam o potencial de uma integração consciente da Tecnologia da Informação na Indústria da Construção, especialmente no contexto emergente da indústria 4.0.

A partir dos conceitos apresentados na revisão bibliográfica, a seção resultados contempla a particularização do conteúdo para a empresa pesquisada. A seção engloba a apresentação do nível de maturidade BIM da empresa, que conforma uma visão sistêmica, integrando os campos processo, tecnologia e políticas. Compreende também uma análise sobre o LOD mínimo a ser empregado na pesquisa, de acordo com os requisitos e informações necessárias para o modelo.

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

O presente capítulo descreve o método de pesquisa empregado nesse trabalho. Inicialmente, é apresentada a estratégia de pesquisa, justificando sua escolha para o desenvolvimento, e posteriormente, o delineamento da pesquisa, descrevendo o detalhamento das etapas propostas para o seu desenvolvimento, dividida nas etapas exploratória, desenvolvimento e consolidação.

#### 3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

A pesquisa é o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos e assim contribuir com o conhecimento científico. A pesquisa é requerida quando não se dispõe de informação suficiente para responder ao problema, ou então quando a informação disponível se encontra em tal estado de desordem que não possa ser adequadamente relacionada ao problema (GIL, 2008).

Para escolha do método de pesquisa adequado para cada estudo, o pesquisador deve considerar alguns aspectos, tais como: (I) Se o método assegura que o problema de pesquisa será respondido/endereçado; (II) Se o método é legitimado pela comunidade científica; (III) Se o método evidencia, de maneira clara, os procedimentos que devem ser adotados para a condução da pesquisa (LACERDA et al., 2013).

Métodos tradicionais de pesquisa, em geral, tendem a focar mais em descrever o fenômeno de uma realidade existente do que prescrever uma solução que possa mudar a realidade (VAN AKEN, 2005; AZHAR; AHMAD; SEIN, 2010). Hambrick (2007) complementa que o excessivo foco em teorias descritivas tem dificultado o desenvolvimento de trabalhos que abram novas perspectivas em termos de pesquisas futuras.

Desenvolvimentos em BIM giram em torno de inovações tecnológicas, gestão da informação e mudanças culturais que emanam desse novo fluxo de trabalho. Pesquisas nessa área podem implicar desenvolvimentos tecnológicos ou incrementos em softwares e uma metodologia é necessária para avaliar a usabilidade desse desenvolvimento e como esse pode modificar o ambiente a que está introduzido (KIHELY; UNDERWOOD, 2015).

Portanto, sendo o BIM um modo diferente de pensar, com mudanças culturais que envolvem a transformação dos entregáveis de projeto, requiere, portanto, um método que facilite a avaliação desse novo processo (TAYLOR; BAILEY, 2011).

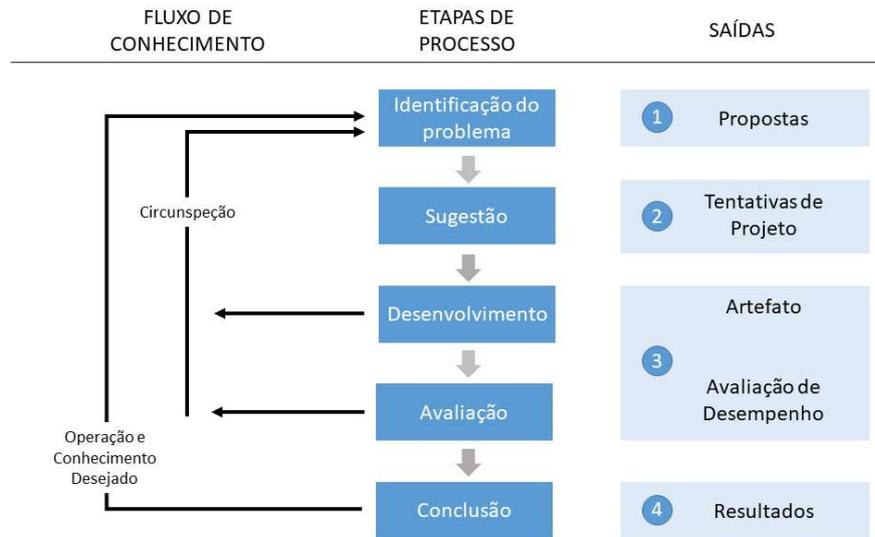
O *Design Science Research* (DSR) entra nesse cenário como método de pesquisa que visa ter como produto construções inovadoras, pretendendo resolver problemas enfrentados no mundo real e, por esse meio, fazer uma contribuição para a teoria da disciplina na qual foi aplicado (LUKKA, 2003). No mesmo sentido, Van Aken (2005) pontua que a essência do *Design Science Research* é desenvolver conhecimento que possa ser utilizado por profissionais a campo para projetar soluções para os seus problemas. Assim, Vaishnavi e Kuechler Júnior (2007) colocam que o método está ganhando representatividade como forma abordagem apropriada de pesquisa com potencial para aumentar relevância da pesquisa acadêmica para uso prático.

A metodologia DSR consiste basicamente de duas atividades: construir e avaliar (MARCH; SMITH, 1995). Construir é o processo de desenvolver um artefato para um propósito específico e avaliar é o processo de determinar a performance do artefato. Os artefatos, entretanto, não as únicas saídas em DSR, mas também o efeito que os artefatos têm no ambiente em que foram introduzidos (JOHANNESSON; PERJONS, 2012).

Dessa forma, o DSR está pautado na descrição do desenvolvimento cíclico e avaliação do processo, o qual pode primeiramente esboçar um problema no ambiente da construção. A partir daí, propõem-se um novo processo ou tecnologia para resolver essa questão e, subsequentemente, avaliar se essa nova solução é viável para os usuários e seu ambiente (JOHANNESSON; PERJONS, 2012; HEVNER et al., 2004). Embora autores usem diferentes terminologias, os pesquisadores articulam frameworks similares para o desenvolvimento da metodologia. Kihely e Underwood (2015) demarcam quatro fases comuns:

- 1) Diagnosticando o problema;
- 2) Proposição de solução;
- 3) Implementação da solução e avaliação do processo em ação;
- 4) Especificação do aprendizado; conforme ilustra a Figura 17.

Figura 17 – Metodologia genérica para aplicação do Design Science Research



Fonte: Adaptado de Kihely e Underwood (2015).

### 3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

O *Design Science Research* foi escolhido como método de pesquisa, a fim de solucionar um problema prático através da proposição de um artefato, avaliando a sua aplicação na indústria da construção civil.

A partir das fases do método de pesquisa propostas por Kihely e Underwood (2015), o Quadro 2 mostra o delineamento da pesquisa.

Quadro 2 – Delineamento das etapas de pesquisa.

ETAPA		DETALHAMENTO	FONTE DE EVIDÊNCIA	FERRAMENTA
EXPLORATÓRIA	1) Diagnosticar um Problema: Como o BIM pode agregar valor nas customizações?	Estabelecer um panorama sobre customização em produtos arquitetônicos e a aplicação do BIM na gestão de projetos	Revisão de literatura	Revisão Sistemática Integrativa
		Selecionar um empresa incorporadora/construtora	Levantamento de campo	Entrevistas semiestruturadas
		Analisar o funcionamento da gestão do projeto de customizações em uma incorporadora/construtora	Levantamento de campo	Entrevistas semiestruturadas Análise documental
		Verificar os entraves no processo de gestão do projeto de customização	Mapeamento de Processo e Entraves	Análise de Conteúdo Fluxograma
DESENVOLVIMENTO	2) Propor e desenvolver um conceito de solução	Desenvolver o Modelo BIM a partir do mapeamento do processo e entraves	Modelo BIM	Softwares de modelagem BIM
	3) Implementar a solução e avaliar o processo em ação	Simular a aplicação do BIM para gestão de projeto de customização de uma unidade habitacional da incorporadora/construtora analisada	Proposta inicial de diretrizes	Fluxograma Modelo BIM
		Mapear o processo BIM a partir do desenvolvimento da simulação do modelo	Mapeamento de processo	Fluxograma Modelo BIM
CONSOLIDAÇÃO	4) Identificar e avaliar as contribuições para o conhecimento	Avaliar as diretrizes propostas para aplicação do BIM no processo de gestão da customização com especialistas no segmento.	Avaliação dos especialistas	Thinking Aloud (TA)

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

### 3.3 ETAPA EXPLORATÓRIA

#### 3.3.1 Diagnosticando um problema

A primeira fase da pesquisa consiste em diagnosticar um problema de relevância prática. Azhar, Ahmad e Sein (2010) colocam que a questão de pesquisa pode envolver interpretação própria através de reflexão e revisão da literatura. Assim, buscou-se conhecer as diferentes contribuições científicas sobre a problemática, revisar a literatura existente e encontrar a lacuna em que se insere este trabalho. Ainda se buscou, e a partir da seleção de uma incorporadora/construtora, compreender como funciona o processo de customização, por meio de entrevistas com os agentes envolvidos e desenvolvimento do modelo BIM.

### 3.3.1.1 Revisão sistemática de literatura

O método escolhido para a realização da revisão bibliográfica do trabalho é a Revisão Sistemática Integrativa, esta, possibilita responder a uma pergunta com um método formal e ordenado, que se transforma em ferramenta e viabiliza a investigação, reconhecimento, apuração e determinação do objeto em estudo (BOTELHO; CUNHA; MACEDO, 2011).

A utilização desta metodologia proporciona transparência e a reprodução futura da pesquisa, o método ampara-se em procedimentos que balizam as decisões do executor visando à resolução da questão problema. A Revisão Integrativa pode ser usada para análises de metodologias, revisão de teorias e provas (BOTELHO; CUNHA; MACEDO, 2011). Para o desenvolvimento deste trabalho foi escolhida a modalidade de revisão que alia a busca do conhecimento com foco na questão a ser resolvida (Revisão Sistemática) e a combinação de estudos experimentais e não experimentais e/ou trabalhos experimentais e teóricos (Revisão Integrativa).

Souza, Silva e Carvalho (2010) colocam que a revisão integrativa é considerada mais abrangente dentre as modalidades de revisão, ela proporciona a utilização de estudos experimentais e não experimentais, com o foco na resolução do problema, permite também o uso de fontes teóricas e empíricas, impulsiona o pesquisador a revisar teorias, metodologias e evidências relacionadas ao objeto específico em estudo.

Seguindo as etapas do desenvolvimento do método, a revisão integrativa abrangeu a seleção de publicações científicas (artigos nacionais e internacionais publicados em periódicos e anais de eventos científicos), produções acadêmicas (monografias, dissertações e teses) relacionadas a temática de estudo e levantamento de materiais desenvolvidos por entidades ou agência de fomento do BIM no Brasil, focando em pesquisas desenvolvidas no contexto profissional e âmbito acadêmico.

A escolha do intervalo de pesquisa deu-se a partir do entendimento de que a temática é recente. Dessa forma, o intervalo de tempo definido foi dos anos de 2009 a 2019 para identificação do atual conhecimento científico acerca do tema em bases de periódicos e anais de eventos.

O primeiro passo foi buscar no portal de periódicos da CAPES a escolha da base de dados, garantindo um alinhamento com a proposta da pesquisa. Com isso, ao entrar na área do conhecimento “Ciências Sociais Aplicadas” e pesquisar “Arquitetura”, as bases mais compatíveis com o propósito do trabalho foram a Science Direct (Elsevier), American Society of Civil Engineers (ASCE), Taylor & Francys Online e Portal de Periódicos da Capes.

A partir das bases definidas, foram testadas as palavras-chave para verificar alinhamento com a pesquisa. A partir da leitura dos primeiros resultados foi possível incluir novas palavras. Assim, as palavras-chave escolhidas para serem utilizadas nas bases, juntamente com os operadores booleanos, foram “BIM”; “*Building Information Modeling*”; “*Customi?ation*” OR “*Personali?ation*”; *Aarchitectural design*”.

Observa-se que, como a grafia das palavras customization e personalization possuem as duas grafias, com a letra Z e com a letra S, foram inseridos com dois termos com o sinal de interrogação para que a ferramenta de busca encontre as variações da grafia da palavra.

A produções de dissertações e teses foram buscadas no Banco de Teses e Dissertações da Capes (<http://catalogodeteses.capes.gov.br>). Para isso, utilizou-se o filtro da grande área do conhecimento “ciências sociais aplicadas” e área do conhecimento “arquitetura e urbanismo”.

Foi efetuado também o levantamento de artigos em anais dos seguintes eventos: CIB World Congress, Internacional Group for Lean Construction (IGLC Congress), Sociedade Ibero-americana de Gráfica Digital (SIGraDi); Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC). A seleção dos anais de eventos consiste nas temáticas abordadas envolvendo os conteúdos referentes à tecnologia e ao projeto de arquitetura.

Como a disseminação do assunto ainda é relativamente nova no Brasil, foram selecionados para leitura os guias e cartilhas BIM desenvolvidos pelas entidades: Associação dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA), Agência Brasileira para o Desenvolvimento Industrial (ABDI), Câmara Brasileira a Indústria da Construção (CBIC) e os Guias BIM do Estado de Santa Catarina e Estado do Paraná.

Após isso, foram eliminados os documentos duplicados e realizada a seleção dos materiais foi feita a partir da leitura do título, resumo e palavras-chave das publicações, visando obter uma triagem de adequação ao tema proposto para a pesquisa. A partir disto, foi efetuada a leitura na íntegra dos artigos selecionados.

### 3.3.1.2 Seleção da Empresa Incorporadora/Construtora

A pesquisadora selecionou a empresa para realizar o estudo exploratório a partir do levantamento efetuado para a produção anterior de artigo científico. A partir da abordagem de análise de conteúdo, foram desenvolvidas entrevistas semiestruturadas com 15 profissionais que estão implementando BIM dentro das construtoras e incorporadoras bem como em escritórios de arquitetura em Santa Catarina. Dessa forma, através das respostas dos

profissionais, foi possível identificar a extensão do uso do bem como a abertura da empresa para realização da pesquisa (ZEGLIN et al., 2017).

O primeiro critério de seleção da empresa era ser uma incorporadora/construtora. Dentre as 15 entrevistadas, 5 dentre elas estavam enquadradas nesse perfil. A essas empresas foram apresentadas a possibilidade de participação da pesquisa e, a partir da apresentação do projeto de pesquisa, houve uma maior pré-disposição da empresa escolhida em participar, visto que uma boa parcela dos seus projetos contempla a customização das unidades habitacionais e existe um setor interno responsável pela implantação do BIM.

A empresa selecionada está implementando o BIM de maneira incremental dentro do processo de projeto, porém ainda desenvolve o projeto de customização das unidades dentro do sistema tradicional CAD. Além disso, outro ponto importante foi devido ao fato de a empresa permitir acesso total aos dados, projetos e obra, facilitando a obtenção de informações no decorrer do estudo.

Chamada ao longo dessa pesquisa de “empresa D”, a organização selecionada é uma incorporadora e construtora de médio porte que produz, principalmente, empreendimentos de apartamentos, atuando na cidade de Florianópolis e São José há cerca de 30 anos. Com o crescimento do segmento, houve a necessidade de qualificação da empresa, o que ocasionou no ano de 2018 a busca pela digitação da construção. No período de realização desta pesquisa (2018 e 2019) a empresa possuía mais de 10 empreendimentos construídos, somando 200.000 m<sup>2</sup> de área construída.

Com atuação expressiva, é considerada uma das principais incorporadoras da cidade de Florianópolis. Constrói, na maioria dos casos, apartamentos residenciais e possibilita a personalização de seus imóveis. As informações coletadas referem-se às alterações efetivadas realizadas pela construtora nas unidades residenciais adquiridas pelos clientes, não sendo computadas as alterações executadas pelos proprietários após a entrega do imóvel.

Aberta a implantação de tecnologias para melhorar os processos produtivos e experiência do cliente, foi a partir do lançamento do empreendimento “A”, em outubro de 2017, na participação de um evento na Associação Catarinense de Tecnologia (ACATE), onde mostrou seu novo posicionamento: uma empresa de tecnologia que constrói. Como pilares dessa nova missão apresentou os seguintes pontos - chave: melhorar o entorno, ser simples e ágil, incentivar conteúdos locais, pensar no cliente, pelo cliente como o cliente.

A pesquisadora identificou, a partir desse manifesto, a relevância para a organização em entregar um serviço diferenciado para o cliente, sendo a customização das unidades privativas um diferencial competitivo da empresa (considerando que hoje metade dos seus

clientes faz algum tipo de customização nas unidades privativas) e ao mesmo tempo ser simples e ágil para não perder produtividade e produção em escala na obra.

Dentro do fluxo de vendas da empresa, desde a fase de pré-lançamento, uma das principais estratégias é efetuar a venda completa do empreendimento com aproximadamente 12 meses de obra (sendo a entrega em 36 meses), viabilizando a customização dos apartamentos dentro desse fluxo.

Além disso, a empresa objeto da pesquisa promove ações de *marketing* que reforçam a flexibilidade na customização dos imóveis. Por isso, justifica-se a busca pelo desenvolvimento do processo de customização de forma mais dinâmica e ágil. A Figura 18 ilustra a campanha publicitária do *Easy Home*, nome dado ao serviço de facilidades de personalização do imóvel, com a criação de uma plataforma de realidade virtual para visualização de kits de apartamentos personalizados, lançado para o próximo empreendimento a ser construído.

Figura 18 –Divulgação do serviço de customização das unidades.

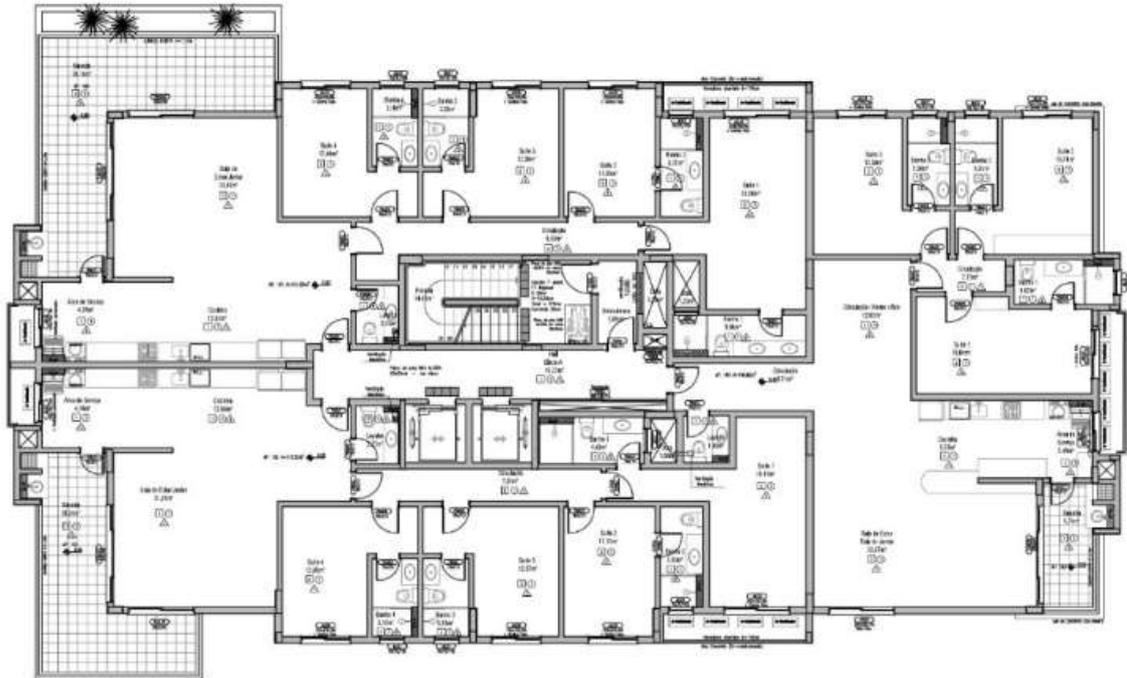


Fonte: Fornecido pela construtora D (2019).

Nesse contexto de busca por melhoria dos processos internos, a empresa iniciou o movimento de implementação do BIM em 2017, a partir da contratação de consultoria especializada, e contempla hoje o uso do BIM para o desenvolvimento de projetos dos empreendimentos imobiliários.

O objeto de estudo é o empreendimento chamado de empreendimento “A”, a fim de resguardar a identidade do mesmo. Localizado na cidade de Florianópolis/SC, o empreendimento totaliza 33.900m<sup>2</sup> de área construída. Trata-se de um empreendimento residencial de 6 torres, com unidades privativas variando entre 70 a 240m<sup>2</sup>. Cada torre conta com 9 pavimentos, sendo 5 pavimentos tipo, 1 pavimento cobertura e os demais pavimentos de áreas de uso comum – salão de festas, brinquedoteca, piscinas, hall de entradas – e garagens, conforme mostram a planta e fachada da torre A nas Figuras 19 e 20.

Figura 19 –Planta baixa pavimento tipo torre A do empreendimento A.



Fonte: Fornecido pela Construtora D (2018).

Figura 20 –Fachada principal da torre A do empreendimento A.



Fonte: Fornecido pela Construtora D (2018).

### 3.3.1.3 Análise da matriz de maturidade BIM da empresa selecionada

A partir de uma análise qualitativa e quantitativa da Matriz de Maturidade BIM, desenvolvida pelo pesquisador Bilal Succar e descrita na revisão bibliográfica da pesquisa, foi feita a avaliação da maturidade em BIM da empresa D. Os pontos foram atribuídos para cada conjunto de capacidade BIM, a partir da leitura e interpretação da célula que melhor descrevia o nível de Maturidade BIM corrente na organização. As tabelas utilizadas como base para pontuação encontram-se no Anexo A do trabalho.

### 3.3.1.4 Análise da gestão atual do processo de customizações

Para analisar como funciona a gestão do projeto de customizações na incorporadora/construtora selecionada, utilizou-se de entrevistas semiestruturadas e análise documental. Para as entrevistas, foi utilizado o método de entrevista semiestruturada. Neste método, segundo Lakatos e Marconi (2003), a partir de um roteiro de tópicos relacionados ao problema de estudo, o entrevistador tem a liberdade de desenvolver cada situação na direção que considere adequada; essa informalidade permite que se explore mais amplamente as questões, de acordo com o perfil do entrevistado.

As entrevistas, desenvolvidas de forma semiestruturadas, estão divididas em tópicos associados aos conceitos e objetivos da pesquisa. Os tópicos base para as entrevistas encontram-se no Apêndice A do presente trabalho.

A seleção dos entrevistados se deu pelos envolvidos no processo de customização das unidades habitacionais no empreendimento A. Um breve resumo é apresentado no Quadro 3 mostrando a relação do entrevistado com a etapa dentro do processo de customização.

Quadro 3 – Caracterização dos entrevistados.

ENTREVISTADO	ETAPA PROCESSO	CARGO
E1	GERAL	DIRETOR
E2	COMERCIALIZAÇÃO	GERENTE COMERCIAL
E3	PROJETOS	ARQUITETA CUSTOMIZAÇÃO
E4		GERENTE DE PROJETOS
E5	OBRA	GERENTE TÉCNICO
E6		ENGENHEIRO OBRA
E7	PÓS VENDAS	GERENTE DE PÓS VENDAS

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Para entendimento do processo de customização as entrevistas, realizadas de forma presencial com os departamentos envolvidos dentro da organização, tiveram como base os seguintes aspectos:

- política e organização da empresa para atendimento ao cliente;
- apresentação do projeto para o cliente;
- compatibilização e controle dos projetos;
- nível de personalização oferecida;
- forma de comercialização;
- comunicação e responsáveis dentro do processo;
- sistematização dos procedimentos;
- documentação das personalizações;

#### 3.3.1.5 Verificação dos entraves no processo de gestão do projeto de customização

A partir da realização das entrevistas, foi efetuado o processo de tratamento de dados. As respostas foram registradas e transcritas em sua totalidade para preparar os dados para análise. Para tratamento dos dados, adotou-se a abordagem da análise de conteúdo dos resultados obtidos. A partir disso, códigos foram atribuídos a palavras, frases e segmentos dentro dos dados relevantes para a questão de pesquisa (BARDIN, 2009). Esses códigos foram então categorizados em temas relevantes e tabulados a partir do software excel. Os resultados das entrevistas serão apresentados no capítulo 4 deste trabalho, dedicado a discussão e análise.

### 3.4 ETAPA DE DESENVOLVIMENTO

#### 3.4.1 Propor e desenvolver um conceito de solução

A segunda fase da pesquisa integra a proposição de solução conceitual para o problema. Para isso, Hevner et al. (2004) colocam a necessidade de desenvolver uma “regra tecnológica” – o artefato – que terá seu processo desenhado e construído conceitualmente para um propósito específico. Kihely e Underwood (2015) colocam que, ao propor uma tecnologia BIM como solução para um problema prático, o pesquisador precisa, além de apresentar o artefato desenvolvido, demonstrar como foi desenvolvido, o processo reflexo das tomadas de decisões ao desenvolver a solução final. Deste modo, a “regra tecnológica” por trás do artefato é delineada. Este processo deve dar origem para um número de diferentes demonstrações de iterações à medida que a solução/tecnologia evolui.

Assim, a partir do entendimento dos agentes e do processo de customização de apartamentos dentro do sistema tradicional, surge a necessidade de desenvolver um artefato -

modelo BIM - que buscasse otimizar os entraves mapeados no processo atual da gestão do projeto de customização.

### **3.4.2 Implementar a solução e avaliar o processo em ação**

A terceira etapa consiste em avaliar a utilidade, qualidade e eficiência de um artefato (HEVNER et al., 2004). Tal avaliação deve determinar o sucesso da proposta de mudança e o seu ambiente (real ou simulado). A partir do modelo BIM, foi possível simular as etapas do fluxo de trabalho proposto, experimentando a funcionalidade do modelo BIM com os seguintes pressupostos:

- apresentar o conceito na prática: a partir do modelo BIM é possível verificar aplicações práticas dos fluxogramas e diretrizes mapeadas. Além disso, a partir da prototipagem do modelo BIM é possível verificar novas abordagens para a temática ou novas formas de solução de problemas práticos encontrados no processo de customização dos imóveis;
- demonstrar capacidade de entrega da equipe: através do modelo é possível esclarecer nos fluxogramas os recursos humanos necessários para entrega de determinada etapa de trabalho;
- testar e validação anteriores a implementação: a modelagem permite o desenvolvimento da simulação de comparativos reais pré-BIM e pós-BIM;
- facilitar o entendimento do produto: diversos aspectos da customização são elucidados a partir da visualização do modelo BIM. A possibilidade de visualização do produto arquitetônico também agrega valor tanto para o cliente final quanto para a melhoria do entendimento da equipe de execução de obra.

#### **3.4.2.1 Mapeamento de processo de gestão da customização BIM**

O processo é definido como qualquer atividade que recebe uma entrada (input), agrega-lhe valor e gera uma saída (output) para um cliente interno ou externo, fazendo uso dos recursos da organização para gerar resultados concretos. Ele integra pessoas, ferramentas e métodos para executar uma sequência de passos com o objetivo definido de transformar determinadas entradas em determinadas saídas (KLEFSJO, 1998).

Através da análise do processo, é possível propor um gerenciamento, no sentido de oferecer melhorias, mediante um prévio mapeamento. Eliminar todo trabalho desnecessário; combinar operações ou elementos; modificar a sequência das operações e simplificar as

operações essenciais são enfoques a serem considerados no desenvolvimento de possíveis soluções de melhorias de processos (BARNES, 1982).

A técnica do fluxograma, escolhida dentre as técnicas de mapeamento do processo, permite o registro de ações de algum tipo e pontos de tomada de decisão que ocorrem no fluxo real (SLACK et al., 2009). Um fluxograma traça o fluxo de informação, pessoas, equipamentos, ou materiais através das várias partes do processo, possuindo simbologia padrão ISO 5807:1985, conforme Quadro 4.

Quadro 4 – Simbologia padrão fluxograma de processo.

	TERMINAL
	PROCESSO
	DECISÃO
	FLUXO DE SEQUÊNCIA
	DOCUMENTOS

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Assim, neste trabalho são representados os fluxos do processo de customização observados na empresa selecionada. Para apresentação se utiliza do gráfico de fluxo de processos, uma vez que este permite a visualização acessível, tanto à pesquisadora como aos especialistas envolvidos na posterior avaliação das diretrizes propostas ao fim deste.

#### 3.4.2.2 Diretrizes Iniciais para uso do BIM no processo de customização

A partir do desenho dos fluxogramas para desenvolvimento do processo BIM são formuladas diretrizes iniciais, pautadas dentro de cada etapa do processo de customização. Essas serão validadas na etapa seguinte do trabalho, a partir da consulta a especialistas.

### 3.5 CONSOLIDAÇÃO

#### 3.5.1 Identificar e avaliar as contribuições para o conhecimento

Na quarta etapa, a identificação e avaliação das contribuições do conhecimento, a partir dos resultados das etapas exploratória e de análises, as diretrizes iniciais e fluxogramas são submetidas a avaliação de especialistas do setor. Assim, obtém-se como resultado da DSR não é apenas o artefato, mas também o efeito do artefato no ambiente ao qual foi introduzido. Isso instiga um processo na pesquisa BIM que implica na avaliação de um novo processo BIM e também da sua capacidade de melhorar as práticas de trabalho (JOHANNENSON; PERJONS, 2012, MARCH; SMITH, 1995, KIHELY; UNDERWOOD, 2015).

A seleção dos especialistas para fazerem parte da pesquisa foi feita levando-se em conta os profissionais que, na etapa exploratória, demonstraram expertise e excelência em BIM ou profissionais apontados pelos entrevistados como referência na área, em artigo anteriormente publicado pela autora da pesquisa. O quadro 5 apresenta a caracterização dos especialistas BIM que participaram da etapa de avaliação do modelo.

Quadro 5 – Caracterização dos especialistas.

ESPECIALISTA	PROFISSÃO	ATUAÇÃO	ATUAÇÃO BIM	ATUAÇÃO MERCADO
E1	ARQUITETO	Consultor para empresas para implementação BIM	4 anos	13 anos
E2	ENGENHEIRO CIVIL	Consultor BIM para setor público	6 anos	20 anos
E3	ENGENHEIRO CIVIL	Consultor de empresas para implementação BIM; ministra cursos dos softwares BIM Autodesk.	3 anos	6 anos
E4	ARQUITETO	Projetista em escritório de projetos complementares	5 anos	9 anos
E5	ARQUITETO	Projetista em escritório de projetos arquitetônicos	4 anos	7 anos

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Após o mapeamento dos especialistas, a primeira consulta sobre a possibilidade de participação se deu através de ligação telefônica e, na sequência do aceite, a discussão se deu por meio de entrevistas presenciais, em sua maioria no escritório do especialista. O processo de avaliação seguiu o plano de ação 5W1H, apresentado no quadro 6, e o roteiro das entrevistas encontra-se no Apêndice B.

Quadro 6 – 5W1H do processo de avaliação dos especialistas.

5W1H	RESPOSTA
O QUE?	Avaliação das diretrizes e fluxogramas para uso do BIM na gestão do projeto de customização em edifícios multifamiliares
POR QUE?	Verificar se as diretrizes e fluxogramas propostos correspondem às necessidades para gestão do projeto de customização
QUEM?	Consultores, Arquitetos e Engenheiros, que demonstraram expertise e excelência em BIM
COMO?	Entrevistas presenciais, a partir do protocolo Thinking Aloud, demonstrando a usabilidade do modelo, as etapas do fluxo de trabalho proposto e questionando o avaliador sobre as diretrizes previstas para as etapas do fluxograma proposto
QUANDO?	Após a elaboração do modelo BIM, fluxograma e diretrizes
ONDE?	Escritório dos entrevistados, em cafés ou na Universidade Federal de Santa Catarina

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

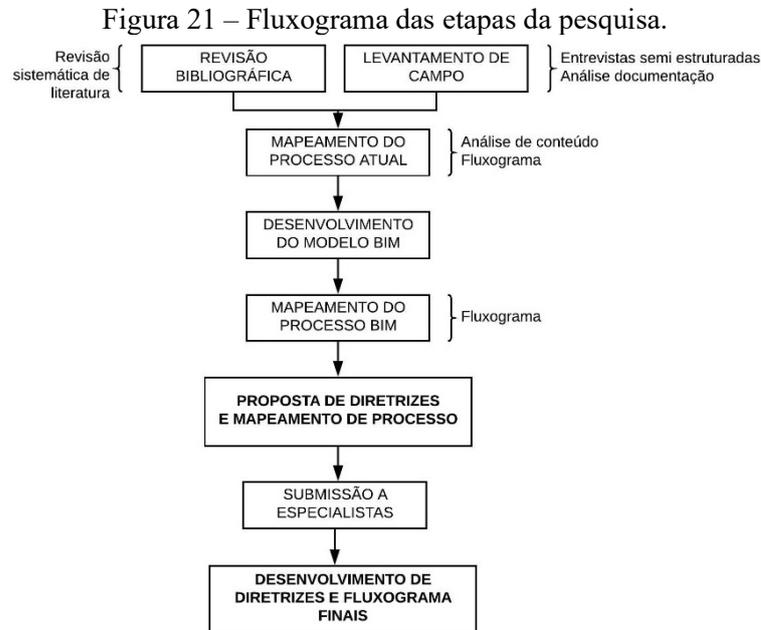
Para avaliação do fluxograma e modelo BIM proposto para a pesquisa, foi utilizado o protocolo Thinking Aloud. Considerado por Nielsen (1993) o mais valioso dos testes de usabilidade, o método Pensando em Voz Alta (*Thinking Aloud Protocol*), consiste na narração por parte de usuários das ações realizadas, das decisões tomadas, das suas opiniões e seus sentimentos enquanto interage com o produto (ou modelo) sob avaliação.

Dentre as variantes do protocolo, escolheu-se o método *Coaching*, para que os especialistas pudessem testar várias funcionalidades do modelo, interagindo com a pesquisadora. Tal método permite a interação explícita entre o observador e o usuário durante a realização da tarefa. Diferentemente dos outros métodos de avaliação, no método coaching, o usuário pode perguntar ao observador - pessoa que aplica o teste - sobre suas dúvidas relativas ao produto que irá ser testado.

De acordo com Nielsen (1993), o propósito desta técnica é descobrir as necessidades dos usuários em termos de informação, proporcionando um melhor treinamento e documentação do produto em desenvolvimento. Assim, a pesquisadora foi demonstrando a proposição do fluxograma de trabalho e diretrizes para cada etapa, demonstrando na ferramenta as funcionalidades técnicas e de gestão do trabalho colaborativo.

Para Van Someren, Barnard e Sandberg (1994), este tipo de teste pode ser uma grande oportunidade para se obter um feedback subjetivo dos participantes, principalmente quando acrescido de uma entrevista estruturada ou de um questionário. Assim, juntamente com a demonstração do modelo BIM, foram efetuadas entrevistas semiestruturadas, instigando os avaliadores a emitir a sua opinião sobre as diretrizes que permeiam as etapas do fluxograma do processo de customização.

Após a avaliação dos especialistas, as diretrizes e fluxogramas finais são construídos, apresentados no capítulo 6 do presente trabalho. A figura 21 organiza visualmente o fluxograma das etapas da pesquisa.



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

### 3.6 ESCOLHA DOS SOFTWARES PARA PESQUISA

A partir do desenvolvimento da revisão sistemática integrativa, a pesquisadora identificou a necessidade de articular diversos softwares para o desenvolvimento do trabalho. O Quadro 7 resume as ferramentas utilizadas a partir das finalidades principais, bem com a extensão dos arquivos gerados em cada um dos softwares do desenvolvimento da pesquisa.

Quadro 7 – Ferramentas utilizadas no desenvolvimento da pesquisa.

Finalidade da ferramenta	Softwares Utilizados	Extensão arquivos
Modelagem arquitetura	Autodesk Revit 2018	.rvt
Modelagem instalações	Autodesk Revit 2018	.rvt
Modelagem estrutural	Arquivo IFC	ifc
Compatibilização	Navisworks 2018	.nwf
Revisão de projeto	Bimcollab	Plataforma online
Quantificação	Revit 2018	.rvt
Orçamentação	Revit 2018	.rvt
Renderização	Autodesk Revit 2018	.rvt
Visualização	Augmentecture	Plataforma Online
Documentação	Construmanager	Plataforma Online
Fluxogramas	Lucidchart	Plataforma Online

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

## 4 APRESENTAÇÃO DOS DADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo são apresentados os resultados das etapas exploratória, desenvolvimento e consolidação deste trabalho. A etapa exploratória busca fazer o diagnóstico do problema: “Como o BIM pode agregar valor nas customizações?”, compreendendo a avaliação da matriz de maturidade Bim, a análise do processo atual de gestão da customização e a verificação dos entraves inerentes desse processo na empresa selecionada para pesquisa.

Já a etapa de desenvolvimento procura, a partir do mapeamento do processo e entraves identificados na etapa anterior, desenvolver um conceito de solução, o modelo BIM. Ainda nessa etapa é feita a implementação da solução e avaliar o processo em ação, a partir da simulação da customização de uma unidade habitacional da incorporadora/construtora analisada. A partir dessa simulação são propostas diretrizes iniciais para o uso do BIM bem como um fluxograma do processo.

Por fim, é apresentada a etapa de consolidação, onde são identificadas e avaliadas as contribuições para o conhecimento. Nessa etapa são avaliadas as diretrizes propostas para aplicação do BIM no processo de gestão da customização com especialistas no segmento, a partir do método *thinking aloud*.

### 4.1 RESULTADOS DA ETAPA EXPLORATÓRIA

#### 4.1.1 Avaliação da Matriz de Maturidade BIM da Empresa D

A avaliação da matriz de maturidade BIM foi desenvolvida em tabelas gradativas com três escalas de cores para facilitar verificação visual do nível de maturidade. Na escala, a representação na cor verde indica maturidade atingida, amarelo indica parcialmente atingida e vermelho indica não atingida. Os quadros 8, 9, 10 mostram as matrizes separadas pelos campos tecnologia, processos e políticas e o quadro 11 separados por estágios e escalas.

Quadro 8 – Matriz de maturidade BIM: Tecnologia.

MATRIZ DE MATURIDADE BIM - EMPRESA D					
CONJUNTO DE CAPACIDADES - TECNOLOGIA					
Áreas chave de maturidade	a. INICIAL (0 pts)	b. DEFINIDO (até 10 pts)	c. GERENCIADO (até 20 pts)	d. INTEGRADO (até 30 pts)	e. OTIMIZADO (até 40 pts)
Software			18		
Hardware			16		
Rede			14		

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Com relação aos pontos atribuídos nas áreas chave de maturidade, tem-se:

- a) Software - aplicações, entregáveis e dados: foi considerado parcial o nível Gerenciado, pois apesar de a empresa utilizar o modelo BIM como base para as vistas 3D, quantificações e especificações, ainda não desenvolve estudos analíticos. O armazenamento e as trocas de dados também estão em processo de aprimoramento, sendo testadas algumas ferramentas para controle e gerenciamento.
- b) Hardware - equipamento, entregáveis, localização e mobilidade: foi considerado parcial o nível Gerenciado, pois a empresa possui uma estratégia orientada para os equipamentos para uso do BIM, entendendo que isso aumenta a produtividade nos processos inerentes do processo BIM.
- c) Rede - soluções, entregáveis e segurança e controle de acesso: atendimento parcial do nível Gerenciado. O compartilhamento de dados é em tempo real, mas ainda aprimora o compartilhamento e a segurança de dados entre as organizações.

Quadro 9 – Matriz de maturidade BIM: Processos

<b>MATRIZ DE MATURIDADE BIM - EMPRESA D</b>					
<b>CONJUNTO DE CAPACIDADES - PROCESSOS</b>					
<b>Áreas chave de maturidade</b>	<b>a. INICIAL (0 pts)</b>	<b>b. DEFINIDO (até 10 pts)</b>	<b>c. GERENCIADO (até 20 pts)</b>	<b>d. INTEGRADO (até 30 pts)</b>	<b>e. OTIMIZADO (até 40 pts)</b>
Recursos			14		
Atividades e fluxo de trabalho		9			
Produtos e serviços		2			
Liderança e gerenciamento			10		

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Com relação aos pontos atribuídos nas áreas chave de maturidade, tem-se:

- a) Recursos - Infraestrutura Física e de Conhecimento: atendimento parcial do nível Gerenciado, pois o ambiente de trabalho é controlado, modificado e seus critérios são gerenciados para aumentar a produtividade, a satisfação e a motivação do pessoal. O conhecimento BIM, entretanto, nem sempre é documentado e adequadamente armazenado.
- b) Atividades e Fluxo de trabalho – Conhecimento, habilidades, experiência, papéis e dinâmicas relevantes: Atendimento parcial do nível Definido, considerando que a produtividade com o uso do BIM ainda não é mensurada e as funções ainda sofrem ajustes internos para cada projeto.

- c) Produtos & Serviços - Especificação, diferenciação e P&D: Atendimento do nível Inicial, pois as entregas dos modelos BIM possuem níveis inconsistentes de detalhe e desenvolvimento, variando em cada projeto.
- d) Liderança & Gerenciamento - Organizacional, estratégico, gerencial e atributos de comunicação, inovação e renovação: Atendimento parcial do nível Gerenciado, pois a visão para a implementação do BIM é comunicada e entendida pela maioria dos colaboradores, mas ainda sofre diversos ajustes de implementação e, apesar de existirem planos de ação, existe baixa medição e uso de indicadores de desempenho.

Quadro 10 – Matriz de maturidade BIM: Políticas.

<b>MATRIZ DE MATURIDADE BIM - EMPRESA D</b>					
<b>CONJUNTO DE CAPACIDADES - POLÍTICAS</b>					
<b>Áreas chave de maturidade</b>	<b>a. INICIAL (0 pts)</b>	<b>b. DEFINIDO (até 10 pts)</b>	<b>c. GERENCIADO (até 20 pts)</b>	<b>d. INTEGRADO (até 30 pts)</b>	<b>e. OTIMIZADO (até 40 pts)</b>
Preparatória			20		
Regulatória		8			
Contratual		9			

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Com relação aos pontos atribuídos nas áreas chave de maturidade, tem-se:

- a) Preparatória - Pesquisa, programas de treinamento educacional: atendimento total do nível Gerenciado, visto que a empresa investe em treinamento e desenvolvimento dos colaboradores, visando atingir os objetivos de maneira rentável para a organização;
- b) Regulatória - Códigos, regulamentações, padrões, classificações, linhas-guia e valores de referência: Os padrões de modelagem e documentação estão bem definidos de acordo com os padrões aceitos no mercado, entretanto as avaliações do modelo e de desempenho ainda carecem de refinamento.
- c) Contratual - Responsabilidades, recompensas e alocação de riscos: Atendimento parcial do nível Definido, já que na empresa os requisitos do BIM são reconhecidos, mas nem sempre estão delineados.

Quadro 11 – Matriz de maturidade BIM: Estágios e Escalas

MATRIZ DE MATURIDADE BIM - EMPRESA D					
CONJUNTO DE CAPACIDADES - ESTÁGIO E ESCALAS					
Áreas chave de maturidade	a. INICIAL (0 pts)	b. DEFINIDO (até 10 pts)	c. GERENCIADO (até 20 pts)	d. INTEGRADO (até 30 pts)	e. OTIMIZADO (até 40 pts)
Estágio 1			13		
Estágio 2		10			
Estágio 3		5			
Micro		7			
Meso		7			

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

- Estágio 1: Atendimento parcial do nível Gerenciado. Os processos e políticas em BIM são estimulados, mas a padronização e controle ainda sofre aprimoramentos.
- Estágio 2: Atendimento total do nível Definido, visto que a colaboração em BIM está bem definida, mas ainda é reativa. Existem sinais identificáveis de confiança e respeito entre os participantes do projeto.
- Estágio 3: Atendimento parcial do nível Definido, considerando que a empresa está formatando os padrão e protocolos de intercâmbio de informações.
- Escala micro – organizações (dinâmicas e entregáveis em BIM): atendimento parcial do nível Definido, pois apesar da liderança no processo BIM ser formalizada, os diferentes papéis ainda estão em definição dentro da implementação.
- Escala meso - equipes de projeto (dinâmicas entre organizações e entregáveis em BIM): atendimento parcial do nível Definido, pois os protocolos de colaboração entre os participantes do projeto estão em constante aprimoramento.

Seguindo com a avaliação de Succar (2009), é feita a soma da pontuação dos itens da matriz de maturidade, conforme mostra o quadro 12 e 13.

Quadro 12 – Matriz de maturidade BIM: Estágios e Escalas.

ÍNDICE DE MATURIDADE BIM - EMPRESA D					
Avaliação na granularidade (nível 1)	a. INICIAL (0 pts)	b. DEFINIDO (até 10 pts)	c. GERENCIADO (até 20 pts)	d. INTEGRADO (até 30 pts)	e. OTIMIZADO (até 40 pts)
Tecnologia	Software			18	
	Hardware			16	
	Rede			14	
Processos	Recursos			14	
	Atividades e fluxo de trabalho		9		
	Produtos e serviços		2		
	Liderança e gerenciamento			10	
Políticas	Preparatória			20	

<b>ÍNDICE DE MATURIDADE BIM - EMPRESA D</b>					
<b>Avaliação na granularidade (nível 1)</b>	<b>a. INICIAL (0 pts)</b>	<b>b. DEFINIDO (até 10 pts)</b>	<b>c. GERENCIADO (até 20 pts)</b>	<b>d. INTEGRADO (até 30 pts)</b>	<b>e. OTIMIZADO (até 40 pts)</b>
	Regulatória		8		
	Contratual		9		
Estágio 1	Modelagem			13	
Estágio 2	Colaboração		10		
Estágio 3	Integração		5		
Escala	Micro		7		
Escala	Meso		7		
Subtotal		0	57	105	0
<b>Total de pontos</b>					162
<b>Grau de maturidade (média aritmética das 15 áreas)</b>					10,80
<b>Índice de maturidade (percentual do grau de maturidade relativo a 40 pontos)</b>					27%

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Quadro 13 – Matriz de maturidade BIM: Estágios e Escalas.

<b>MATURIDADE BIM - EMPRESA D</b>			
	<b>Nível de maturidade</b>	<b>Classificação textual</b>	<b>Classificação Numeral</b>
A	Inicial	Baixa Maturidade	0 - 19%
B	Definido	Média-baixa maturidade	20 - 39%
C	Gerenciado	Média maturidade	40 - 59%
D	Integrado	Média-alta maturidade	60 - 79%
E	Otimizado	Alta maturidade	80 - 100%

Fonte: Adaptado de Succar (2009).

A mensuração dos dados salienta os pontos que a empresa D precisa dar atenção para evolução da maturidade BIM. A tecnologia, por exemplo, ficou enquadrada com boa pontuação relativa, visto que a empresa tem boa capacidade de hardware e software para administrar os arquivos BIM, fundamentais para assegurar um bom fluxo de trabalho. Como o trabalho multidisciplinar ainda é objeto de constante aprimoramento a empresa ainda enfrenta dificuldades no intercâmbio de dados.

Os processos, por outro lado, ainda não estão bem consolidados. A empresa trabalha com diversos projetos em ciclos diferentes, optando por dar sequência em boa parte do desenvolvimento projetos dos empreendimentos no sistema tradicional. Isso acaba exercendo grande influência sobre os novos projetos BIM em andamento na empresa, necessitando de um esforço adicional para que o corpo técnico não volte a ter posturas ou mentalidade do fluxo de projeto tradicional.

Apesar de as entregas agora atingirem uma padronização dos entregáveis e do nível de desenvolvimento ao longo do ciclo de projeto, muitas vezes o fluxo de trabalho é atropelado por falhas no planejamento e cronograma, fazendo com que algumas etapas sejam antecipadas ou postergadas, alterando assim o produto final a ser entregue no momento estabelecido. Além

disso, não existe atualmente uma mensuração do desempenho da produtividade da equipe, seja ela parte do corpo técnico da empresa ou demais agentes envolvidos.

Com relação à política, as relações contratuais elevam a pontuação global do campo, mas as alocações de risco ainda não são previstas contratualmente. A atualização da norma de desempenho trouxe à tona a preocupação da empresa com relação ao enquadramento em padrões normatizados na construção civil e isso fortaleceu as parcerias com fornecedores e demais organizações do setor, contribuindo para o desenvolvimento do campo político.

#### **4.1.2 Resultado das entrevistas: entendimento do processo atual de customização**

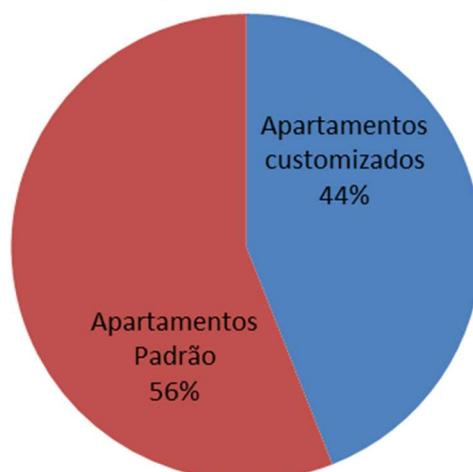
O processo de customização das unidades privativas dos empreendimentos da empresa D inicia logo na concepção do produto imobiliário, quando são definidos pela equipe técnica e diretoria os itens que poderão ser modificados pelo cliente, levando em consideração:

- a) padrão do empreendimento;
- b) possíveis inferências na produção e suprimentos;
- c) cronograma da obra;
- d) customizações realizadas anteriormente pela construtora em empreendimentos em empreendimentos de padrão similar.

A partir do entendimento do histórico da empresa sobre a customização dos produtos executados nos últimos anos, a empresa apontou que quanto maior a metragem privativa do produto e maior o ticket médio, mais frequentes são as alterações propostas pelos clientes. A demanda dos clientes por profissionais de arquitetura também aumenta para áreas privativas mais generosas. Em apartamentos mais compactos, por outro lado, o cliente geralmente opta por ficar com o padrão da construtora, mesmo para produtos em regiões mais valorizadas, até porque as possibilidades de mudança no projeto ficam mais restritas com a metragem quadrada do apartamento reduzida.

Com a análise detalhada das customizações feitas da estratificação de dois últimos empreendimentos entregues (com plantas de 2 e 3 dormitórios, totalizando 218 apartamentos), com padrão similar de plantas e acabamento ao empreendimento utilizado na pesquisa, foi possível perceber o alto índice de apartamentos que sofreram algum tipo de customização, conforme Figura 22.

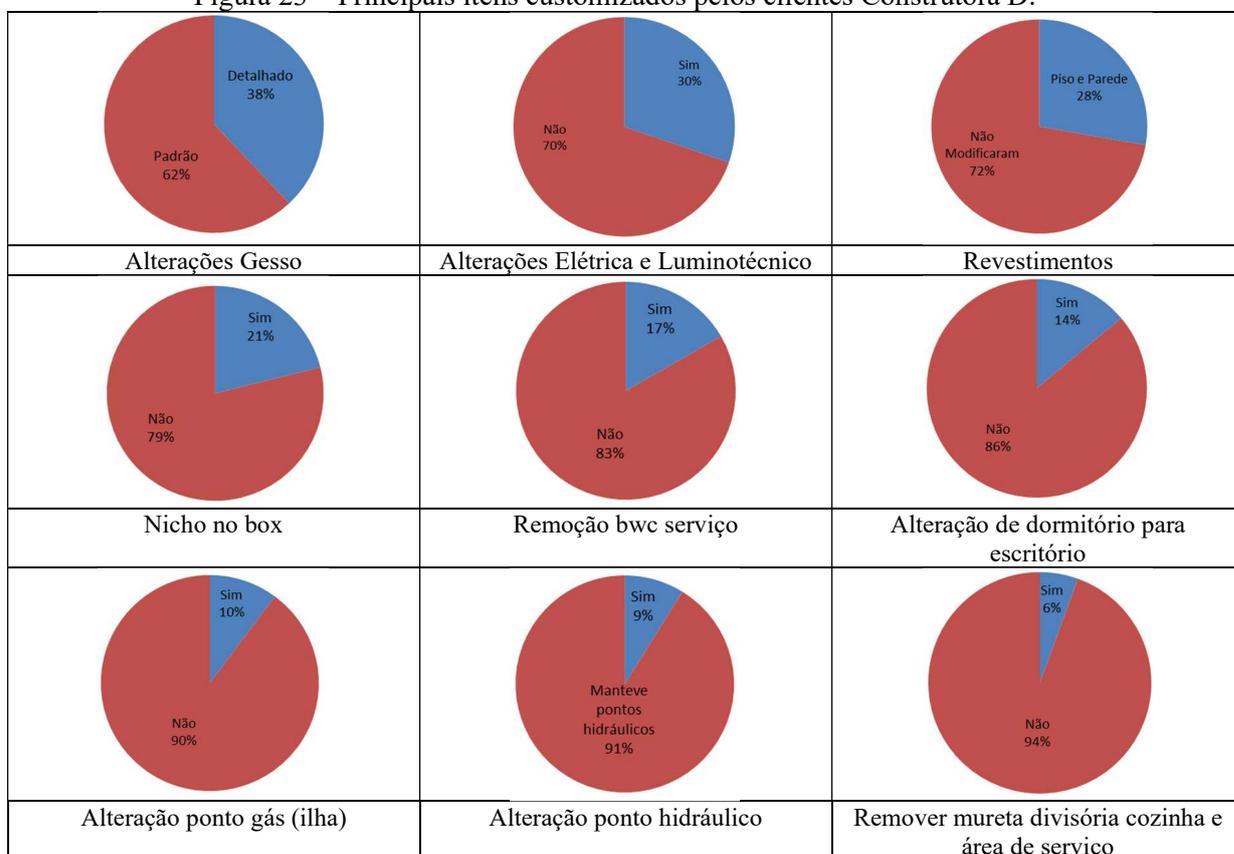
Figura 22 – Percentual de apartamentos customizados na Empresa D.



Fonte: Elaborado pela autora (2018).

A partir dessa pesquisa, foram mapeados os principais itens modificados pelos clientes considerando o histórico de 2 empreendimentos de padrão similar entregues pela construtora. Os itens aparecem listados na imagem ranqueando os itens com maior índice de customização, conforme mostra a Figura 23.

Figura 23 – Principais itens customizados pelos clientes Construtora D.



Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Com o escopo do produto fechado, logo em pré-lançamento a equipe de vendas recebe um treinamento técnico sobre os itens passíveis de customização para aquele empreendimento e uma expectativa de cronograma para o cliente fazer as alterações desejadas no imóvel. A equipe comercial sempre reforça esse diferencial no momento da venda, atribuindo valor ao cliente receber o imóvel com as características desejadas, evitando retrabalhos futuros.

Os parâmetros completos de customizações definidos para o empreendimento A constam no Manual do Comprador (Anexo B). A empresa permite fazer as customizações nas unidades habitacionais, de uma forma geral, dentro dos seguintes parâmetros:

- a) personalização do arranjo de espaços: a empresa permite fazer alterações de layout interno, com mudanças nas dimensões (respeitando as dimensões e/ou áreas mínimas legais) e, conseqüentemente, alterações nas vedações internas em alvenaria;
- b) alteração de funções: a distribuição funcional dos espaços também pode ser alterada, respeitando os critérios legais e normativos;
- c) personalização das instalações: a empresa permite a alteração (acréscimo, supressão ou deslocamento) das instalações elétricas, telecomunicações, hidráulicas e ar condicionado. Nas instalações de gás são permitidos apenas o deslocamento;
- d) alterações dos materiais de revestimentos e acabamentos: Para os revestimentos cerâmicos e laminado de madeira (nos dormitórios) a empresa oferece 3 padrões de kit de acabamento (com 3 estilos diferentes) sem alteração no custo da personalização. Caso o cliente opte por outro material, a empresa fornece um crédito do produto que não foi aplicado e o cliente pode optar por outra composição (que deve ser entregue na empresa), obedecendo os parâmetros descritos no Manual do Comprador (Anexo B).

Para atender aos anseios dos clientes e as demandas de customização, a organização precisou se preparar com uma estrutura maior de equipe. O serviço oferecido de customização hoje mantém uma estrutura composta por uma arquiteta que realiza o atendimento ao cliente, elabora e apresenta o projeto dos apartamentos customizados ou faz a conversa com os escritórios de arquitetura, um estagiário de arquitetura que desenvolve os desenhos nos padrões da empresa. A primeira parte do processo compreende a separação dos arquivos dos apartamentos individualmente. Nessa representação gráfica os projetos são simplificados para melhor entendimento por parte do cliente. No projeto elétrico, por exemplo, são limpados os conduítes, legendas técnicas, etc. e deixados somente a marcação dos pontos. Os projetos são postados em uma plataforma virtual denominada “área do cliente”, nos formatos PDF e DWG.

O projeto customizado do cliente é apresentado pelo arquiteto do cliente presencialmente ou encaminhado por e-mail para o departamento de arquitetura da empresa D. A análise das customizações é feita pelo arquiteto responsável pelo departamento e, no surgimento de dúvidas ou customizações mais complexas, são acionados os gerentes de projeto e o gerente técnico. A Figura 24 organiza os agentes do processo de customização nas diversas etapas do processo. As setas indicam as principais correlações entre os agentes, indicando o fluxo principal de demanda de atividades (mas não único).

Figura 24 – Agentes envolvidos no processo de customização.

AGENTES	DESENV. PRODUTO	PREPARAÇÃO ARQUIVOS	COMERCIALIZAÇÃO	PROJETO E ORÇAMENTO	EXECUÇÃO E ASBUILT	ENTREGA E OCUPAÇÃO
 Incorporador	●		●			●
 Engenharia	●	●		●	●	
 Projetistas	●			●	●	
 Fornecedores	●	●		●		
 Arquiteto customizações		●		●	●	
 Corretores			●			
 Cliente			●	●	●	●
 Financeiro/Adm			●	●		●
 Arq. Cliente				●	●	●
 Empreiteiro					●	

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Tanto a arquiteta quanto o estagiário de arquitetura dividem as responsabilidades no desenvolvimento dos trabalhos. Após a análise do projeto são feitos os quantitativos para orçar as alterações solicitadas pelo cliente. Os quantitativos para o orçamento da execução do projeto de customização são feitos pelo departamento de arquitetura, a partir de uma base tabelada com os custos das customizações, conforme consta no Anexo C.

Uma vez desenvolvido a análise do material encaminhado pelo cliente, os projetos são resenhados do padrão da empresa para demonstrar para o cliente os itens de projeto que foram retirados, deslocados ou acrescentados. A partir desse redesenho os itens são quantificados manualmente e os valores da customização organizados em planilha no *software* excel. O padrão de representação gráfica desenvolvida para os projetos customizados pela empresa D pode ser encontrado no Anexo D da pesquisa e o modelo de orçamento apresentado ao cliente (referente a fase 2) encontra-se no Anexo E.

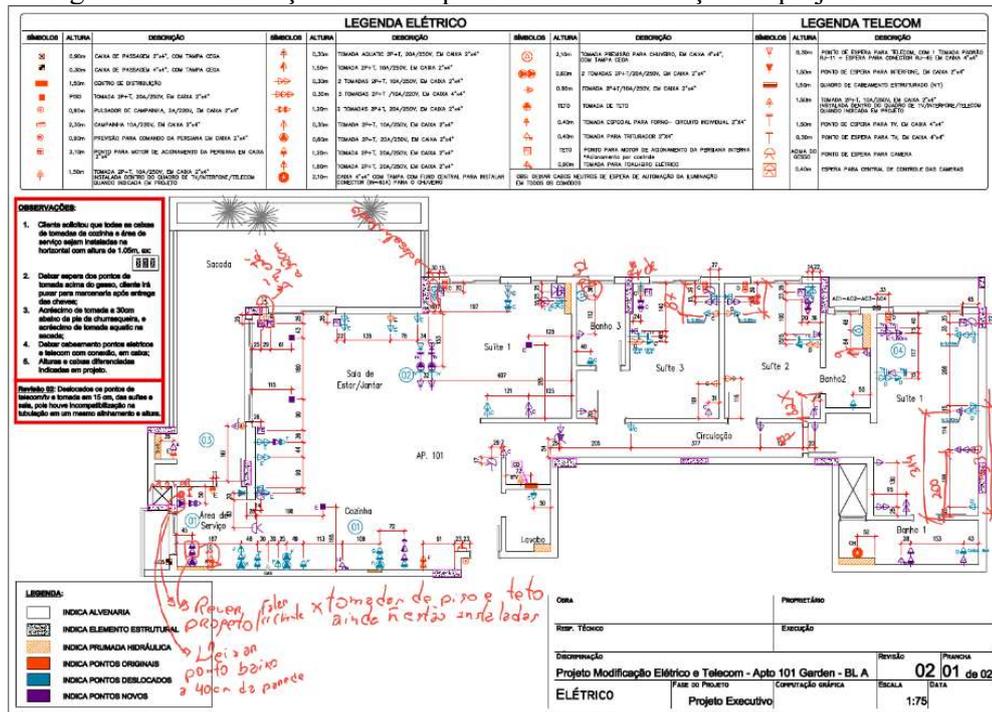
Antes de mostrar o projeto para o cliente, os projetistas responsáveis pelos projetos do empreendimento recebem os projetos de customização para análise técnica prévia. Posteriormente à análise dos projetistas, os projetos customizados e orçamentos da customização são apresentados ao cliente de forma presencial, em formato digital. O projeto é validado pelo cliente com a assinatura digital dos PDFs do projeto e assinatura do PDF do orçamento para execução dos serviços.

Com o aceite do cliente os projetos são encaminhados aos projetistas do empreendimento para ajustes os projetos complementares de cada apartamento. Devido ao cronograma acirrado da obra nem sempre chegam a tempo os projetos dos projetistas. Nesse caso, o departamento de arquitetura posta digitalmente o projeto no padrão da empresa para execução.

Sobre os agentes responsáveis pelos quantitativos para compra dos materiais, as responsabilidades são divididas entre equipe de arquitetura e obra. A parte de quantificação de revestimentos é efetuada pela equipe de arquitetura e demais quantitativos são feitos pela obra (elétrica, hidráulica, etc.). Num primeiro momento, a empresa procurou desenvolver os quantitativos e paginações dos revestimentos com o fornecedor de revestimento cerâmico, mas acabou absorvendo essa demanda porque ocorreram muitas incompatibilidades relacionadas à quantidade de material (quebra deixada para execução era insuficiente e não provisionados material para manutenção futura) e problemas com as paginações (pisos no box sem caimento para ralo, falta de atenção para peças de espessuras diferentes).

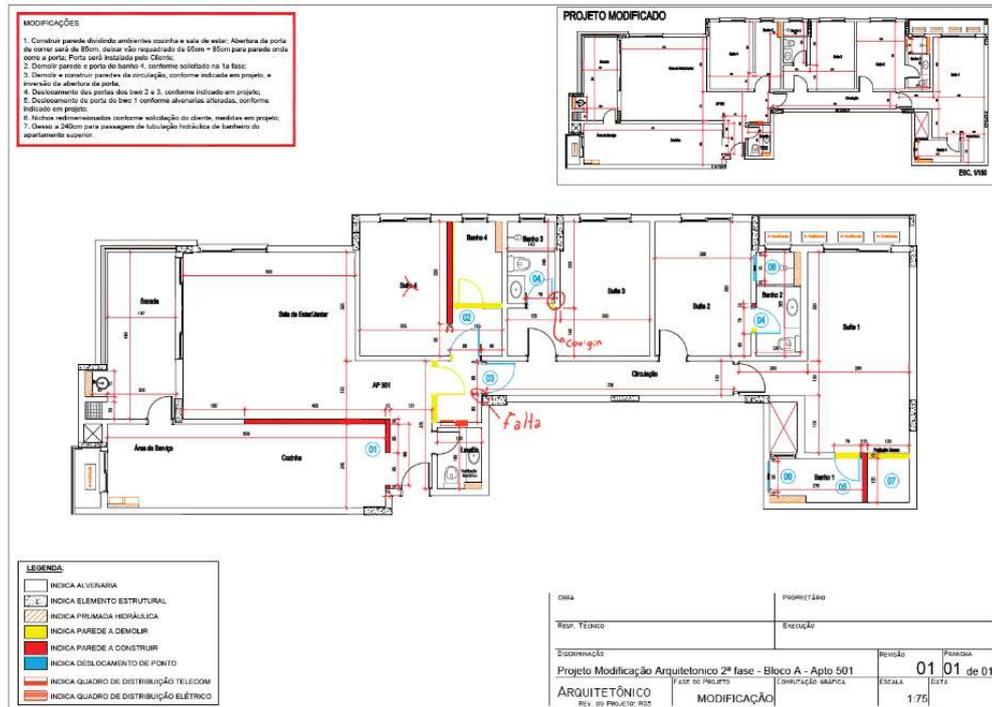
A parte de fiscalização dos serviços executados fica com os profissionais do canteiro de obra, porém periodicamente a arquiteta do departamento de customização passa no local para fazer a conferência dos apartamentos, geralmente acompanhada da visita dos clientes. As verificações de divergências na execução da obra são apontadas digitalmente no projeto em PDF conforme mostra as Figuras 25, 26 e 27.

Figura 25 – Verificação de incompatibilidade na execução no projeto elétrico.



Fonte: Fornecido pela empresa D (2018).

Figura 26 – Verificação de incompatibilidade de execução no dimensionamento mínimo dos cômodos.



Fonte: Fornecido pela empresa D (2018).

Figura 27 – Verificação de incompatibilidade de execução de alvenarias.



Fonte: Fornecido pela empresa D (2018).

Outro ponto importante do processo é que a organização conduz a customização do cliente separada por fases, de acordo com o cronograma da obra. Cada pavimento possui um cronograma diferente para as customizações conforme cronograma de execução da obra, conforme mostra o Quadro 14. As 6 torres do empreendimento também foram separadas por lotes de produção então o cronograma de customização acompanha também esse mesmo processo.

Quadro 14 – Fases de customização Empresa D

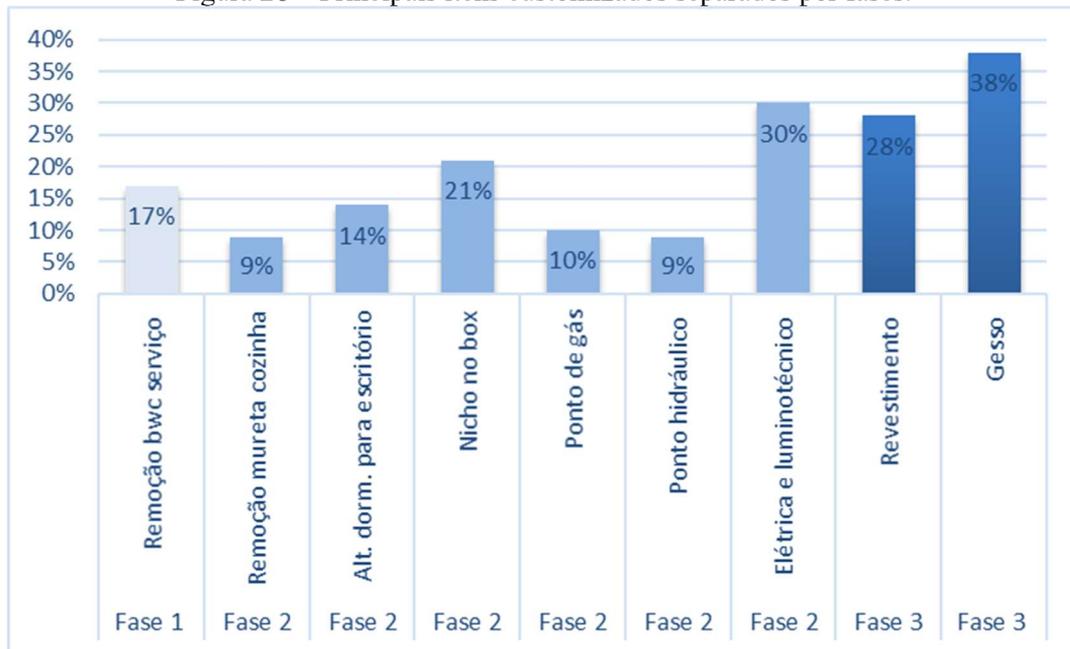
FASE	DURAÇÃO	DESCRIÇÃO DA ETAPA	CRONOGRAMA DA OBRA
Fase 1	50 DIAS*	Itens que demandam furação em laje (geralmente layout de banheiros)	Encerramento da fase** 20 dias antes da concretagem da laje
Fase 2	80 DIAS*	Alteração de alvenaria e instalações	Encerramento da fase** 30 dias antes da execução dos trabalhos no pavimento
Fase 3	40 DIAS*	Revestimentos: cerâmicos de piso e parede, laminado de madeira nas áreas íntimas e alterações em gesso	Encerramento da fase** 15 dias antes do fechamento do último lote de compra do revestimento padrão do empreendimento.

\* Duração aproximada em dias corridos.  
 \*\*Projetos entregues em obra.

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Analisando as fases de customização com os principais itens alterados pelos clientes no projeto (conforme apresentado na Figura 23), observa-se que a concentração dos itens está centralizada das fases 02 e 03, e os principais percentuais de customização encontram-se na fase 03, conforme mostra a Figura 28.

Figura 28 – Principais itens customizados separados por fases.

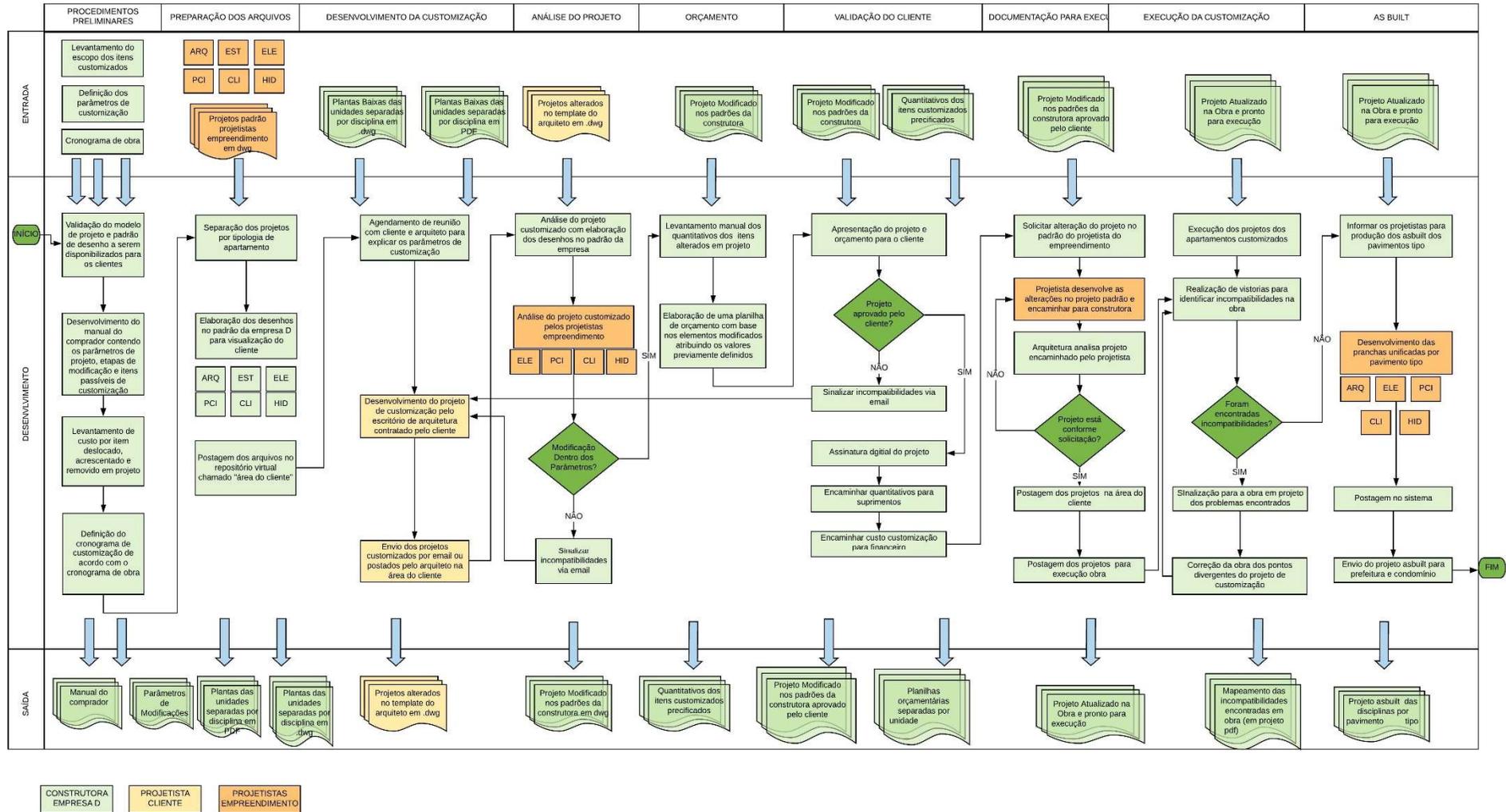


Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Os projetistas responsáveis pelos projetos do empreendimento recebem todos os projetos de customização para analisar o projeto desenvolvido pelo arquiteto do cliente e, posteriormente a execução, compatibilizar um projeto *asbuilt* do empreendimento, unificando as pranchas dos projetos por pavimentos tipo.

Durante as entrevistas com a equipe da empresa D foram disponibilizados exemplos de projetos modificados, documentos de orçamento de projeto e o próprio fluxograma básico do processo de customização da empresa (Anexo F) e, a partir disso, a autora detalhou os processos do fluxograma de customização praticado pela empresa, conforme mostra a Figura 29.

Figura 29 – Fluxograma atual processo de customização de apartamentos.



Fonte: Elaborado pela autora (2018).

A partir da análise do resultado das entrevistas e mapeamento dos processos no fluxograma foi possível perceber vários entraves no processo de customização das unidades privativas. O Quadro 15 descreve os principais problemas abordados pela equipe nas etapas de trabalho mapeadas, reforçados pelos fragmentos das falas dos entrevistados.

Quadro 15 – Entraves mapeadas no processo de customização

ETAPAS MAPEADAS	ENTRAVES NO PROCESSO	RECORTES ENTREVISTAS
COMERCIALIZAÇÃO	Falta de comunicação da equipe de vendas sobre o cronograma da obra	E2: "...diversas vezes argumentamos o diferencial desse serviço e só depois o cliente descobre que a fase da obra já não permite mais". E3: "...o cliente fica muito frustado quando vou entregar a pasta do comprador e ele percebe que não tem mais prazo para realizar alterações no apartamento, precisaria de mais transparência nesse processo junto com os consultores de venda."
	Treinamentos sobre o escopo da customização	E4: "se eles conseguissem entender o porquê certamente explicariam melhor para os clientes aquilo que é passível de mudança na obra".
	Satisfação do consumidor em detrimento do cronograma	E1: "a engenharia precisa reorganizar o processo para melhorar o nível de serviço para o cliente, sem comprometer o prazo, custo e qualidade da obra". E4: "...a diretoria acaba sempre cedendo para o cliente, e é aquele corre corre pra saber qual é o impacto e qual o custo para aquela fase da obra". E5: "...difícil é tangibilizar todos os atrasos e retrabalhos para atender um cliente que comprou fora do prazo e quer alterar o apartamento".
PREPARAÇÃO DOS ARQUIVOS	Retrabalhos de desenho gráfico	E3: "...as pranchas individualizadas por apartamento (de todos os projetos) demandam muito tempo, e que não agrega em nada para o cliente final".
REVISÃO E ANÁLISE	Falta de envolvimento dos setores na análise e validação	E5: "...a obra acaba vendo o projeto somente no momento de execução, compatibilizando muitas coisas no local". E6: "...muitas vezes as interferências resolvidas em obra e não documentadas, impactando no asbuilt do empreendimento".
	Falta de conhecimento técnico dos arquitetos dos clientes	E3: "...o projeto muitas vezes vem com personalizações que não são legalmente possíveis, como mudança de fachada, alterações em prumadas, gerando ruídos com os arquitetos e com os próprios clientes". E6: "Já chegou na obra revestimento com espessura muito superior aos parâmetros indicados, peças maiores do que o recomendado ou que exigem mão-de-obra ou material específico para aplicação".
DESENHO DA CUSTOMIZAÇÃO	Retrabalho gráfico de formatar dentro do padrão Dimas	E3: "cada arquiteto (do cliente) trabalha dentro de uma escala, legenda e formatação de arquivos diferente, sendo necessário redesenhar no padrão interno da empresa". E5: "...o ideal seria não ter esse redesenho, nossa meta era ir com os pavimentos tipos completos uma única vez para a obra executar". E4: "...retrabalho como também possíveis falhas na compreensão do que o profissional do cliente quis dizer com determinado desenho, cada um no seu padrão complica muito".
QUANTIFICAÇÃO	Quantificação manual dos itens gera baixa eficiência no processo	E6: "...sem contar as vezes que precisamos comprar picado porque o quantitativo dos apartamentos personalizados veio errado". E5: "os uso de kits também é prejudicado quando temos apartamentos com modificação".
ORÇAMENTO	Atrasos no cronograma de compras	E5: "...hoje tentamos negociar um contrato de fornecimento de material de forma aberta, pois o número de itens final vai variar de acordo com os projetos customizados, que nunca chegam no prazo". E4: "...além de ser demorada, geralmente não é fiél, sempre falta alguma coisa".
	Dificuldade de calcular o real custo da customização	E3: "...bem na verdade seguimos uma tabela base para cada tipo de alteração, nem sempre bate com o real custo". E6: "...o cliente não consegue perceber que analisar um apartamento individualmente quebra toda produção na obra".
	Clientes não concordam com os custos das customizações	E5: "...o complicado é que você abre para o cliente modificar o apartamento e eles ainda reclamam dos custos, querem conferir cada vírgula do que foi orçado". E3: "...o valor mais criticado é a taxa da construtora de administração e a taxa da análise dos projetistas dos projetos alterados". E4: "... esse vai e volta gera muito retrabalho, pois quando está todo o projeto pronto ele se assusta com os valores e, muitas vezes, acaba revisando cada item com o seu arquiteto".

APRESENTAÇÃO DO PROJETO E ORÇAMENTO PARA O CLIENTE	Dificuldade de visualização e escolha do projeto customizado	E1: "Não consegue visualizar desenhos em bidimensionais" E6: "...assinavam o aceite da customização, mas quando visitavam a obra alegavam terem solicitado de outra forma".
	Falta de controle de versionamento projeto atualizado	E3: "...muitas vezes falta um pequeno ajuste e dá um trabalho enorme refazer toda documentação para o cliente e para a obra". E4: "O cliente precisa ficar com algo para se sentir seguro, para ir nas lojas de móveis, para levar para o seu arquiteto."
DOCUMENTAÇÃO PARA A OBRA	Retrabalho de desenho gráfico	E4: "...retrabalho de passar novamente do padrão do arquiteto para o padrão da construtora (após o recebimento do projeto de customização), pois entregamos para a obra o pavimento tipo unificado".
	Execução inconsistente	E6: "o empreiteiro não se atenta para os projetos do apartamento customizado (mesmo fixada uma placa na porta do apartamento) e executa o projeto padrão do empreendimento". E7: "...e mesmo eliminando o papel da obra para ter a versão atualizada sempre pelo qrcode, ainda assim temos problemas de versionamento...precisa cuidar para não sair uma bagunça e virar uma bagunça digital".
EXECUÇÃO DA OBRA	Perda de produtividade e retrabalhos	E6: "...a gestão da obra fica bem comprometida, tudo picado, sem padrão, perde-se muita produtividade no canteiro". E3: "existem pequenos retrabalhos por diferenças "finas" na execução. Geralmente quando o cliente personaliza um ponto hidráulico por exemplo, ele quer o ponto exatamente naquele lugar, pois pode cair bem no montante de um armário ou o ponto elétrico alterado pegar na metade de um rodapia planejado".
MANUTENÇÃO	Problemas no asbuilt e memorial	E7: "...é muito comum memorial padrão para apartamento modificado...precisa daí rastrear no pedido de compras o que foi comprado, isso atrasa demais o processo" E7: "...o asbuilt da obra também é outro ponto que pega no processo, pois nem sempre está bem de acordo com a realidade".
	Falta de reserva técnica dos acabamentos customizados	E7: "...e quando não tem o piso do mesmo modelo (reserva técnica) para fazer uma manutenção? Daí sim temos um problema".

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Com a análise de todo o processo, foi possível perceber todo o esforço da empresa D em entregar um produto final customizado, o mais pronto possível para uso e ocupação final do imóvel. Nesse cenário, a empresa acaba cedendo muitas vezes à customização, mesmo com a obra em estágios mais avançados, como forma de diferencial para a escolha do cliente pela empresa no fechamento do negócio.

A estrutura operacional, entretanto, é robusta e precisa estar bem preparada para o atendimento da alta demanda de customização dos projetos. É válido ressaltar o alto retrabalho observado nas diversas etapas, desde a necessidade do redesenho dos projetos para um padrão mais compreensível para o cliente e arquiteto terceiro, até os retrabalhos observados em canteiro, seja pela execução parcial do projeto ou a execução do apartamento como no projeto padrão.

Salienta-se também que nem todos os entraves verificados são solucionados com o uso do processo BIM. A fim de cumprir os objetivos da pesquisa, os entraves “falta de comunicação da equipe de vendas sobre o cronograma da obra”, “treinamento sobre o escopo da customização”, “satisfação do consumidor em detrimento do cronograma” e “falta de reserva técnica dos acabamentos customizados” não foram abordados no desenvolvimento da pesquisa.

## 4.2 ETAPA DE DESENVOLVIMENTO

### 4.2.1 Desenvolvimento do modelo BIM

Dentro da etapa exploratória, a partir do mapeamento do fluxo de trabalho atual do serviço de customização oferecido pela empresa, buscou-se desenvolver um conceito de solução, a partir do desenvolvimento do modelo BIM. O estudo teve como foco o desenvolvimento da modelagem de um apartamento real do empreendimento, com a modelagem de todas as disciplinas de projeto e parâmetros passíveis de customizar no serviço oferecido. A Figura 30 ilustra a planta do projeto padrão do apartamento 101 (torre A). O apartamento escolhido para modelagem BIM ainda possui um acréscimo de área de sacada em relação aos demais apartamentos, diferenciando-o em relação aos demais apartamentos tipo.

Figura 30 –Planta baixa do apartamento 101, torre A.



Fonte: Fornecido pela Construtora D (2018).

Para a transcrição dos projetos para o software Revit, utilizou-se os arquivos do projeto arquitetônico e das disciplinas complementares (estrutural, elétrico e telecom, hidráulica, climatização e projeto de combate a incêndio), com a versão 2018 estudantil do *software* AutoCAD, da Autodesk. Além disso, a empresa D forneceu os dados relativos ao método e detalhes construtivos, como espessuras de bloco cerâmico, detalhe de gesso, além da tabela de acabamentos especificada para o empreendimento.

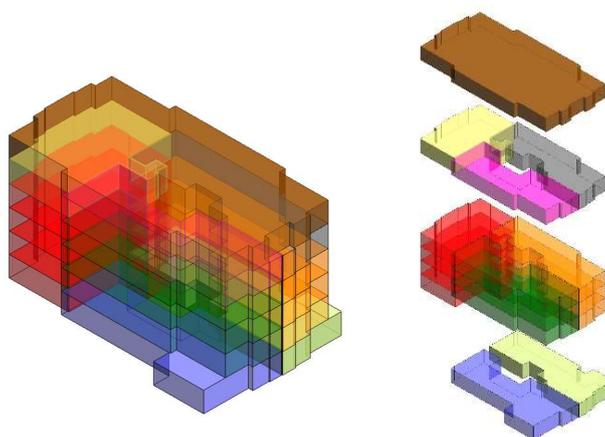
A partir disso, com o mapeamento do fluxograma e informações necessárias ao processo de customização atual praticado pela construtora foi estabelecido o nível de

desenvolvimento LOD300 para o Modelo de Informação da Construção, no qual exige-se a especificação de sistemas e componentes com informações precisas de quantidades, dimensões, localização e orientação.

Um dos primeiros itens mapeados no processo de modelagem foi a necessidade de separação dos projetos por prumada e por tipologia de apartamento, com a previsão de fluxo de trabalho colaborativo. Dessa forma, criou-se uma visualização dos apartamentos separada por cores, que facilitou a coordenação de arquivos e gestão visual das diferentes tipologias de unidades presentes na torre A, conforme mostra a Figura 31. Assim, as unidades foram separadas em:

- a) apartamentos pavimento *Garden*: apartamentos com área de sacada maior do que os demais, com 2 tipos diferentes de planta;
- b) apartamentos pavimento tipo: tipologia referente ao 2º, 3º e 4º andar, com 3 tipos diferentes de planta;
- c) apartamentos pavimento tipo 05: referente aos apartamentos do 5º andar que possuem pé-direito diferente dos demais em função de restrições técnicas;
- d) pavimento ático: referente à cobertura.

Figura 31 – Modelagem da torre A

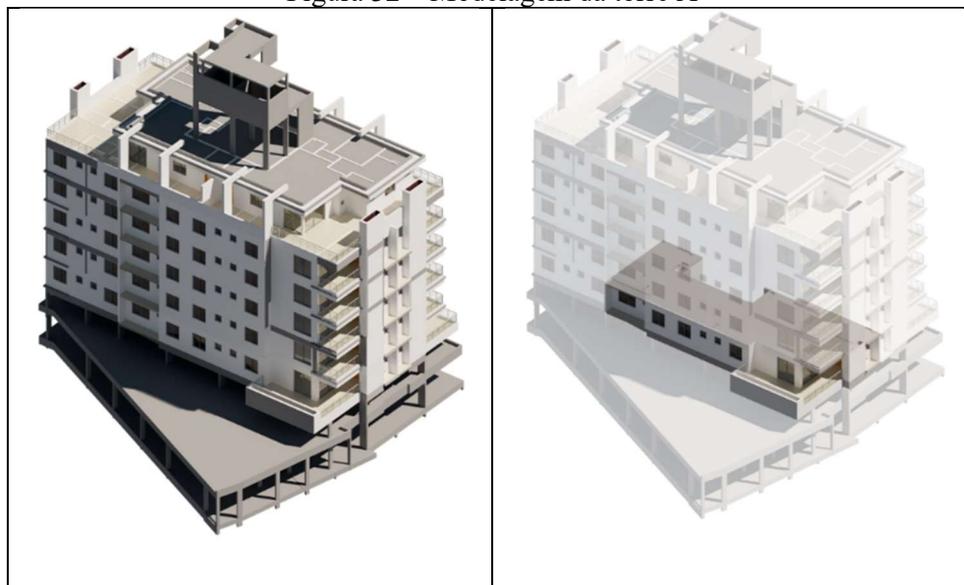


Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Assim, para facilitar a visualização da montagem da torre foram criadas, para cada tipologia, modelos volumétricos com a mesma posição e formato das unidades, assim, torna-se possível verificar se os apartamentos estavam vinculados no local correto ou se não havia sobreposição entre eles. Dessa forma, a construção da torre A foi feita a partir associação das unidades privativas modeladas em diferentes arquivos e associadas em um arquivo federado

através do uso de vínculos no *software* Revit. A Figura 32 mostra uma renderização do arquivo federado e o destaque do arquivo vinculado do apartamento modelo.

Figura 32 – Modelagem da torre A

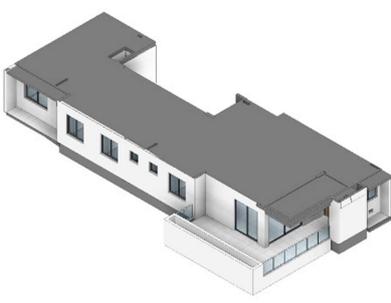
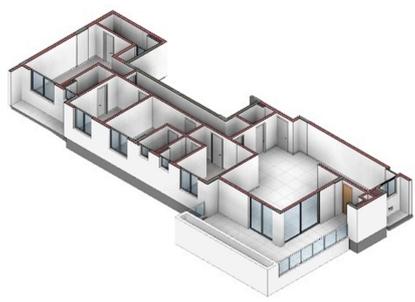
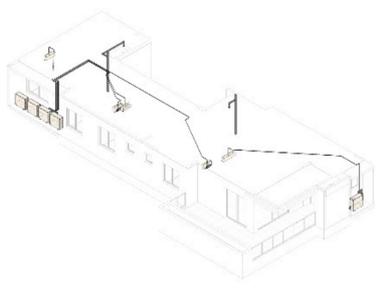
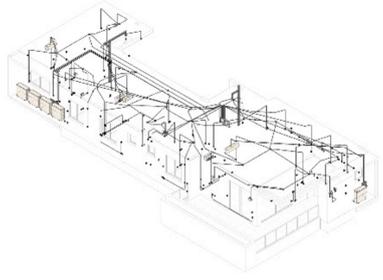
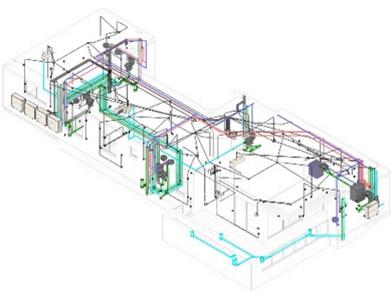
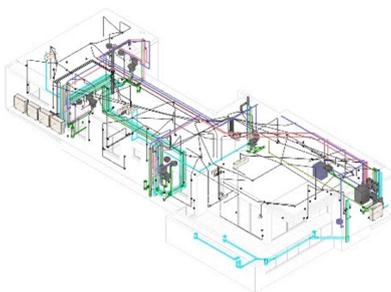
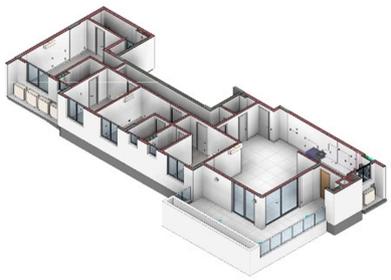


Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Assim, uma das possibilidades identificadas para trabalho colaborativo é através de um ambiente virtual para repositório dos arquivos, com as permissões de edição ou visualização do projetista do cliente, a empresa consegue disponibilizar os arquivos (separados em vínculos) para os projetistas trabalharem localmente e esse é sincronizado em tempo real com o modelo federado em nuvem, conforme visto na revisão bibliográfica.

Para o estudo, foram modeladas as disciplinas de arquitetura, elétrica, telecomunicações, hidráulica, gás, ar condicionado, revestimentos e acabamentos especificados e utilizado o IFC do modelo estrutural dos apartamentos da torre A do empreendimento, considerando essa torre como área de influência do processo de customização. A Figura 33 mostra o destaque das diferentes disciplinas modeladas nessa etapa de trabalho.

Figura 33 – Perspectivas do projeto arquitetônico e compatibilização com a modelagem dos projetos complementares

	
<p>Detalhamentos forros de gesso</p>	<p>Revestimentos e esquadrias utilizados</p>
	
<p>Projeto de Climatização</p>	<p>Projeto de climatização, elétrico e telecom</p>
	
<p>Projeto de climatização, elétrico, telecom e hidráulico</p>	<p>Projeto de climatização, elétrico, telecom, hidráulico e gás</p>
	
<p>Visualização completa das disciplinas</p>	<p>Visualização com interiores</p>

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

## 4.2.2 Simulação da aplicação do BIM para gestão de projeto de customização de uma unidade habitacional

A simulação do uso do modelo BIM foi feita a partir de uma customização real de uma unidade habitacional desenvolvida pela empresa no atual método. O entendimento dos requisitos e necessidades do cliente se deu a partir da análise dos projetos com as alterações propostas pelo arquiteto do cliente bem como dos projetos alterados já no padrão da construtora, conforme constam no Anexo D do trabalho. A Figura 34 ilustra a planta baixa do apartamento 101, com as customizações de projeto propostas pelo arquiteto do cliente.

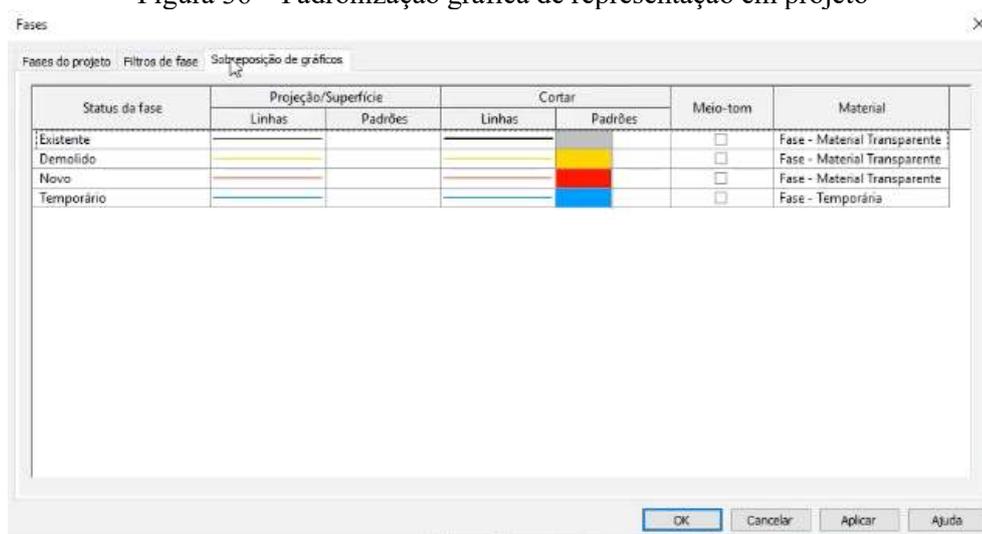
Figura 34 –Planta baixa do apartamento 101 customizada e original, torre A.



Fonte: Fornecido pela Construtora D (2018).



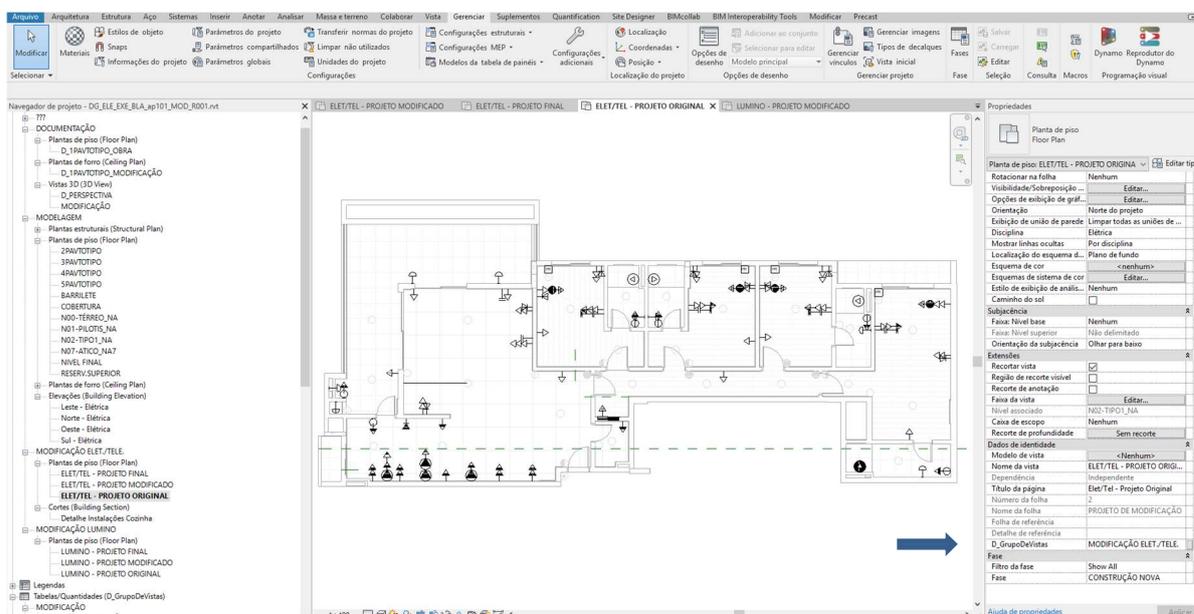
Figura 36 – Padronização gráfica de representação em projeto



Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Assim, os filtros de fase foram aplicados para demonstrar o processo de projeto dentro do modelo. A Figura 37, ilustra a organização da modelagem do arquivo para o projeto elétrico, demonstrando a situação inicial do projeto, pois nessa fase ainda não existem itens propostos no modelo.

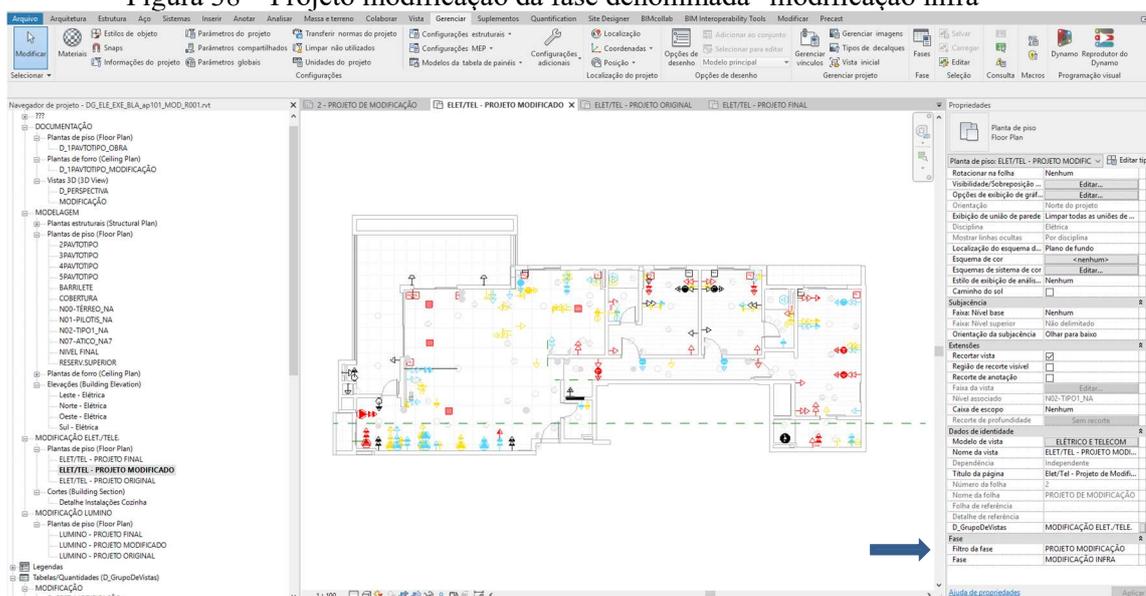
Figura 37 – Situação inicial da fase denominada “modificação infra”



Fonte: Elaborado pela autora (2018).

A partir desse momento o arquiteto do cliente, ao desenvolver o projeto de customização, indica para *software* o que aconteceu com cada elemento do projeto, os quais possuem propriedades de cores para entendimento conforme mostra a Figura 38.

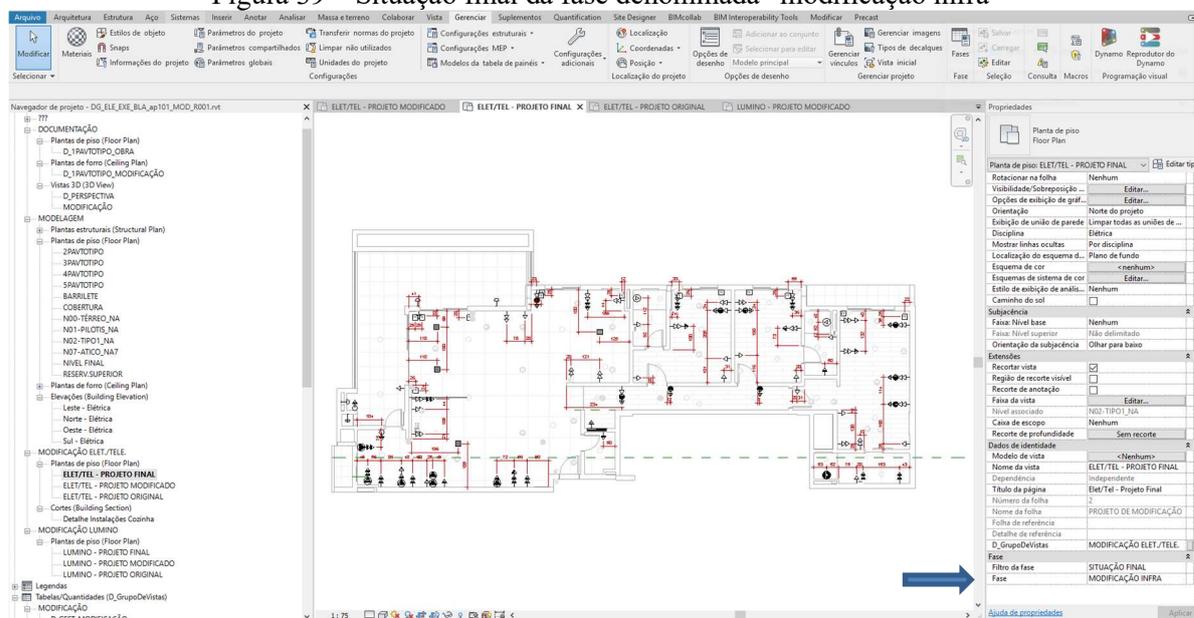
Figura 38 – Projeto modificação da fase denominada “modificação infra”



Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Uma vez finalizado o projeto, ao aplicar o filtro “situação final”, o projeto está configurado para exibir somente como ficará o produto final entregue, conforme mostra a Figura 39.

Figura 39 – Situação final da fase denominada “modificação infra”



Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Assim, a partir do mapeamento das etapas de customização da obra, tornou-se possível rastrear e documentar todas as alterações efetuadas em cada uma das etapas, trazendo transparência e assertividade para o processo de customização. Somado a isso, outro ponto crucial foi a criação de parâmetros para dar inteligência aos elementos. Com a gestão dos



Figura 41 – Tabela de custos de alteração de pontos elétricos apto modelo

ELET/TEL - PROJETO MODIFICADO							
D_GEST_MODIFICAÇÃO X D_QUANT_MODIFICAÇÃO N02-TIPO1_NA							
<D_GEST_MODIFICAÇÃO>							
A	B	C	D	E	F	G	H
VT/VIT	Tipo	DESCRIÇÃO	QTD	Acrescentado	Deslocado	Tipo Modificação	Valor
D_CONEXCOND_CAIKPASS_OCT							
D_CONEXCOND_CAIKPASS_OCT		CAIXA OCTOGONAL 4"X4"X2" PARA PONTO DE LUZ	24	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	0,00
D_DISPCOM_QUADRO_DIST							
D_DISPCOM_QUADRO_D_DIST		CENTRO DE DISTRIBUIÇÃO	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	0,00
D_DISPCOM_QUADRO_VDI							
D_DISPCOM_QUADRO_D_VDI		QUADRO DE CABEAMENTO ESTRUTURADO	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	0,00
D_DISPCOM_TELECOM							
D_DISPCOM_TELECOM_D_TELE_NTE_150		PONTO DE ESPERA PARA INTERFONE, EM CAIXA 2"X4"	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	0,00
D_DISPCOM_TELECOM_D_TELE_NTE_30		PONTO DE ESPERA PARA TELECOM. COM UMA TOMADA PADRÃO RJ_11 + ESPERA PARA C	9	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	0,00
D_DISPCOM_TV							
D_DISPCOM_TV		PONTO DE ESPERA PARA TV, EM CAIXA 4"X4"	10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	0,00
D_DISPLU_INTERRUPTORES							
D_DISPLU_INTERRUPTO_D_NTE_1_SM_CAMP		CAMPAINHA 10A/220V, EM CAIXA 2"X4"	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	0,00
D_DISPLU_INTERRUPTO_D_NTE_1_SM_PERS		COMANDO DA PERSIANA EM CAIXA 2"X4"	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	0,00
D_DISPLU_INTERRUPTO_D_NTE_2_SM_SM_TOM_120_20A		INTERRUPTOR DUPL0, 10A/220V + TOMADA 2P-T/20A/250V, EM CAIXA 2"X4"	4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		100,00
D_DISPLU_INTERRUPTO_D_NTE_2_SM_SM		INTERRUPTOR DUPL0, 10A/220V, EM CAIXA 2"X4"	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	0,00
D_DISPLU_INTERRUPTO_D_NTE_2_PAR_SM		INTERRUPTOR PARALELO + SIMPL0S, 10A/220V, EM CAIXA 2"X4"	5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		100,00
D_DISPLU_INTERRUPTO_D_NTE_1_PAR_TOM_90_20A		INTERRUPTOR PARALELO, 10A/220V + TOMADA 2P-T/20A/250V, EM CAIXA 2"X4"	10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		850,00
D_DISPLU_INTERRUPTO_D_NTE_1_PAR		INTERRUPTOR PARALELO, 10A/220V, EM CAIXA 2"X4"	10	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		650,00
D_DISPLU_INTERRUPTO_D_NTE_1_SM_TOM_120_20A		INTERRUPTOR SIMPL0S, 10A/220V + TOMADA 2P-T/20A/250V, EM CAIXA 2"X4"	2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	0,00
D_DISPLU_INTERRUPTO_D_NTE_1_SM		INTERRUPTOR SIMPL0S, 10A/220V, EM CAIXA 2"X4"	5	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	0,00
D_DISPLU_INTERRUPTO_D_NTE_1_SM_EXAUS		PULSADOR 2A/220V PARA COMANDO EXAUSTOR EM CAIXA 2"X4"	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	0,00
D_LUMELET_CAIKPASS							
D_LUMELET_CAIKPASS_CAIKX 4X2		TOMADA PREVISÃO PARA CHUVEIRO EM CAIXA 4"X4", 40A	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	0,00
D_LUMELET_CAIKPASS_CAIKX 4X2		TOMADA PREVISÃO PARA CHUVEIRO EM CAIXA 4"X4", 40A	4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	0,00
D_LUMELET_CAIKPASS_CORTINEIRO							
D_LUMELET_CAIKPASS_D_CAIKPASS_4X2		TOMADA PREVISÃO PARA CHUVEIRO EM CAIXA 4"X4", 40A	9	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		1.200,00
D_LUMELET_PONTOGESSO							
D_LUMELET_PONTOGESSO_CAIKX 4X2		TOMADA PREVISÃO PARA CHUVEIRO EM CAIXA 4"X4", 40A	38	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	0,00
D_LUMELET_TOMADAS							
D_LUMELET_TOMADAS_D_TOM_2_BAIKX_30CM_10A		2 TOMADA 2P-T, 10A/250V, EM CAIXA 2"X4"	27	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		2.150,00
D_LUMELET_TOMADAS_D_TOM_2_BAIKX_30CM_10A		2 TOMADA 2P-T, 20A/250V, EM CAIXA 2"X4"	16	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1.300,00
D_LUMELET_TOMADAS_D_TOM_3_BAIKX_30CM_10A		3 TOMADA 2P-T, 10A/250V, EM CAIXA 4"X4"	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	0,00
D_LUMELET_TOMADAS_D_TOM_1_ALTA_210CM_40A		CAIXA 4"X4" COM TAMPA COM FURO CENTRAL PARA INSTALAR CONECTOR (R=40A) PAR	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		0,00
D_LUMELET_TOMADAS_D_TOM_1_ALTA_210CM_40A		TOMADA 2P-T, 10A/250V, EM CAIXA 2"X4"	26	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1.650,00
D_LUMELET_TOMADAS_D_TOM_1_MEDIA_150CM_10A_QUADRO		TOMADA 2P-T, 10A/250V, EM CAIXA 2"X4" INSTALADA DENTRO DO QUADRO TELECOM	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	0,00
D_LUMELET_TOMADAS_D_TOM_1_MEDIA_150CM_10A_QUADRO		TOMADA 2P-T, 20A/250V, EM CAIXA 2"X4"	20	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1.100,00
D_LUMELET_TOMADAS_D_TOM_1_BAIKX_30CM_20A_AQUATIC		TOMADA AQUATIC 2P-T, 20A/250V, EM CAIXA 2"X4"	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	0,00
D_LUMELET_TOMADAS_D_TOM_1_ALTA_210CM_40A_ESPERA		TOMADA PREVISÃO PARA CHUVEIRO, EM CAIXA 4"X4", COM TAMPA CEGA	4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		200,00
D_LUMELET_TOMADAS - MOD							
D_LUMELET_TOMADAS_TOMADA TOALHEIRO		3 TOMADA 2P-T, 10A/250V, EM CAIXA 4"X4"	3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	0,00
D_LUM_ILUMINACAO							
D_LUM_ILUMINACAO_D_LUM_ARAN_190		ARANDELA NA PAREDE EM CAIXA 2"X4"	7	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	0,00
D_LUM_ILUMINACAO_D_LUM_LUZ_180_CHURR		PONTO DE LUZ NA CHURRASQUEIRA COM BOCAL DE PORCELANA EM CAIXA 2"X4"	1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EXISTENTE	0,00
Total geral: 252							9.300,00

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Figura 42 – Tabela de custos de alteração de pontos elétricos apto modelo

ELET/TEL - PROJETO MODIFICADO				
D_GEST_MODIFICAÇÃO X D_QUANT_MODIFICAÇÃO X N02-TIPO1_NA				
<D_QUANT_MODIFICAÇÃO>				
A	B	C	D	E
DESCRIÇÃO	QTD	Comentários	Tipo Modificação	Valor
<b>D_DISPLU_INTERRUPTORES</b>				
INTERRUPTOR DUPL0, 10A/220V + TOMADA 2P-T/20A/250V, EM CAIXA 2"X4"	1	DESLOCADO	DESLOCADO	100,00
INTERRUPTOR PARALELO + SIMPL0S, 10A/220V, EM CAIXA 2"X4"	1	DESLOCADO	DESLOCADO	100,00
INTERRUPTOR PARALELO, 10A/220V + TOMADA 2P-T/20A/250V, EM CAIXA 2"X4"	3	ACRESCENTADO	ACRESCENTADO	450,00
INTERRUPTOR PARALELO, 10A/220V + TOMADA 2P-T/20A/250V, EM CAIXA 2"X4"	4	DESLOCADO	DESLOCADO	400,00
INTERRUPTOR PARALELO, 10A/220V, EM CAIXA 2"X4"	3	ACRESCENTADO	ACRESCENTADO	450,00
INTERRUPTOR PARALELO, 10A/220V, EM CAIXA 2"X4"	2	DESLOCADO	DESLOCADO	200,00
<b>D_LUMELET_CAIKPASS_CORTINEIRO</b>				
TOMADA PREVISÃO PARA CHUVEIRO EM CAIXA 4"X4", 40A	8	ACRESCENTADO	ACRESCENTADO	1.200,00
<b>D_LUMELET_TOMADAS</b>				
2 TOMADA 2P-T, 10A/250V, EM CAIXA 2"X4"	7	ACRESCENTADO	ACRESCENTADO	1.050,00
2 TOMADA 2P-T, 10A/250V, EM CAIXA 2"X4"	11	DESLOCADO	DESLOCADO	1.100,00
2 TOMADA 2P-T, 20A/250V, EM CAIXA 2"X4"	4	ACRESCENTADO	ACRESCENTADO	600,00
2 TOMADA 2P-T, 20A/250V, EM CAIXA 2"X4"	7	DESLOCADO	DESLOCADO	700,00
TOMADA 2P-T, 10A/250V, EM CAIXA 2"X4"	7	ACRESCENTADO	ACRESCENTADO	1.050,00
TOMADA 2P-T, 10A/250V, EM CAIXA 2"X4"	6	DESLOCADO	DESLOCADO	600,00
TOMADA 2P-T, 20A/250V, EM CAIXA 2"X4"	2	ACRESCENTADO	ACRESCENTADO	300,00
TOMADA 2P-T, 20A/250V, EM CAIXA 2"X4"	8	DESLOCADO	DESLOCADO	800,00
TOMADA PREVISÃO PARA CHUVEIRO, EM CAIXA 4"X4", COM TAMPA CEGA	2	DESLOCADO	DESLOCADO	200,00
Total geral: 76				9.300,00

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Figura 43 – Fórmula aplicada para precificação projeto elétrico

Valor calculado

Nome:

Disciplina:

Tipo:

Fórmula:

OK Cancelar Ajuda

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Os quantitativos e orçamentos foram tratados dentro do modelo, pensando na rastreabilidade e centralização da informação. Outro ponto importante é considerar a dinamicidade do processo, pois o cliente pode desejar fazer mais alguma alteração durante o prazo hábil de customização, mesmo que tenha validado uma etapa, tornando as alterações em projeto mais dinâmicas. Além disso, o próprio profissional contratado pelo cliente, durante o processo de alteração de projeto, já pode dar um balizamento sobre os custos advindos das alterações propostas, evitando o desgaste citado no mapeamento dos entraves do processo atual, onde o cliente é surpreendido com o valor da customização, gerando todo um retrabalho para desenvolver novas alterações quando o custo fica acima da expectativa do cliente.

Uma das limitações identificadas nesse processo é a integração com o *software* de ERP utilizado pela empresa D que objetivam consolidar as alterações propostas com o orçamento global do empreendimento, bem como as integrações para geração de pedidos de compra a partir do modelo.

A partir das tabelas das alterações efetuadas no projeto customizado foi possível perceber a relevância da organização dos requisitos de informação dos elementos, como parte do PEB do projeto de customização, a ser definida no início do projeto para evitar retrabalhos no processo. Utilizando o exemplo do projeto elétrico, identificou-se a necessidade de mapear quais informações poderiam ser úteis durante o processo de customização, conforme mostra o Quadro 16. A partir do entendimento das informações necessárias para o modelo, optou-se pelo uso do nível de desenvolvimento 300, o qual representa uma visão detalhada dos componentes e sistema do edifício, com precisão nas dimensões, forma, localização, orientação e quantidades.

Quadro 16 – Exemplo de levantamento dos requisitos de informação PEB

ELÉTRICA	<NOME DO COMPONENTE>
ND	INFORMAÇÕES
ND 100	ALTURA
	POSIÇÃO
ND 200	SISTEMA
	TIPO
	DIMENSÃO
ND 300	CONEXÕES
	FORNECEDORES
	MODELO
	CUSTO
ND 400	GEOMETRIA
	COR

Fonte: Desenvolvido pela autora (2018).

Além do projeto elétrico e telecom demonstrado anteriormente, foram aplicados os parâmetros para o projeto de alvenarias, hidráulico, climatização e gás. Para o projeto de gesso

e revestimentos, a empresa propôs o projeto padrão e mais 2 opções de pré-definidas para o cliente escolher para as opções de gesso. Através do comando “opções” do *software* Revit foi possível travar as 3 opções disponíveis para o cliente escolher, com os custos atrelados a cada uma das delas, conforme mostra a Figura 44.

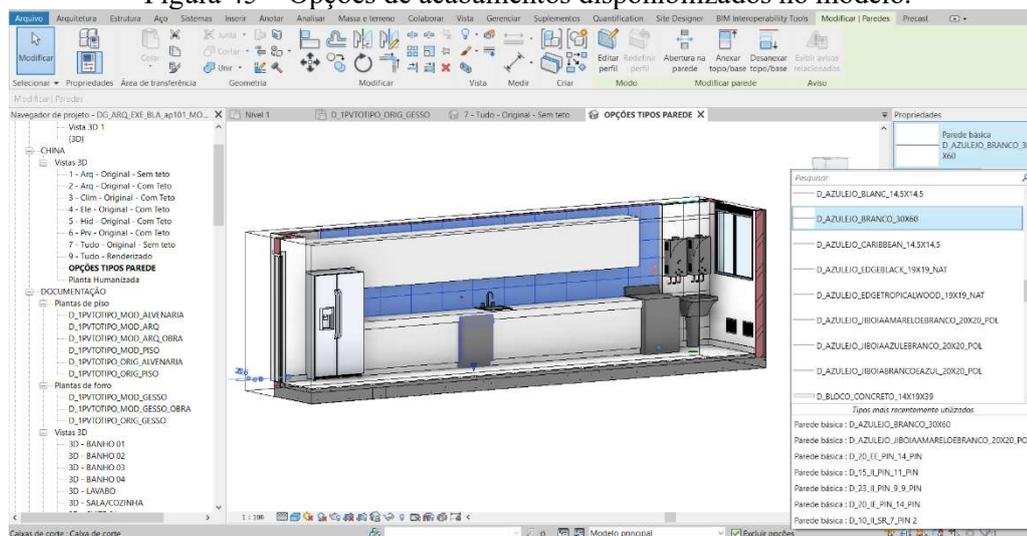
Figura 44 – Opções de gesso pré-definidos no modelo.

	A	B	C	D
	Typo	Custo	Área	Custo Total
D_FORRO_3_CO	69.90	0,63 m²	43,79	
D_FORRO_3_CO	69.90	0,80 m²	55,61	
D_FORRO_3_CO	69.90	0,96 m²	66,84	
D_FORRO_3_CO	69.90	1,29 m²	90,46	
D_FORRO_3_CO	69.90	2,96 m²	143,89	
D_FORRO_3_CO	69.90	2,96 m²	206,58	
D_FORRO_3_CO	69.90	3,14 m²	219,21	
D_FORRO_3_CO	69.90	3,61 m²	252,14	
D_FORRO_3_CO	69.90	4,61 m²	321,98	
D_FORRO_3_CO	69.90	4,73 m²	330,29	
D_FORRO_3_CO	69.90	9,06 m²	633,08	
D_FORRO_3_CO	69.90	9,46 m²	661,24	
D_FORRO_3_CO	69.90	10,66 m²	745,06	
D_FORRO_3_CO	69.90	11,88 m²	830,68	
D_FORRO_3_CO	69.90	11,96 m²	835,88	
D_FORRO_3_CO	69.90	18,89 m²	1326,51	
D_FORRO_3_CO	69.90	45,73 m²	3196,49	
D_NEGAT_3_CO	69.90	0,36 m²	25,00	
D_NEGAT_3_CO	69.90	0,39 m²	27,12	
D_NEGAT_3_CO	69.90	0,44 m²	61,74	
D_NEGAT_3_CO	69.90	0,51 m²	35,90	
D_NEGAT_3_CO	69.90	0,95 m²	66,35	
D_NEGAT_3_CO	69.90	0,96 m²	66,84	
D_NEGAT_3_CO	69.90	1,24 m²	86,56	
D_NEGAT_3_CO	69.90	1,96 m²	129,15	
Total geral			10463,15	

Fonte: Elaborado pela autora (2018).

No caso dos revestimentos, caso o cliente não opte por nenhuma das opções oferecidas, o cliente então pode efetuar a personalização do projeto com outra opção dentre as disponibilizadas pelo fabricante fornecedor de cerâmica contratado para o empreendimento. As famílias dos revestimentos já estariam carregadas no modelo (com os custos atrelados) para o arquiteto selecionar e fazer as combinações, conforme mostra a Figura 45.

Figura 45 – Opções de acabamentos disponibilizados no modelo.



Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Verificou-se assim, a necessidade de envolvimento dos fornecedores fabricantes desde a concepção do memorial descritivo, intermediando o fornecimento das bibliotecas padrão para alimentar no modelo BIM. Com as possibilidades aplicadas ao *template*, mais facilmente o arquiteto consegue experimentar os diferentes revestimentos, bem com as possíveis paginações de materiais. Assim, com toda informação carregada, o sistema não só melhora a qualidade do trabalho, como também antecipa a tomada de decisões e mudanças durante o processo de construção, solucionando problemas virtualmente e reduzindo custos gerais e retrabalhos no processo.

Outro ponto importante identificado nas entrevistas são as fases existentes no processo de customização, que acompanham o cronograma de execução da obra. Para integrar as fases com o projeto BIM, o modelo vinculado disponibilizado ao arquiteto do cliente iria com as permissões de edição organizadas de acordo com as fases, possibilitando a alteração somente dos itens pertencentes aquela fase aberta à customização no período determinado. Assim, é possível melhor integrar os marcos da obra com a construção digital.

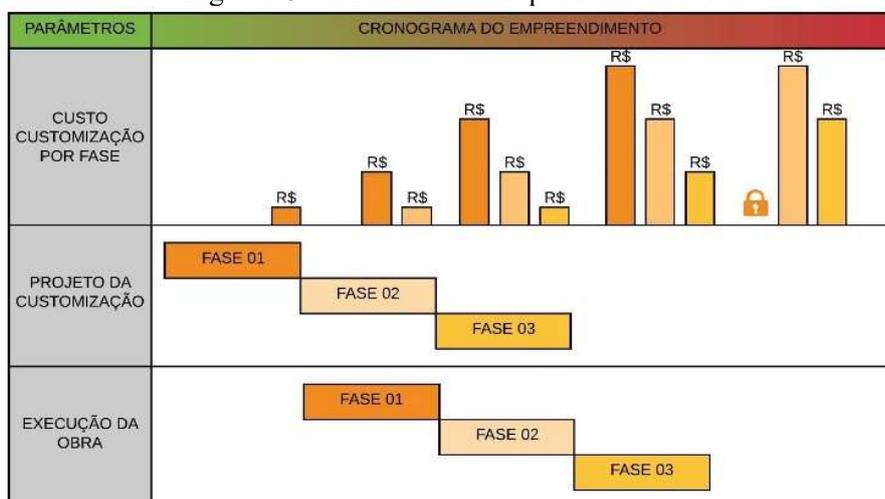
Além do bloqueio pelas fases de customização, dentro do arquivo vinculado disponibilizado ao projetista do cliente, ficam bloqueados também por IFC as partes do modelo que não podem ser alteradas, como fachadas, prumadas hidráulicas e estrutura, facilitando o entendimento visual do projetista e do cliente sobre os parâmetros definidos pela construtora.

Conforme identificado nas entrevistas, um dos entraves encontrados é conciliar o cronograma de obra com a velocidade de vendas das unidades. Campanhas de marketing são efetuadas, mas nem sempre o mercado responde como esperado e vendas são realizadas com a

obra em estágios mais avançados. Diante desse cenário, foi identificado que são aceitas algumas customizações fora do prazo do cronograma da obra.

Assim, caso ainda seja demandada uma alteração em fase já executada pela obra e a construtora opte por atender o cliente, a fase determinada no modelo BIM seria liberada para o arquiteto do cliente propor as alterações. O modelo carregaria consigo novos parâmetros de custo atrelados de acordo os marcos, considerando os retrabalhos a serem executados na obra. A Figura 46 mostra as fases de customização e custos envolvidos, onde a construtora consegue parametrizar os custos das fases já executadas ou mesmo bloquear a execução de determinada fase caso venha a comprometer a entrega da obra.

Figura 46 – Custos atrelados por fases da obra



Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Com o projeto e quantitativos prontos, foi efetuada a renderização do modelo, ilustrando uma possibilidade de apresentação visual para o cliente, conforme mostra a Figura 47 e 48. Visando obter agilidade, as renderizações foram efetuadas dentro do próprio *software* Revit.

Figura 47 – Perspectiva renderizada para apresentação final ao cliente do apartamento customizado



Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Figura 48 – Perspectivas renderizadas para apresentação final ao cliente do apartamento customizado



Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Buscando ampliar o entendimento do projeto arquitetônico alterado por parte do cliente, outro artifício testado também o uso da realidade aumentada. Através do dispositivo, o cliente pode melhor compreender as alterações efetuadas no apartamento, perceber melhor o espaço proposto, bem como visualizar as opções de acabamentos pré-definidas para revestimentos, conforme mostra a Figura 49.

Figura 49 – Realidade aumentada aplicada para visualização do apartamento customizado.

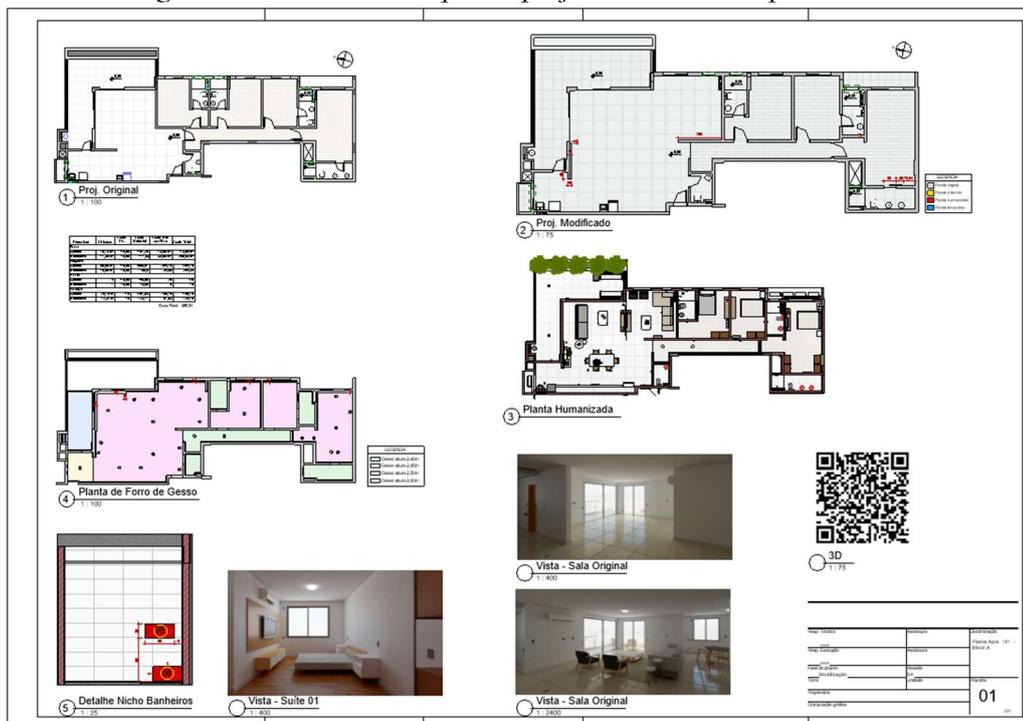


Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Também foi realizada a documentação automática do modelo, a partir das vistas previamente organizadas de acordo com a alteração efetuada pelo cliente. A visualização por

parte do cliente seguiria no modelo, com o uso de um visualizador *qr code* por exemplo, mas o aceite e formalização documental ainda existiriam no processo. A Figura 50 demonstra uma prancha criada, documentando as alterações efetuadas em projeto.

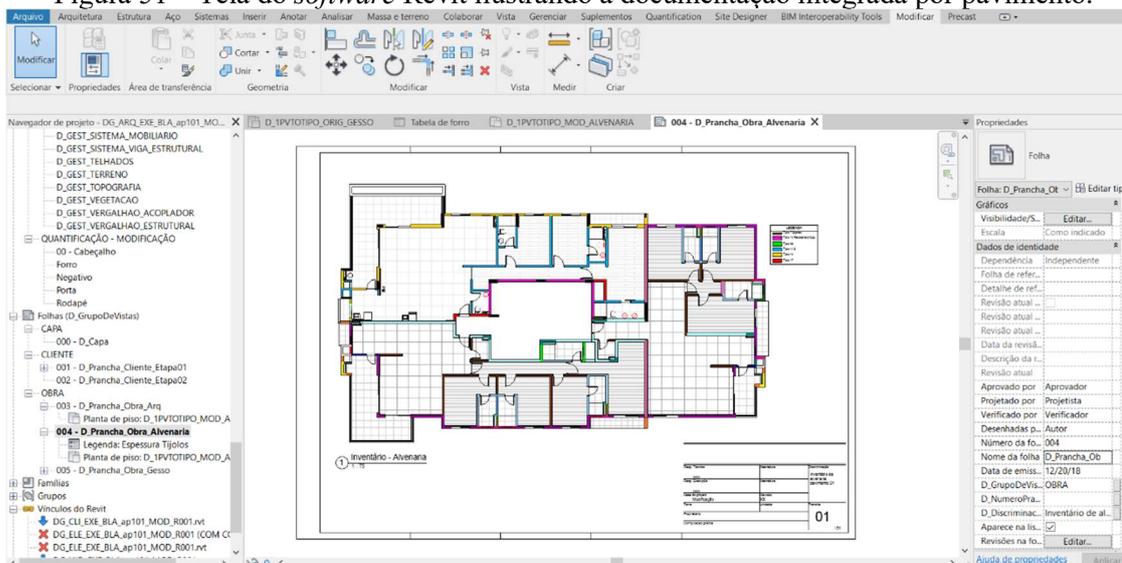
Figura 50 – Prancha exemplo de projeto customizado para cliente.



Fonte: Elaborado pela autora (2018).

Como foi identificado nas entrevistas, a produção documental torna o processo ineficaz, com muitos pontos de retrabalho gráfico e de revisão. Além disso, a informação correta sobre qual é o projeto certo na hora de fazer uma manutenção ou qual o memorial de acabamentos daquela unidade muitas vezes se perde ou gera informações duplicadas incoerentes. Assim, foi desenvolvido um modelo federado, a fim de extrair a documentação executiva de projeto. Dessa forma, os arquitetos dos clientes poderiam trabalhar individualmente em cada projeto, atribuindo informações ao modelo, automatizando boa parte do fluxo de trabalho gráfico e rastreabilidade da informação no processo. A Figura 51 mostra a planta de alvenarias (documentação executiva para obra) em arquivo federado, com os diferentes vínculos dos projetos no mesmo arquivo, gerando a documentação completa do pavimento tipo (com projetos customizados e projetos padrão integrados), com as informações atualizadas em arquivo central.

Figura 51 – Tela do *software* Revit ilustrando a documentação integrada por pavimento.



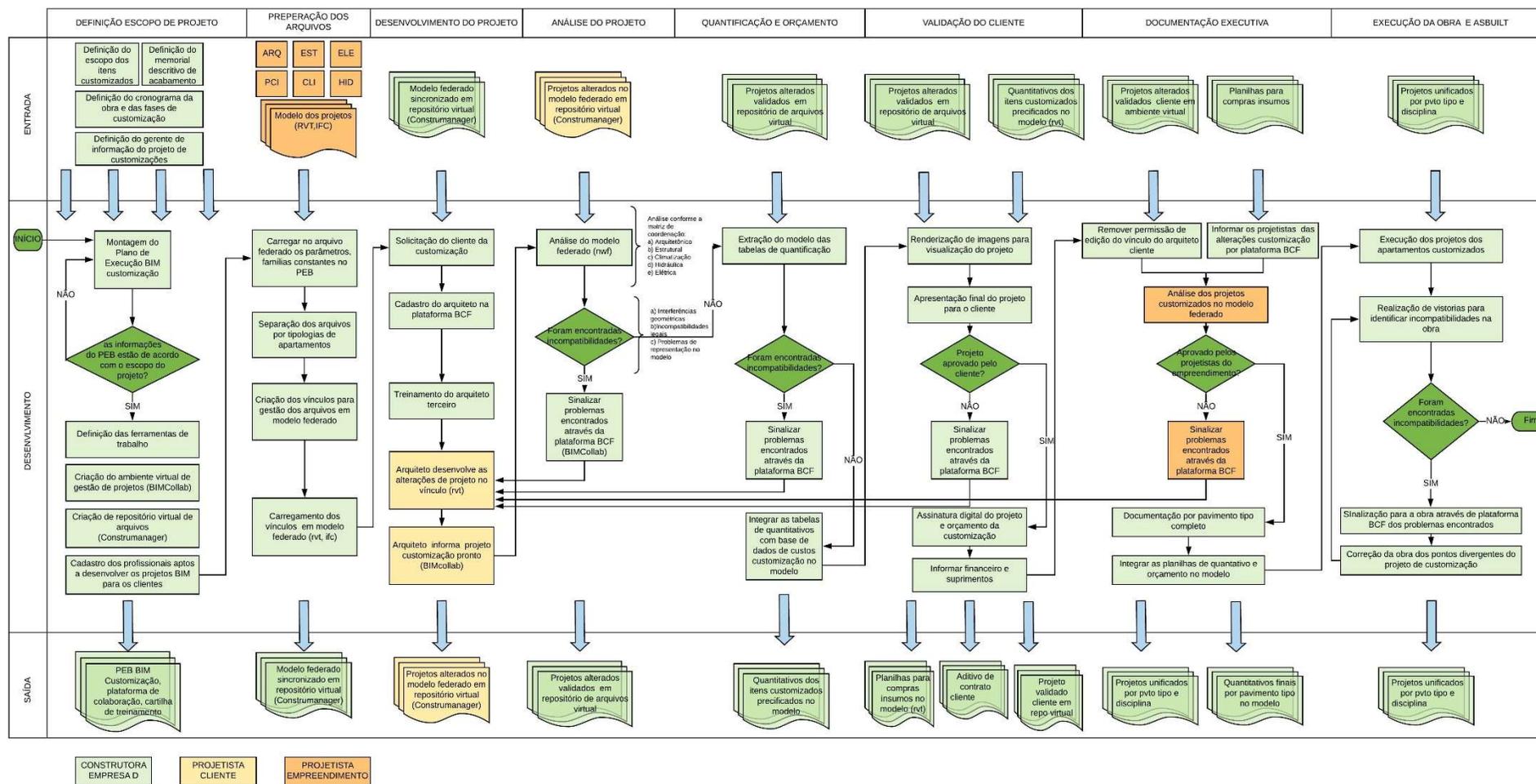
Fonte: Elaborado pela autora (2018).

#### 4.2.3 O mapeamento de processo BIM

A partir da identificação dos principais entraves no atual fluxo de customização e simulação do Modelo BIM, foi possível desenvolver um mapeamento do processo e construir uma proposta para fluxo de customização com o uso do BIM. O novo fluxograma proposto foi apresentado para a empresa junto aos principais agentes envolvidos - gerente técnico, engenheira responsável pela obra, gerente administrativa e coordenadora das customizações. O mapeamento do processo (Figura 52) considerou o recorte do processo de projeto das customizações, restringindo os agentes diretamente relacionados com as etapas mapeadas. O fluxograma proposto apresenta subdivisão dentre as diferentes etapas sequenciais propostas na remodelagem do processo, são elas:

- a) definição do escopo do projeto;
- b) preparação dos arquivos;
- c) desenvolvimento do projeto;
- d) análise do projeto;
- e) quantificação e orçamento;
- f) avaliação do cliente;
- g) documentação executiva;
- h) execução e *asbuilt*.

Figura 52 – Fluxograma desenvolvido a partir do modelo BIM



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

### 4.3 ETAPA DE CONSOLIDAÇÃO

#### 4.3.1 Proposição de diretrizes para avaliação dos especialistas

A partir da simulação do modelo BIM, foram identificadas e avaliadas as contribuições para o conhecimento, através da proposição de diretrizes e um novo fluxograma de trabalho, os quais foram submetidos a especialistas para avaliação.

Após o mapeamento dos especialistas, a validação do material aconteceu por entrevista presencial individual, em sua maioria no escritório do especialista. Para tanto, recorreu-se ao protocolo *Thinking Aloud* para obter as respostas necessárias dos especialistas, demonstrando a usabilidade do modelo, as etapas do fluxo de trabalho proposto e questionando o avaliador sobre as diretrizes previstas para das etapas do fluxograma proposto, conforme ilustrado no Quadro 17.

Quadro 17 – Diretrizes a serem testadas com os especialistas.

QUESTÃO	CONSIDERAÇÃO DOS ESPECIALISTAS	
Diga o que você pensa sobre: A necessidade de definição do escopo de customização para o fluxo BIM	CONCORDO	5
	DISCORDO	0
	RECORTE DAS RESPOSTAS DOS ENTREVISTADOS:	
	<p>E1: "A definição do escopo daquilo que é de fato possível modificar é fundamental, mandatório para a definição do próprio fluxo de como o projeto vai ser organizado, como a obra vai se organizar nos trabalhos no canteiro, gestão de fiscalização, compras de materiais, dentre outros".</p> <p>E3: "...o ideal realmente é esse, mas sabemos que na prática o memorial e muitas das definições são tomadas ao longo da execução...e cada vez tem coisas novas que os clientes tão pedindo que nem foram mapeadas".</p> <p>E4: "...é dele é que vai sair todo o trabalho que precisa ser organizado para entregar o resultado esperado, com o cliente satisfeito".</p> <p>E5: "Na definição do escopo do que vai ser alterado é importante também definir os materiais e a forma como ele vai ser aplicado na obra, o desenho, a prática de execução, o arremate, pois o modelo vai precisar representar tudo isso".</p>	
Diga o que você pensa sobre: A necessidade de separação por fases no processo de customização	CONCORDO	4
	DISCORDO	1
	E2: "...e nisso podemos aplicar o conceito de metodologia ágil: pegar um problema grande e fatiar em partes menores, com entregáveis bem claro e <i>sprints</i> definidas".	
	<p>E3: "...as fases devem estar em consonância com o cronograma da obra, respeitando os prazos limites de alteração pré-estabelecidos".</p> <p>E5: "Para o projetista o melhor seria entregar uma vez só para a obra executar. Como o ciclo às vezes é longo entre as fases, no meio do caminho o cliente acaba mudando de ideia".</p>	
Diga o que você pensa sobre: A necessidade de um gerente de informação para o projeto de customização da construtora.  Se sim, quem deveria exercer esse papel?	CONCORDO	5
	DISCORDO	0
	RECORTE DAS RESPOSTAS DOS ENTREVISTADOS:	
	<p>E1: "...o gerente BIM precisa compreender as finalidades e objetivos do modelo para conseguir desenhar o melhor processo e ferramental necessário. O gerente de informação precisa ser o profissional que irá lidar com clientes e com a gestão interna do projeto na construtora".</p> <p>E5: "...os dados gerados precisam alimentar o processo atual, como também os futuros processos de trabalho. Esse é um dos grandes papéis do BIM manager,... não tem como não ter alguém desempenhando esse papel para se ter um mínimo uso do BIM".</p> <p>E3: "A figura de um gestor da informação é necessária, mas pode ser ou não o mesmo gestor do projeto do empreendimento inteiro... vai depender do tamanho do prédio e da oferta de possibilidades para o cliente modificar na unidade".</p> <p>E4: "Precisa ter a figura de alguém orquestrando todo esse trabalho em colaboração, garantindo o que foi estabelecido no PEB e nos objetivos do uso do modelo. É muito fácil voltar passos atrás de não tiver alguém puxando esse processo novo... ao profissional que faz o atendimento da modificação do cliente deve ser delegado esse papel, contanto que ele entenda de gerenciamento de projetos".</p>	
Diga o que você pensa sobre: Montagem de um Plano de Execução BIM para o projeto de customização da construtora.	CONCORDO	5
	DISCORDO	0
	RECORTE DAS RESPOSTAS DOS ENTREVISTADOS:	
	<p>E1: "O PEB seria o coração de todo o processo de trabalho, essencial para organizar o nível de informação que será obtida do modelo, o próprio uso do modelo, as coordenadas compartilhadas para trabalho com modelo federado, é um documento bem denso e que todas as partes precisam acordar".</p> <p>E2: "...a qualidade do material entregue vai depender das especificidades do PEB da customização".</p> <p>E3: "Esse documento é que vai reger as responsabilidades, as expectativas, minimizando os retrabalhos e organizando o tempo desperdiçado no processo".</p> <p>E5: "Esse guia é imprescindível, especialmente para os terceiros que vão trabalhar colaborativamente. Um dos itens mais relevantes é a definição do LOD (ND) que o projeto precisa ter nessa fase".</p>	
Diga o que você pensa sobre: Definir as ferramentas e softwares necessários para o desenvolvimento dos trabalhos.	CONCORDO	3
	DISCORDO	2
	RECORTE DAS RESPOSTAS DOS ENTREVISTADOS:	
	<p>E1: "Existe essa limitação hoje, pois os softwares ainda não estão preparados para interoperabilidade".</p> <p>E2: "...vejo a alternativa de trabalho com os arquivos abertos se existir um marco de revisão pelos projetistas do empreendimento, como proposto no fluxograma".</p> <p>E4: "acho complicado limitar o software que o projetista terceiro vai trabalhar, quem vai pagar essa licença?"</p> <p>E5: "...entendendo toda a inteligência que está sendo inserida dentro do modelo, acho complicado garantir tudo isso com a utilização do IFC".</p>	

Diga o que você pensa sobre:Cadastrar os profissionais aptos a desenvolver o projeto de customização dos apartamentos.	CONCORDO	1
	DISCORDO	4
	RECORTE DAS RESPOSTAS DOS ENTREVISTADOS: E1: "Limitar o cliente com escritórios específicos pode tornar proibitivo e não democrático o processo de customização, se fosse eu não gostaria...Especificaria exatamente o escopo de entrega com o necessário para o cliente estar ciente antes de contratar o profissional de sua preferência". E2: "Deveria funcionar igual uma licitação, informando os requisitos técnicos necessários para participação, sem restringir". E3: "...importante deixar claro para o cliente no fechamento do apartamento que o profissional contratado deve se enquadrar na tecnologia BIM, dentro do BIM mandate estabelecido para esse projeto". E4: "O próprio plano de execução BIM pode ter um desdobramento para um guia mais visual ou recursos mais didáticos, como vídeos...". E5: "...num primeiro momento de implantação acho coerente filtrar os profissionais que já compreendem esse fluxo de trabalho colaborativo, dominam as ferramentas, já estão acostumados com esse processo".	
Diga o que você pensa sobre: a necessidade de um ambiente virtual para a comunicação dos projetos de apartamentos customizados.  Se sim, quem deveria pagar essa conta?	CONCORDO	5
	DISCORDO	0
	RECORTE DAS RESPOSTAS DOS ENTREVISTADOS: E1: "...importante constar na cartilha do PEB os limites e extensão de trabalho dos profissionais, o cronograma do projeto de customização alinhado com o cronograma da obra além da definição de um template de trabalho" E2: "um ambiente de trabalho colaborativo viabiliza o processo BIM e, para as customizações, melhora a rastreabilidade da informação". E3: "essa ferramenta deve ser gerida pela construtora, criando um usuário para o arquiteto do cliente, com o valor repassado ao cliente na customização".	
Diga o que você pensa sobre: o desenvolvimento de um template BIM para o desenvolvimento das customizações.	CONCORDO	4
	DISCORDO	1
	RECORTE DAS RESPOSTAS DOS ENTREVISTADOS: E1: "...Acho que o mais correto é não alienar o projetista, não aculturá-lo e sim exigir o desempenho esperado... tu não tá alienando um template, você tá alienando o valor. O rodapé, por exemplo, por ser executado pela ferramenta parede ou x. Independentemente da ferramenta que o projetista usar, o interessante para a construtora é que a tabela de quantitativo forneça o número de barras de rodapé, o que vai te agregar valor." E2: "O PEB vai exigir os usos do BIM propostos e informação necessária. O arquivo montado já contém a informação carregada para o projetista trabalhar dentro de determinados requisitos". E3: "...e nesse template vão carregadas todas as famílias dos fabricantes de instalações, de revestimentos, é essencial que o arquivo template contenha já o que foi especificado no memorial descritivo". E5: "...tu passas um arquivo hoje e as pessoas já tem um template...hoje em dia os projetistas se trocam, alteram e vão melhorando os templates, porque isso é um dos objetivos de evolução da plataforma".	
Diga o que você pensa sobre: Modelo Federado armazenado em repositório virtual	CONCORDO	5
	DISCORDO	0
	RECORTE DAS RESPOSTAS DOS ENTREVISTADOS: E1: "... Importante, pois os modelos são ligados logicamente, possibilitando as modificações simultâneas, porque está distribuído em partes". E3:"O modelo federado é o primeiro passo, mas só funciona bem se os marcos estiverem claros e a informação centralizada". E5: "...um ambiente virtual traz segurança para a informação, do versionamento correto, melhorando todo o fluxo de trabalho em colaboração".	
Diga o que você pensa sobre: A divisão de responsabilidade no projeto das customizações (dos projetistas do empreendimento e projetistas dos clientes)	CONCORDO	1
	DISCORDO	4
	RECORTE DAS RESPOSTAS DOS ENTREVISTADOS: E1:"O BIM muda completamente a interação por isso a necessidade de identificação da responsabilidade entre as partes...os projetos são multidisciplinares e incluem informações que nem todos gerenciam... Quem é responsável pelo que? Onde termina a minha e começa a sua responsabilidade? Isso precisa bem delineado". E2: "a responsabilidade acaba misturando com o conceito de rastreabilidade da informação e precisa ser mediada pela empresa contratante dos projetos do empreendimento, que é a parte mais interessada no sucesso do bom andamento do projeto e execução da obra". E4: "...se eu sou o autor do projeto do prédio preciso estar ciente de todas as alterações dos clientes, tem muitas regras envolvidas... não tem como passar sem revisar as modificações na obra... isso pode até atrapalhar o habite-se, imagina?...mas isso não significa responsabilidade sobre todo o projeto de terceiro". E5: "... O BIM traz de novo a responsabilidade para o arquiteto projetista - que é conjunta do arquiteto da obra e do cliente. O profissional do cliente também precisa conhecer de legislação, de dimensionamentos mínimos e como a obra realmente é executada, não tem mais decisão na obra."	

	CONCORDO	5
	DISCORDO	0
Diga o que você pensa sobre: "Integrar a base de custo no modelo".	<p>RECORTE DAS RESPOSTAS DOS ENTREVISTADOS:</p> <p>E3: "é o ideal, ainda mais se conseguir juntar os dados com os demais apartamentos do prédio...uma vez que você tira do modelo você acaba perdendo toda rastreabilidade da informação".</p> <p>E4: "...muito importante para o cliente ter noção do orçamento aberto e conseguir visualizar os valores que cada tomada extra está gerando, individualmente".</p> <p>E5: "...fundamental para eu já integrar com o cliente no processo de projeto... eu mudei essa parede, eu já sei quanto isso vai custar e não ter que mandar para a construtora para ela tirar os orçamentos e apresentar para o cliente. Isso é otimização de tempo. A construtora poderia ter uma interface mais amigável para isso".</p>	

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Quanto as diretrizes, foi validada em unanimidade pelos especialistas a necessidade de **definição do escopo** dos itens a serem customizados no empreendimento, organizando os objetivos da modelagem, as fases em que o projeto será dividido, bem como ajuda a delinear o fluxo de trabalho. Um contraponto trazido por um avaliador é que, cada vez mais, as alterações propostas pelos clientes são as mais diversas, trazendo um cenário complicado de prever na totalidade.

Também por todos foi aceito a necessidade de um **gerente de informação** para gerir toda comunicação no processo de customizações BIM. O principal papel desse agente está em assegurar o cumprimento do Plano de execução BIM (citado adiante) e revisá-lo sempre que necessário, criando rotinas de validação e integração dos modelos, bem como toda gestão da comunicação, troca de informação e documentação entre os envolvidos.

A necessidade de **separação por fases** de acordo com o cronograma da obra, por outro lado, teve opiniões controversas. A maioria dos especialistas concorda com a separação da customização em etapas, de acordo com o cronograma estabelecido na obra, exceto um especialista projetista que alerta que, ao fasear, muitas vezes o cliente acaba voltando atrás num item que já foi definido em etapa anterior, gerando retrabalhos e custos no processo.

Outro ponto validado por todos os especialistas foi a necessidade da montagem do **plano de execução BIM** específico do projeto de customizações, ressaltado por eles que esse documento deve servir de instrumento para garantir o bom desenvolvimento do projeto, contendo os principais marcos, matriz de responsabilidades, processo de modelagem a ser seguido e procedimentos de gestão da informação, colaboração e comunicação, em consonância com o que foi verificado na revisão de literatura.

Sobre o **ferramental** a ser utilizado para desenvolvimentos dos trabalhos, houve discordância entre a opinião dos especialistas, pois alguns especialistas entendem que é excludente direcionar a ferramenta a ser utilizada pelo profissional do cliente, enquanto outros visualizam que atualmente não seria possível carregar todo o *template*, com parâmetros e famílias utilizadas pela construtora para qualquer *software* de modelagem.

Atualmente, para que toda a inteligência do modelo e informação seja carregada ao longo do processo de trabalho – como ainda não é disponível um formato BIM Open Source – faz-se necessária a definição das ferramentas a serem utilizadas pelos profissionais terceiros ou, caso seja optado por trabalho com gestão de arquivos através IFC, a construtora precisaria criar uma etapa extra de modelagem, gerando retrabalhos ao longo do processo (em cada etapa da customização) e perdendo a dinâmica ágil de troca com o arquiteto do cliente. Outra possibilidade seria a empresa internalizar o processo de customização para esse primeiro momento de implantação, aumentando o quadro de pessoal e ampliando o serviço oferecido.

Com relação a diretriz de **cadastrar os arquitetos** aptos a desenvolver os projetos de customização para a os clientes da construtora, todos os especialistas discordaram dessa diretriz, identificando que o plano de execução BIM da customização deve exigir os requisitos necessários e responsabilidades dos profissionais envolvidos. Considerou-se a sugestão dos especialistas de desdobrar os pontos de atenção e criar um guia mais visual, cartilha ou treinamento orientativo dos arquitetos dos clientes, utilizando o recurso de vídeos.

Também foi validada a necessidade de uma **plataforma para comunicação** entre os agentes bem como necessidade de um ambiente virtual para a comunicação das questões/divergências encontradas nos projetos de apartamentos customizados. Os entrevistados colocaram que o custo de gestão da ferramenta deveria ser pago pela construtora ou pelo cliente que optou pelo projeto de customização.

Sobre o desenvolvimento de um **template BIM**, o resultado não foi unânime entre os especialistas, porém na transcrição da entrevista percebeu-se que um dos entrevistados que discordou do *template*, na verdade estava referindo-se em não concordar em explicitar a ferramenta/comando, mas sim indicar o desempenho esperado do modelo. Como o arquivo seria encaminhado ao projetista terceiro, as informações esperadas já iriam carregadas no modelo.

Aos especialistas também foi questionado sobre a necessidade de um banco de dados único, mas distribuído e sincronizado em muitas partes (o modelo federado), armazenado em **repositório virtual**. Tal diretriz teve concordância por parte de todos os avaliadores, que salientaram a importância desse mecanismo para garantia de um bom fluxo de trabalho, segurança e acuracidade da informação.

Com relação as **responsabilidades**, os especialistas colocam que o BIM muda o paradigma de projeto e responsabilidades, pois há infinitos participantes e interações diversas entre as partes. Os projetos são multidisciplinares e contém informações gerenciadas por todos. Conforme visto na revisão de literatura, é justamente o cerne onde o BIM deve atacar,

ordenando a complexidade desse processo e definindo quem é o responsável por cada etapa e as extensões dessa responsabilidade.

Foi questionado aos especialistas também sobre a **integração da base de custos** no modelo. A concordância sobre a centralização da informação foi unânime em manter o máximo do tempo possível a informação dentro do modelo até que a etapa tenha sido vencida. Outro ponto pertinente levantado sobre esse processo é que, além da centralização da informação, o projetista terceiro contratado acaba fazendo uma troca mais dinâmica com o cliente sobre os custos decorrentes das customizações, o que traz o processo de decisão para a etapa de projeto, evitando surpresas e retrabalhos como ocorre no processo praticado atualmente na empresa.

#### **4.3.2 Diretrizes finais para aplicação do BIM na gestão do projeto de customização**

Nessa seção são apresentadas as diretrizes finais para aplicação do BIM na gestão de projeto das customizações nas unidades habitacionais de empreendimentos residenciais multifamiliares. No Quadro 18 são apresentados os resultados, elaborados a partir dos conteúdos revisados com a considerações dos especialistas selecionados para avaliação da pesquisa.

Quadro 18 – Diretrizes finais para aplicação do BIM na gestão das customizações em projeto.

DIRETRIZES PARA APLICAÇÃO DO BIM NA GESTÃO DE CUSTOMIZAÇÕES		
DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO	Definição do escopo de customização	O escopo dos itens que poderão ser customizados deve ser definido de forma prioritária, antes mesmo da montagem do PEB, para que os objetivos da modelagem sejam delineados com essa prerrogativa e modelo contenha as informações necessárias atribuídas a ele. A definição do escopo também ajuda a organizar a formatar as fases do processo, separando por macrogrupos os itens que poderão ser alterados em projeto.
	Definição do memorial de acabamentos	A definição do memorial de acabamentos serve para que a construção digital contenha os materiais exatos a serem empregados no empreendimento. Deve também anteceder a montagem do PEB, para que os objetivos da modelagem sejam delineados com essa prerrogativa e modelo contenha as informações necessárias atribuídas a ele. O nível de desenvolvimento (ND) da modelagem também deve ser compatível com o escopo de customização, para que haja compreensão das especificidades dos acabamentos pelo cliente e seu projetista.
	Criação de menus de escolhas	Desenvolvimento de interfaces amigáveis para permitir que os clientes visualizem mais facilmente as opções pré-formatadas para o produto, facilitando o processo decisório. Os menus devem estar configurados diretamente no modelo e carregar o acabamento final de acordo com o fabricante e as especificações unitárias por kit.
PLANO DE EXECUÇÃO BIM DA CUSTOMIZAÇÃO	Nomeação de um gerente de informação	Antes de iniciar os trabalhos, é necessária a escolha de um gerente da informação, contratado da construtora proponente das customizações. O agente é responsável pela montagem do Plano de Execução BIM específico de customização, a criação do repositório virtual de arquivos e a criação da plataforma de comunicação. Converte para esse agente toda gestão de informações decorrentes de todo o fluxo do projeto, desde a concepção dos itens a serem customizados até a entrega do projeto asbuilt. Cabe a esse papel também organizar as fases da customização em conjunto com o cronograma de obra, administrar os prazos e limitações de modificação dentro do modelo, bem como administrar os custos em consonância com as fases do cronograma da obra.
	Elaboração de um PEB de Customização	Documento específico do projeto de customização a ser elaborado pela construtora proponente da customização (individual para cada empreendimento). Tal documento deve servir como balizador dos objetivos de uso do modelo BIM e requisitos necessários para o desenvolvimento dos trabalhos. Ao gerente de informação é atribuída a responsabilidade de criação desse documento, bem como a revisão e atualização periódica.
	Definição das ferramentas a serem utilizadas no processo	A definição das ferramentas de trabalho é parte integrante do PEB, e é pressuposto básico para que toda a inteligência do modelo e informação seja carregada ao longo do processo de trabalho, sem perdas ao longo do processo.
	Criação de uma plataforma de gestão de projetos (BCF)	Utilização de ferramentas específicas de colaboração, permitindo efetuar a comunicação de forma eficaz, ordenada, documentada e com rastreabilidade, visando a validação do modelo. Através dela é feito o gerenciamento de arquivos, revisões, diferentes níveis de permissões, com integração em tempo real.
	Criação de um repositório virtual de arquivos	A organização dos arquivos em repositório conforma-se como passo inicial para a associação/federação de modelos. Através do uso do repositório, os arquivos locais são sincronizados com o modelo federado em nuvem, permitindo a visualização entre todos os agentes envolvidos.
	Definição da matriz de responsabilidades	O PEB organiza a matriz de responsabilidades do projeto de customização, sejam elas de projeto ou gestão da informação. Com relação à especificação da responsabilidade sobre o projeto, deve-se ter a organização de uma etapa no fluxo de trabalho onde projetistas do empreendimento façam revisão dos projetos dos apartamentos customizados, observando a conformidade do projeto com as legislações e normativas necessárias para o uso e ocupação final do espaço. Cada modelo de autoria tem seu responsável técnico único (profissional individual ou escritório) e mesmo havendo uma solução técnica co-criada, a aplicação final, ou rejeição, é de responsabilidade do respectivo especialista da disciplina.
	Especificação do nível de desenvolvimento	O PEB deve determinar o nível de desenvolvimento (ND) da informação para o desenvolvimento dos projetos de customização, sejam elas geométricas ou não-geométricas. Sua especificação deve estar articulada com o uso e objetivos dos modelos.

FLUXO DE TRABALHO	Envolvimento de fornecedores nas etapas preliminares	O desenvolvimento das bibliotecas BIM deve partir dos próprios fornecedores, para que já nas fases preliminares isso seja incorporado na modelagem. Com a atualização da norma de desempenho (NBR 15.575), os modelos devem conter dados que serão utilizados para simulações de desempenho, sejam eles a massa, o coeficiente de reflexão ou transmitância térmica, ou qualquer outro, e aí cabe também a responsabilidade do fabricante sobre o fornecimento dos dados de desempenho do produto (identificando claramente no modelo a origem e responsabilidade dos componentes BIM inseridos). O uso da biblioteca também permite maior fidelidade na construção virtual, possibilitando melhor compreensão do cliente e extração de quantitativos para compras diretamente do modelo.
	Criação de um template BIM	O desenvolvimento de um template BIM específico para customização deve atender os objetivos e requisitos descritos no PEB elaborado. O template carrega consigo os padrões construtivos e acabamentos utilizado na obra, e organiza o ponto de partida necessário para o desenvolvimento do projeto.
	Fasear as etapas de trabalho	Antes de iniciar o processo de customização a construtora precisa organizar o desenvolvimento dos trabalhos separando por etapas, ou fases. Essas devem dialogar com o cronograma na obra, minimizando a perda de produtividade no canteiro e evitando retrabalhos no processo de execução das atividades. Os custos das customizações em cada etapa também devem estar atrelados por fase, integrados no modelo disponibilizado ao projetista do cliente.
	Desenvolvimento de um Modelo Federado	O modelo arquitetônico das tipologias dos apartamentos juntamente com os modelos das disciplinas complementares deverão ser relacionados e associados (federados) em um único modelo, através da definição de um ponto de referência único que serve de origem para o sistema de coordenadas que orienta o projeto, de maneira a permitir a visão de um modelo central. A partir desse modelo federado são disponibilizados os vínculos (partes do modelo) para o trabalhos dos profissionais contratados pelos clientes da construtora.
	Treinamento dos profissionais envolvidos	Mesmo com o requisitos pré-definidos no PEB, o nivelamento dos profissionais envolvidos é ponto-chave para o sucesso do projeto. Serve também para esclarecimento dos papéis e demais partes do PEB proposto para o projeto.
	Liberação do projetos conforme as fases pré-definidas	A dinâmica de troca de vínculo com o projetista evidencia o que é possível de ser alterado nas fases pré-estabelecidas no modelo, organizando as permissões ao projetista em concordância com a etapa do processo. A liberação em pacotes também ajuda a organizar os prazos com o cronograma da obra, prioriza, organiza e clareia os entregáveis para cada fase do projeto de customização.
	Verificação da modelagem	A checagem do modelo deve ser efetuada pela construtora e por todos os projetistas do empreendimento (quando alteram as suas disciplinas) ou em observância das normativas e suas especificidades, visto que os impactos na liberação do habite-se do empreendimento recairão sobre eles.
	Centralizar no modelo a base de custos e acabamentos	A centralização no modelo de todos os acabamentos com os custos atrelados e valores de acréscimo, deslocamento ou remoção parametrizados organiza no modelo e permite mais dinâmica para que o arquiteto do cliente possa responder, em tempo real, qual é o custo da customização proposta. Isso diminui o tempo de ciclo, evitando que o cliente saiba somente no final o custo da execução do projeto. Além disso, a própria rastreabilidade da informação também fica assegurada com a informação centralizada e atrelada à modelagem.
	Retroalimentação das informações	A partir do acompanhamento do produto, observação do comportamento do cliente e acompanhamento da acurácia do processo de projeto e obra, são gerados indicadores do desempenho do projeto das customizações. As informações são extraídas dos modelos BIM (acompanhada de pesquisa de uso e ocupação) para alimentar o desenvolvimento de futuros projetos, trazendo o conceito de melhoria contínua e incremento de qualidade para o processo. Um sistema estruturado também deve documentar os problemas ocorridos no próprio fluxo de desenvolvimento das atividades, gerando relatórios e análises para melhorias de processo.

Fonte: Elaborado pela autora (2019).

O primeiro subtema diz respeito a proposição de diretrizes para o Desenvolvimento de Produto. No processo de concepção do produto arquitetônico deve-se **mapear o escopo** do que de fato poderá ser alterado pelo cliente durante a construção da obra. O mapeamento deve

englobar todas as customizações identificadas na revisão de literatura e na empresa analisada, que compreendem a personalização do arranjo dos espaços, alteração das funções dos ambientes, personalização das instalações e alteração dos materiais de revestimentos e acabamentos.

Depois da definição dos itens que podem ser customizados, a empresa deve fazer a **especificação técnica do memorial do empreendimento**, para que a construção virtual contenha as informações necessárias para compreensão do cliente e do seu projetista.

O BIM auxilia no processo da apresentação de **menus de escolhas** dos acabamentos ou diferentes arranjos espaciais pré-concebidos, organizando a visualização dos diferentes kits, já com os custos atrelados às diferentes propostas de combinação estabelecidas. Dessa forma, uma interface online customizável e intuitiva pode ser usada pelos clientes tanto para processo de iteração do design e quanto para testar diferentes combinações de acabamentos e dimensões.

O segundo subtema identificado organiza diretrizes para o Plano de Execução BIM da Customização. A primeira diretriz apresentada orienta a construtora proponente das customizações a **nomear um gerente de informação**, sendo ele o agente responsável toda gestão de informações decorrentes de todo o fluxo do projeto, desde a concepção dos itens a serem customizados até a entrega do projeto *asbuilt*. O gerente de informação também deve fomentar a colaboração entre os agentes do processo de projeto, diminuindo os problemas de comunicação entre o processo de projeto e sua relação com a produção.

Ao gerente de informação cabe também a responsabilidade pelo desenvolvimento do **plano de execução BIM** específico para os projetos de customizações (não podendo ser cópia do plano de execução BIM do empreendimento como um todo). Tal documento serve como balizador dos objetivos de uso do modelo BIM e requisitos necessários para o desenvolvimento dos trabalhos.

Como parte integrante do plano de execução BIM, deve-se **definir as ferramentas** a serem utilizadas no processo de trabalho colaborativo, criação de uma **plataforma de gestão de projetos** através do BIM Collaboration Format (BCF). Com o uso de uma ferramenta BCF os problemas identificados no modelo são comunicados ao responsável pelo modelo autoral modificar em projeto. Os projetos também são associados em um único modelo ser desenvolvido – o **modelo federado** – e, para permitir o trabalho em colaboração, tais modelos devem ser organizados em um **repositório virtual de arquivos**.

Com relação à **matriz de responsabilidades**, o PEB precisa delimitar as responsabilidades entre os agentes, considerando que a colaboração não interfere na responsabilidade de autoria. O trabalho colaborativo com modelos federados precisa estar bem

respaldado com planejamento e controle dos escopos e responsabilidades. Assim, somente os projetistas das disciplinas podem alterar os modelos autorais dentro de sua competência e responsabilidade técnica, delimitada no Plano de Execução BIM. Modificações e desenvolvimentos dos modelos precisam ser rastreados e revisados pelos projetistas de autoria do projeto. Tal rastreabilidade é possível através de plataformas apropriadas para colaboração, verificação e comunicação.

Como a customização dos apartamentos é desenvolvida ainda em obra e cada modelo de autoria tem seu responsável técnico único (profissional individual ou escritório), mesmo havendo uma solução técnica criada pelo escritório de arquitetura do cliente, a aplicação final, ou rejeição, é de responsabilidade do respectivo especialista da disciplina, por isso a importância fundamental que o desenvolvimento do PEB de customização contemple todas essas questões.

Nas modelagens desenvolvidas é preciso também delinear o **nível de desenvolvimento** dos modelos, de acordo com os objetivos e usos especificados. No modelo BIM desenvolvido para a pesquisa, por exemplo, trabalhou-se com ND 300, onde os objetos apresentam especificação de sistemas e componentes com informações precisas de quantidades, dimensões, localização e orientação.

O terceiro subtema de diretrizes apresentado diz respeito ao Fluxo de Trabalho. O primeiro ponto salientado é o **envolvimento dos fornecedores nas etapas preliminares** para que toda informação dos insumos seja atualizada no modelo. Com a atualização da norma de desempenho (NBR 15.575), os modelos devem conter dados que serão utilizados para simulações de desempenho, sejam eles a massa, o coeficiente de reflexão ou transmitância térmica, ou qualquer outro, e aí cabe também a responsabilidade do fabricante sobre o fornecimento dos dados de desempenho do produto (identificando claramente no modelo a origem e responsabilidade dos componentes BIM inseridos).

A construtora proponente da customização também deve desenvolver um **template BIM** específico para as customizações, de acordo com os requisitos e usos BIM especificados no PEB previamente delineado. O uso do *template* também proporciona que o cliente melhor visualize os materiais e acabamentos propostos, bem como os custos parametrizados para os diferentes arranjos por ele escolhidos. Aos profissionais que forem trabalhar com a incorporadora/construtora no processo de customização, cabe o desenvolvimento de **treinamentos**, visando obter um nivelamento mínimo dos profissionais envolvidos.

Outra proposição relevante para o desenvolvimento da customização é **fasear as etapas de trabalho**. A divisão por etapas deve ser acordada com a equipe de execução da obra,

respeitando o cronograma de execução e aquisição de materiais. Os custos para o desenvolvimento de cada etapa também devem ser integrados no modelo, facilitando e antecipando o processo decisório para o projetista do cliente trabalhar em conjunto nesse processo. Marcos devem ser criados no cronograma de obra com os limites de aceite de customização das fases.

A **liberação dos modelos** aos profissionais contratados pelos clientes também deve responder às fases organizadas para a customização, bloqueando a edição dos arquivos em fases anteriores pelo uso do IFC ou outro dispositivo integrante da ferramenta tecnológica de trabalho (como uso da ferramenta *worksets* do Revit, por exemplo, que permite a configuração do usuário como editor ou visualizador de determinados modelos).

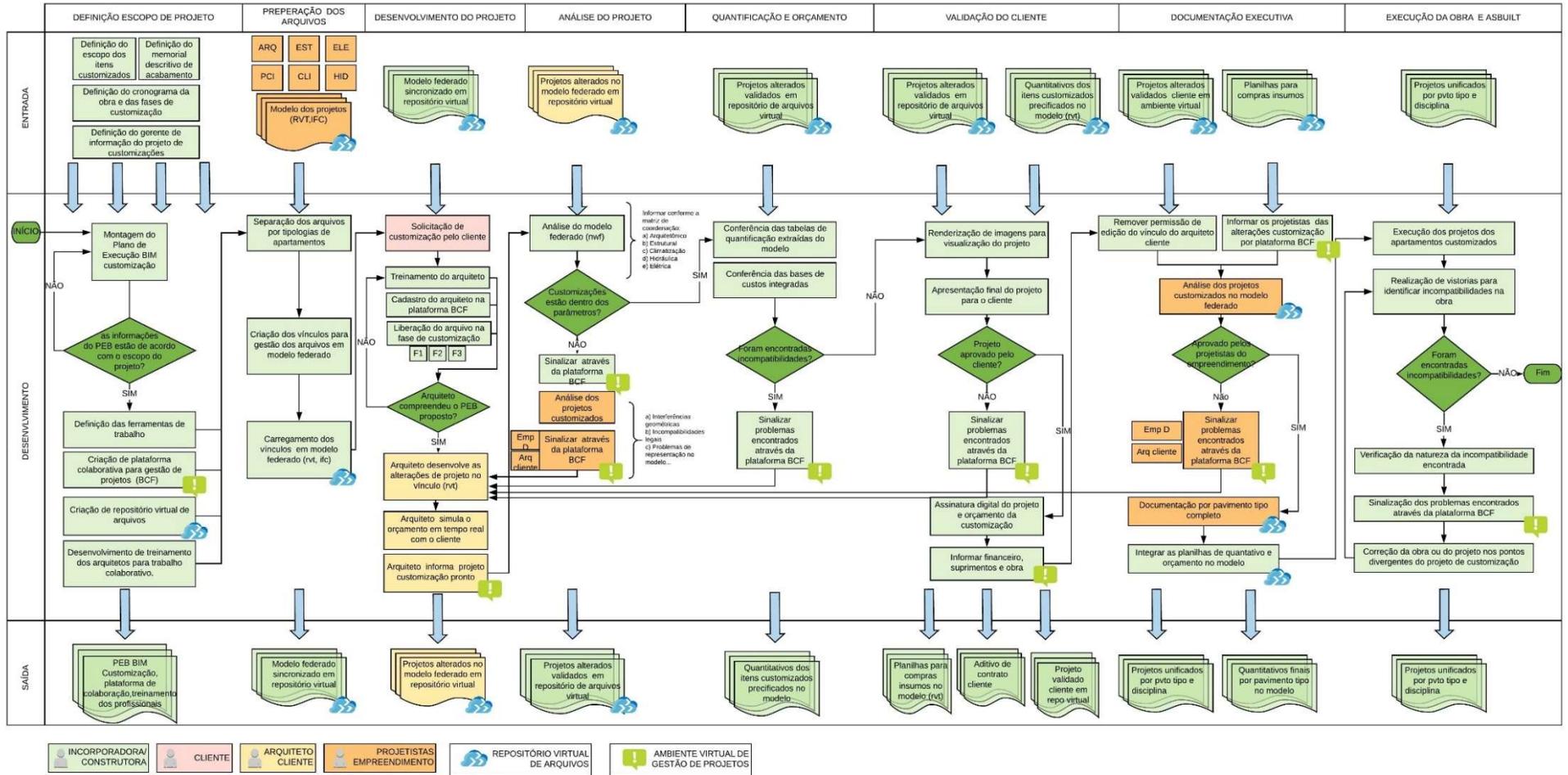
Caso a incorporadora/construtora opte por liberar a customização de determinada fase já executada em obra, os custos decorrentes desse processo também podem ser parametrizados no modelo, sendo disponibilizado ao projetista do cliente o arquivo da fase executada para que ele, juntamente ao cliente, acompanhem os custos decorrentes da demolição da fase já construída, de acordo com o projeto proposto.

Por isso, traça-se a diretriz de **centralizar no modelo a base de custos e acabamentos**, permitindo mais dinamicidade do processo. Uma vez que as tabelas saiam do modelo, os processos de controle e ficam mais complexos, dificultando o rastreamento da informação.

Toda a informação compilada, ao ser trabalhada, deve gerar indicadores para **retroalimentação do processo**. Tais dados podem gerar entrada para melhoria dos futuros produtos desenvolvidos pela empresa, incremento no nível de serviço oferecido ao cliente, entendimento do quanto a customização representa de incremento no volume geral de vendas (VGV) do empreendimento comparado com a perda de produtividade no canteiro, além de mapear novas oportunidades nos processos de projeto ou execução no canteiro.

A partir da avaliação dos especialistas e das diretrizes acima apresentadas também foi proposto um novo mapa de fluxo de processo, conforme mostra a Figura 53.

Figura 53 – Mapa de fluxo de processos para uso do BIM nas customizações



Fonte: Elaborado pela autora (2019)

O fluxograma apresentado está organizado a partir das atividades desempenhadas pelos agentes envolvidos no processo de projeto das customizações. Tais agentes foram mapeados na etapa exploratória da pesquisa:

- a) incorporadora/construtora – na pesquisa representada pela empresa D;
- b) cliente – comprador da unidade privativa;
- c) projetista do cliente – projetista contratado pelo cliente para desenvolver os projetos para a unidade privativa;
- d) projetistas do empreendimento – projetistas contratados pela incorporadora/construtora para desenvolver o projeto do empreendimento.

O novo fluxograma propõe, através do uso do BIM, otimizar os processos e dirimir os entraves identificados no atual fluxo de trabalho praticado pela empresa D. A primeira etapa de trabalho é a definição do escopo de projeto. Tem como entrada as diretrizes de desenvolvimento do produto apresentadas anteriores, que visam definir o escopo de customização, memorial de acabamentos e a criação do menu de escolhas a ser disponibilizado ao cliente.

Com essas entradas no fluxograma o gerente de informação definido para o projeto coordena a montagem do Plano de Execução BIM para a customização do empreendimento em questão. Define-se, portanto, as ferramentas de trabalho, uma plataforma para gestão de projetos e um o repositório virtual dos arquivos de projeto. Como os profissionais contratados pelos clientes compradores dos imóveis entram em diferentes fases do processo, a próxima etapa consiste na formatação de um treinamento para todos os profissionais que forem participar das customizações (em formato de manual ou vídeos).

Diferente do que foi previsto anteriormente, a ideia não é mais cadastrar profissionais aptos a desenvolver os projetos em BIM para os clientes e sim, através de treinamentos, informar os requisitos necessários para cada uma das etapas do trabalho colaborativo.

A próxima etapa de trabalho diz respeito a preparação dos arquivos. A partir dos modelos autorais dos projetistas do empreendimento, o departamento designado da empresa incorporadora/construtora organiza e separa os arquivos por tipologia, vinculando-os a um modelo federado.

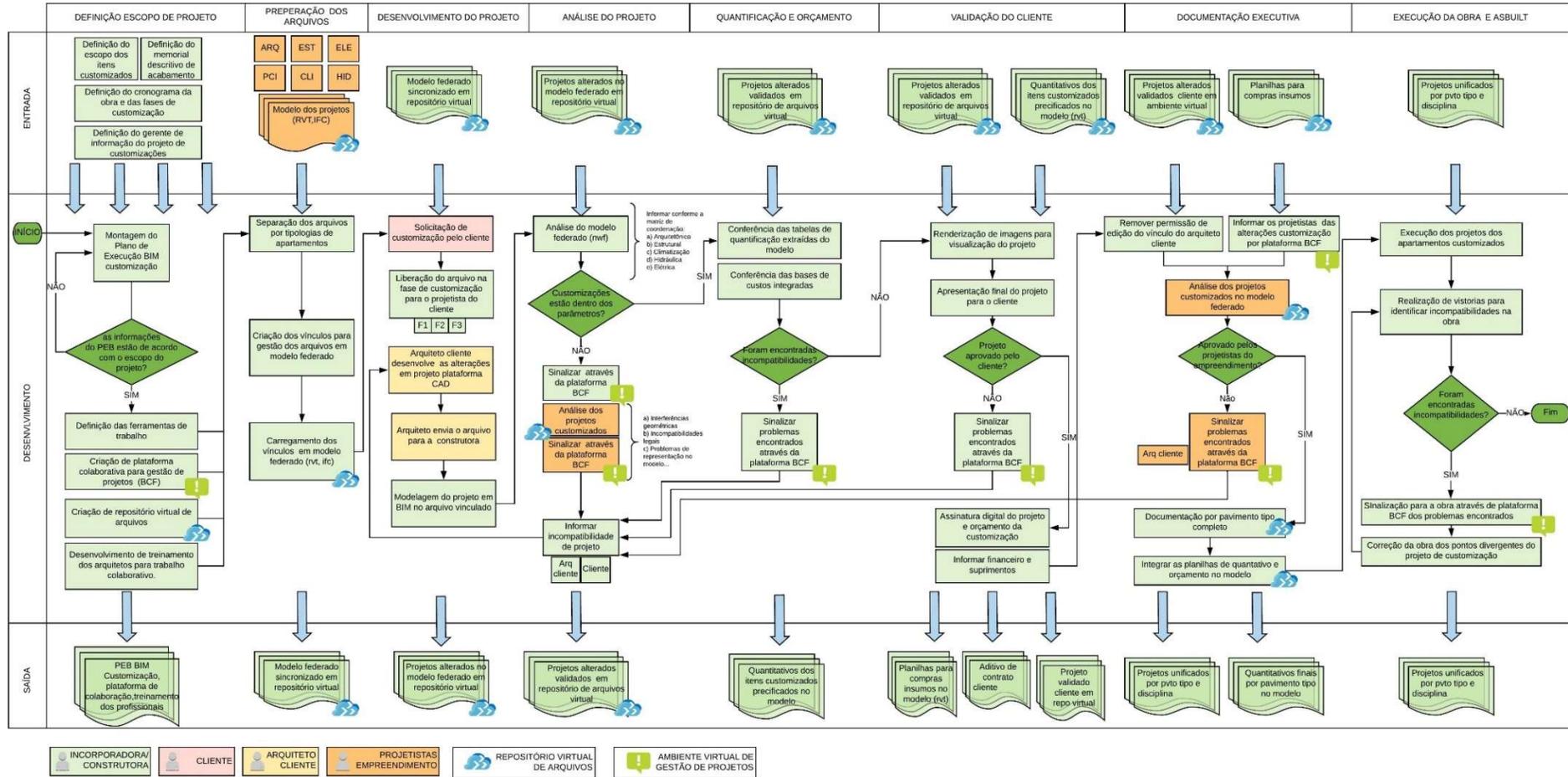
Com os modelos associados, a terceira etapa representa o desenvolvimento do projeto da customização em si. Tal etapa inicia com a solicitação do cliente de customizar o projeto original. A partir da solicitação do cliente, o projetista do cliente recebe o treinamento anteriormente desenvolvido, assim como um acesso na plataforma de gestão de projeto. A

empresa libera então para o arquiteto apenas a fase correspondente da customização para edição no seu modelo autoral (no fluxograma anteriormente previsto o projetista recebia o arquivo completo, dificultando o controle da customização referente à fase que está apta a ser alterada).

Uma vez que o projetista do cliente tenha compreendido todos os termos do PEB da customização, ele pode desenvolver as propostas projetuais no modelo vinculado disponibilizado e – agora com a inserção das propriedades e tabelas de orçamentação pré-formatadas – consegue simular os custos das alterações com o seu cliente durante o desenvolvimento do projeto. Ou seja, o cliente já sabe quanto custará a execução do seu projeto de customização em tempo real. Com o projeto pronto, ele sinaliza na plataforma BCF para a conferência do projeto por parte da equipe da incorporadora/construtora.

Caso a empresa opte por aceitar projetos dos clientes com profissionais que ainda não trabalharam com BIM, a empresa teria que inserir uma nova etapa no processo de desenvolvimento do projeto, modelando a customização do cliente internamente, conforme mostra a Figura 54. Toda inteligência atrelada ao modelo, entretanto, como as simulações das composições dos menus oferecidos, possibilidade de verificação de custos da customização durante o desenvolvimento do projeto e a otimização da plataforma de comunicação BCF também fica comprometida, mas ainda sim sinalizam uma opção para uma fase de transição dos processos de trabalho, conforme observado na revisão bibliográfica.

Figura 54 – Mapa de fluxo de processos adaptado para internalização da modelagem BIM nas customizações



Fonte: Elaborado pela autora (2019).

Caso os projetos apresentem-se fora dos parâmetros pré-estabelecidos ou apresentem questões na análise, o gerente de informação da incorporadora/construtora sinaliza aos projetistas do empreendimento para que façam a sua revisão. Quando revisados, através da plataforma BCF, o projetista sinaliza ao arquiteto do cliente as questões encontradas para que sejam feitas as alterações no modelo, e através da plataforma a incorporadora/construtora também toma conhecimento do que está incompatível.

Se os projetos estiverem dentro dos parâmetros estabelecidos pela construtora o modelo passa para a etapa de quantificação e orçamento. Na presente etapa são conferidas as quantificação e orçamentos automaticamente gerados pelas tabelas extraídas da modelagem assim como das bases de custos atreladas ao modelo.

Com o custo extraído do modelo o projeto será preparado para ser validado pelo cliente, podendo ou não ser renderizado para uma melhor visualização. Com o projeto aprovado, o cliente assina digitalmente a customização e o gerente de informação informa o departamento financeiro do aditivo de contrato assim como suprimentos sobre a nova programação de compra de materiais.

Após a fase de validação do cliente finalizada, inicia-se a fase de documentação executiva. O gerente de informação edita a permissão do arquiteto do cliente, que passa a somente visualizar e não mais poder editar o arquivo. Os projetistas também são sinalizados, através da plataforma BCF, para desenvolverem as análises dos modelos customizados. Ao aprovarem os arquivos, já fazem a documentação completa para execução no modelo autoral.

A documentação gerada por pavimento tipo para a obra executar o projeto faz com que todas as informações para a produção estejam integradas. Entretanto, caso ainda ocorram questões divergentes no projeto para a execução (considerando que esse número reduzirá substancialmente), a equipe designada pela incorporadora/construtora faz o mapeamento do problema e comunica os responsáveis através da plataforma de gestão de projeto.

## 5 CONCLUSÃO

A participação do cliente imobiliário nas definições do arranjo final da sua unidade privativa é considerada como diferencial competitivo na estratégia das incorporadoras/construtoras. A customização agrega valor ao empreendimento na medida em que aumenta a satisfação dos clientes pelo serviço prestado e melhora a qualidade do espaço privativo - mais adequado às necessidades de quem ocupa. Tudo isso minimiza também impactos ambientais, reduzindo a ocorrência de reformas logo após o recebimento das chaves.

O processo de gestão das customizações, por outro lado, é caracterizado pela falta de efetividade, devido à participação de muitos agentes no processo, à geração de um grande volume de informações e especificidades, gerando perdas de escala no processo produtivo, atrasos no cronograma e desperdícios.

O BIM foi trazido para esse contexto como possibilidade para a centralização da informação construtiva e sua integração, a partir de um conjunto de políticas de interação, processos e tecnologias para gerenciar aspectos de design e dados construtivos no formato digital ao longo do ciclo de vida da edificação.

Dessa forma, essa pesquisa propôs **diretrizes para o uso do BIM na gestão do projeto de customização das unidades privativas de edifícios habitacionais multifamiliares**. A problemática abordada no trabalho caracterizou-se como um problema real e de relevância prática. Assim, o *Design Science Research* foi a estratégia adotada como método de pesquisa, a partir da aplicação das suas quatro etapas: diagnóstico de um problema; proposição e desenvolvimento de um conceito de solução; implementação da solução e avaliação em ação; identificação e avaliação das contribuições para o conhecimento.

Para o diagnóstico do problema, inicialmente se fez uma revisão bibliográfica com o objetivo específico de **estabelecer um panorama sobre customização em produtos arquitetônicos e a aplicação do BIM na gestão de projetos**. Assim, verificou-se o potencial do BIM nos campos de política, processos e tecnologia, a fim de funcionar como um *hub* de informações centralizadas para todo o ciclo de vida das edificações, especialmente com o foco em customizações em projeto. No entanto, a revisão também apontou escassez para aplicações práticas do BIM em gestão de projeto específico de customizações.

Outro ponto desenvolvido foi a avaliação da maturidade BIM da empresa selecionada para pesquisa. A partir dessa avaliação foi possível observar os campos que precisam de mais atenção para que a empresa melhore sua performance. Como a escala de pontuação é progressiva e acumulativa, a empresa só passa para um nível mais alto de maturidade quando

consegue atingir integralmente a pontuação do nível anterior, evidenciando alguns gargalos para atuação.

Considerando que a pesquisa está substancialmente embasada no desenvolvimento dos processos e que a empresa obteve avaliação inferior dentro desse campo, salienta-se a necessidade de atenção, principalmente no que diz respeito ao fluxo de trabalho, para que a empresa obtenha êxito na implementação da gestão da customização de projeto com o uso do BIM.

Ainda dentro do diagnóstico do problema, foi desenvolvido o segundo objetivo específico da pesquisa. Assim, foram desenvolvidas entrevistas semiestruturadas com colaboradores participantes do processo de customização da empresa selecionada para pesquisa. O tratamento dos dados foi feito a partir da ferramenta de análise de conteúdo, onde foram identificados os agentes envolvidos, as fases do processo, os principais itens customizados e, a partir disso, **mapeados os processos e entraves na gestão do projeto de customização.**

As diversas etapas mapeadas se caracterizaram por elevado retrabalho com representação gráfica e outros levantamentos manuais – como quantificação e orçamentação – dificuldade do entendimento do projeto pelo cliente, discordância dos custos cobrados pela construtora para execução o projeto customizado, atrasos nos cronogramas de compras, problemas de identificação do versionamento do projeto na obra além da execução inconsistente. O diagnóstico do problema detectado foi, portanto, verificar como o uso do BIM pode agregar valor no processo de customização das unidades habitacionais.

Com o problema diagnosticado, iniciou-se a segunda etapa do método de pesquisa, que compreendeu a proposição e desenvolvimento de um conceito de solução. Assim, foi proposto o artefato – um modelo BIM, que otimizasse os entraves mapeados no processo atual da gestão do projeto de customização. Para isso foi desenvolvido, a partir do *software* Autodesk Revit, a modelagem de uma unidade habitacional, com as disciplinas de arquitetura e complementares.

A etapa subsequente da pesquisa compreendeu implementar a solução e avaliar em ação. Fruto dessa etapa obteve-se a **simulação da aplicação do BIM na gestão de projeto de customização de uma unidade habitacional da incorporadora/construtora analisada.** A partir da simulação da customização no modelo BIM, utilizando ferramentas do *software* para gestão da informação no modelo, foram traçadas diretrizes iniciais e proposto um novo mapeamento de processo.

A última etapa do método de pesquisa foi a identificação e avaliação das contribuições para o conhecimento. Assim, com a aplicação do protocolo *Thinking Aloud* em sua variante *Coaching*, os especialistas foram apresentados ao modelo BIM proposto e, a partir disso, fizeram a **avaliação das diretrizes propostas para aplicação do BIM no processo de gestão da customização com especialistas no segmento**, que conforma o último objetivo específico necessário para atingir o objetivo geral da pesquisa. Assim, diante dos resultados obtidos, a pesquisa propôs diretrizes finais para aplicação do BIM no processo de gestão da customização e a revisão do mapeamento de processo proposto para o seu desenvolvimento.

As diretrizes foram divididas em três subtemas. Para o primeiro subtema, Desenvolvimento de Produto, incluiu-se a definição do escopo de customização, definição do memorial de acabamentos e a criação de menu de escolhas. O segundo subtema, Plano de Execução BIM da customização, incluiu-se a nomeação de um gerente de informação, definição de ferramentas, criação de uma plataforma de gestão de projetos e repositório de arquivos, definição da matriz de responsabilidades e o nível de desenvolvimento do modelo BIM.

A abordagem do fluxo de trabalho constituiu o terceiro subtema, com diretrizes voltadas para o bom andamento dos processos de trabalho. Incluiu-se envolvimento dos fornecedores nas etapas preliminares, criação de um *template* BIM, divisão da customização por fases, desenvolvimento de um modelo federado, treinamento dos profissionais envolvidos, liberação dos projetos de acordo com as fases pré-definidas, verificação da modelagem, centralização no modelo da base de custos e acabamentos e a retroalimentação das informações.

Ressalta-se que, para que as diretrizes desenvolvidas sejam colocadas em prática, mais do que apenas implementar novos *softwares* nos processos, ficou clara a necessidade de as organizações melhor se prepararem para trabalhar em colaboração. As empresas do ramo da construção civil enxergando isso e resolvendo atuar neste sentido precisam desenvolver mecanismos para se adaptar e garantir sua atuação acertada junto à customização de unidades habitacionais. E isso envolve a revisão dos seus processos internos, sua sistemática de atendimento ao cliente, a capacidade de estruturação de um sistema de customização de unidades habitacionais, levando em consideração todas as interfaces entre os agentes envolvidos. As mudanças nas regras dos negócios empresariais fazem com que as profissões evoluam e os trabalhos articulem novas posturas e demandas.

Assim, a partir do desenvolvimento da pesquisa fica clara também a retomada da responsabilidade para os projetistas, que precisam compreender como a obra é realmente construída para aplicar fidelidade na construção virtual, antecipando a tomada de decisão e definições executivas de fato para o projeto. Nessa ótica, os projetistas passam a ter uma

interface maior com os demais agentes intervenientes participantes de todo o processo, pois o próprio ritmo de desenvolvimento do projeto é diferente, já que a obra se encontra em andamento, com assertividade em todo o processo produtivo, evitando retrabalhos e desperdícios.

Outro ponto a ser destacado é a necessidade de esforços para o desenvolvimento de um Open BIM, num fluxo de trabalho transparente e aberto, para que seja possível o compartilhamento de parâmetros e gestão da informação, independente do software de modelagem utilizado. Esse ponto ainda está em amadurecimento, pois as trocas em IFCs ainda apresentam muitos problemas envolvidos, principalmente no que diz respeito à inteligência aplicada nos modelos.

A importância de conhecer e mapear as mudanças desenvolvidas pelos clientes também deve ser objeto de análise da empresa, a fim de retroalimentar o escopo dos futuros projetos para melhor atender os clientes. Sugere-se também uma pesquisa de pós ocupação com marcos pré-determinados para identificar as possíveis adaptações efetuadas no espaço construído. Dessa forma, a modelagem da informação ao longo do ciclo de vida do produto pode corroborar com a melhoria contínua dos processos e produtos, facilitando, inclusive, a operação e manutenibilidade dos imóveis.

A partir da pesquisa desenvolvida conclui-se, portanto, que o modelo BIM apresentado pode contribuir para a melhoria da gestão do processo de customização nas incorporadoras/construtoras, visando à eficiência da comunicação entre os agentes, redução de retrabalhos, encurtamento do ciclo de projeto, acarretando na melhoria da qualidade do produto final.

## 5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A temática sugere o aprofundamento para o desenvolvimento de trabalhos futuros, identificados com o desenvolvimento dessa pesquisa:

- a) elaboração de diretrizes para as demais etapas do ciclo de vida da edificação, como na gestão da obra, no estudo da reorganização do processo produtivo para aumentar a possibilidade de flexibilização para o cliente, bem como nas manutenções que ocorrem pós-ocupação do cliente no imóvel;
- b) estudo da possibilidade de desdobramento do trabalho para um padrão aberto, de modo que o mesmo não seja dependente de um software específico;

- c) desenvolvimento de modelos generativos (desenvolvidos nos *softwares* de modelagem paramétrica) que possibilitem a flexibilização de plantas/arranjos espaciais diferenciados para a mesma área da unidade habitacional, mais preparados para a customização desde a concepção do produto imobiliário;
- d) estudo sobre percepção de valor dos clientes frente às customizações oferecidas com a modelagem da informação da construção.

## REFERÊNCIAS

ABDI. **Contratação e elaboração de projetos BIM na arquitetura e engenharia**. Guia 04. Brasília: ABDI, 2017.

ABDI. **O Processo de Projeto BIM**. Guia 01. Brasília: ABDI, 2017.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. **AIA BIM protocol document G202- 2013, Building Information Modeling Protocol Form**. [S. l.]: AIA, 2013.

ANDERSON, C. *et al.* Augmented space planning: using procedural generation to automate desk layouts. **Int. J. Archit. Comput.**, [s. l.], v. 16, n. 2, p. 164-177, 2018.

ANGUS, A.; WESTBROOK, G. **Top 10 Global Consumer Trends 2019**. [S. l.]: Euromonitor International, 2019.

ARAUJO FILHO, J. T.; GOMES, M. D. L. B. A customização em massa na construção civil: um estudo no subsetor de edificações. **Revista Produção Online**, [s. l.], v. 10, n. 2, p. 398-423, 2010.

AsBEA. **Guia AsBEA: Boas Práticas em BIM**. São Paulo: AsBEA, 2015.

AZHAR, S.; AHMAD, I.; SEIN, M. Action Research as a Proactive Research Method for Construction Engineering and Management. **Journal of Construction Engineering and Management**, [s. l.], v. 136, n. 1, p. 87-98, jan. 2010.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2009.

BARISON, M. B.; SANTOS, E. do T. An overview of BIM specialists. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING*, 1., 2010, Nottingham. **Proceedings** [...]. Nottingham: Nottingham University Press, 2010. p. 141-146.

BARNES, R. M. **Estudo de movimentos e de tempos**. São Paulo: Edgard Blücher, 1982.

BEW, M.; RICHARDS, M. BIM maturity model. *In: CONSTRUCT IT AUTUMN 2008 MEMBERS' MEETING*, 1., 2008, Brighton. **Proceedings** [...]. Brighton: [s. n.], 2008.

BIANCONI, F.; FILIPPUCCI, M.; BUFFI, A. Automated design and modeling for mass-customized housing. A web-based design space catalog for timber structures. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 103, p. 13-25, jul. 2019.

BIMFORUM. **LOD Specification 2018**. Part I: For Building Information Models and Data. [S. l.: s. n.], sep. 2018.

BOCK, T. ; LINNER, T. Individualization of design variation in construction. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION (ISARC)*, 27., 2010, Bratislava. **Proceedings** [...]. Bratislava: [s. n.], 2010.

BOTELHO, L.; CUNHA, C.; MACEDO, M. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. **Revista Gestão e Sociedade**, Belo Horizonte, v. 5, n. 11, p. 121-136, 2011.

BRANDÃO, D. Q. **Diversidade e Potencial de Flexibilidade de Arranjos Espaciais de Apartamentos**: Uma Análise do Produto Imobiliário no Brasil. 2002. 443 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BRANDÃO, D.; HEINECK, L. F. Estratégias de flexibilização de projetos residenciais iniciadas na década de 1990 no Brasil: tão somente um recurso mercadológico? **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 7, n. 14, 17, out./dez. 2007.

CAETANO, I.; LEITÃO, A. Integration of an algorithmic BIM approach in a traditional architecture studio. In: JANSSEN, P. *et al.* (ed.). **Protocols, Flows, and Glitches**: Proceedings of the 22nd The Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA) Conference. Hong Kong: CAADRIA, 2017. p. 633-642.

CATELANI, W. S. **Coletânea Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadoras**. Brasília: CBIC, 2016.

CPTM. **BIM Mandate**. São Paulo: CPTM, 2017.

DURAY, P. T. *et al.* Approaches to mass customization: configurations and empirical validation, **J. Oper. Manag.**, [s. l.], v. 18, n. 6, p. 605-625, 2000.

EASTMAN, C. *et al.* **Manual de BIM**: Um guia de modelagem da informação da construção. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FALCONI, T. M. A.; BRANDÃO, D. Q. Análise do processo de personalização de projetos de apartamentos na etapa de construção: estudo de caso. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 71-95, jul./dez. 2014

FARR, E. R. P.; PIROOZ FAR, P. A. E.; ROBINSON, D. BIM as a generic configurator for facilitation of customisation in the AEC industry. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 45, p. 119-125, 2014.

FEITZINGER, E.; LEE, H. L. Mass customization at Hewlett-Packard: the power of postponement. **Harvard Business Review**, [s. l.], v. 75, n. 1, p. 116-123, 1997.

FERNANDO, R.; DROGEMULLER, R.; BURDEN, A. Parametric and generative methods with building information modelling: Connecting BIM with explorative design modelling. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER AIDED ARCHITECTURAL DESIGN RESEARCH IN ASIA, 17., 2012, Hong Kong. **Proceedings** [...], Hong Kong: Dept. of Architecture, University of Hong Kong, 2012. p. 537-546.

FETTERMANN, D. de C.; OLIVEIRA, R. P. Del P. de; MARODIN, G. de A. O uso da estratégia de customização em massa em empresas da construção civil. **Revista Produção Online**, [s. l.], v. 15, n. 1, p. 135-162, 2015.

FOGLIATTO, F. S.; SILVEIRA, G. J. da; BORENSTEIN, D. The mass customization decade: An updated review of the literature. **International Journal of Production**

- Economics**, [s. l.], v. 138, n. 1, p. 14-25, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.03.002>. Acesso em: 10 out. 2019.
- FRANÇA, F. C. de. **A indisciplina que muda a arquitetura: a dinâmica do espaço doméstico no Distrito Federal**. 2008. 366 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- FRANKE, N.; SCHREIER, M. Entrepreneurial opportunities with toolkits for user innovation and design. **Int. J. Media Manag.**, [s. l.], v. 4, n. 4, p. 225-234, 2002.
- FRANKE, N.; SCHREIER, M.; KAISER, U. The “I designed it myself” effect in mass customization. **Management Science**, [s. l.], v. 56, n. 1, p. 125-140, 2010.
- FRUTOS, J. D.; BORENSTEIN, D. A framework to support customer–company interaction in mass customization environments. **Computers in Industry**, [s. l.], v. 54, n. 2, p. 115-135, 2004.
- FRUTOS, J. D.; BORENSTEIN, D. Desenvolvimento de um sistema de informações para interação ágil entre clientes e empresas de construção civil. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 2., 2000, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos: UFSCar, 2000
- GARBER, R. **BIM Design: Realizing the Creative Potential of Building Information Modeling**. [S. l.]: Wiley, 2014.
- GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. **Caderno BIM**. Curitiba, 2018. Disponível em: [http://www.bim.pr.gov.br/arquivos/File/CADERNO\\_BIM\\_2018.pdf](http://www.bim.pr.gov.br/arquivos/File/CADERNO_BIM_2018.pdf). Acesso em: 10 out. 2019.
- GRIZ, C.; AMORIM, L.; LOUREIRO, C. Entre a oferta e a demanda: a elite em busca do “morar bem”. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 15., 2014, Maceió. **Anais [...]**. Maceió: [s. n.], 2014. p. 1-10.
- HALMAN, J. I.; VOORDIJK, J. T.; REYMEN, I. M. Modular approaches in Dutch house building: an exploratory survey. **Housing Studies**, [s. l.], v. 23, n. 5, p. 781-799, 2008.
- HAMBRICK, D. C. The Field of Management’s Devotion to Theory: Too Much of a Good Thing? **Academy of Management Journal**, [s. l.], v. 50, n. 6, p. 1346-1352, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5465/AMJ.2007.28166119>. Acesso em: 10 out. 2019.
- HEVNER, A. R. *et al.* Design Science in Information Systems Research. **MIS Quarterly**, [s. l.], v. 28, p. 75-105, 2004.
- HOFMAN, E.; HALMAN, J. I. M.; ION, R. A. Variation in housing design: identifying customer preferences. **Housing Studies**, [s. l.], v. 21, n. 6, p. 929-943, 2006.
- HOFMAN, E.; HALMAN, J. IM; ION, R. A. Variation in housing design: identifying customer preferences. **Housing Studies**, v. 21, n. 6, p. 929-943, 2006.

ILAL, M. E. The quest for integrated design system: a brief survey of past and current efforts. **Journal of the Faculty of Architecture**, Ankara, v. 24, n. 2, p. 149-158, 2007.

JOHANNESSON, P.; PERJONS, A. E. **Design Science Primer**. [S. l.]: CreateSpace, 2012.

KHALILI-ARAGHI, S.; KOLAREVIC, B. Development of a framework for dimensional customization system: A novel method for customer participation. **Journal of Building Engineering**, v. 5, p. 231-238, 2016.

KHALILI-ARAGHI, S.; KOLAREVIC, B. Variability and validity: Flexibility of a dimensional customization system. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 109, p. 102970, 2020.

KHOSROSHAHI, F.; ARAYICI, Y. Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management, Bingley**, [s. l.], v. 19, n. 6, p. 610-635, 2012. Disponível em: <http://www.emeraldinsight.com/doi/full/10.1108/09699981211277531>. Acesso em: 19 ago. 2018.

KIHELY, D.; UNDERWOOD, J. Design Science: Choosing an appropriate methodology for research in BIM. In: CITA BIM GATHERING, 1., 2015, Dublin. **Proceedings** [...]. Dublin: CITA, 2015. p. 257-263.

KLEFSJO, B. Business process improvement workbook: Documentation, analysis, design, and management of business process improvement. **Quality Progress**, [s. l.], v. 31, n. 6, p. 110, 1998.

KOLAREVIC, B. From mass customization to design democratisation. **Arch. Des.**, [s. l.], v. 85, n. 6, p. 48-53, 2015.

KOSKELA, L. **An Exploration Towards a Production Theory and its Application to Construction**. 2000. 296 f. Thesis (Technology Doctoral) - Technical Research Centre of Finland, Helsinki, 2000.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Technical Rep. No. 72. Stanford: Stanford University, 1992.

LACERDA, D. P. *et al.* Design Science Research: A research method to production engineering. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 20, n. 4, p. 741-761, 2013.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LIU, Zhen *et al.* A BIM-aided construction waste minimisation framework. **Automation in construction**, [s. l.], v. 59, p. 1-23, 2015.

LIZARRALDE, G. Stakeholder participation and incremental housing in subsidized housing projects in Colombia and South Africa. **Habitat International**, [s. l.], v. 35, n. 2, p. 175-187, 2011.

LUKKA, K. The constructive research approach. *In*: OJALA, L.; HILMOLA, O. P. (eds.). **Case study research in logistics**. Turku: Turku School of Economics and Business Administration, 2003. p. 83-101.

MANZIONE, L. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. 343 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MANZIONE, L.; MELHADO, B. S. Porque os projetos atrasam? uma análise crítica da ineficácia do planejamento de projetos adotada no mercado imobiliário de São Paulo. III **Encontro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção Civil. Porto Alegre-Rio Grande do Sul:[sn]**, 2007.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and Natural Science Research on Information Technology. **Decision Support Systems**, [s. l.], v. 15, p. 251-266, 1995.

MARINHO, J. P.; BARROS NETO, J. de P. Propostas de melhorias no desenvolvimento de empreendimentos habitacionais a partir da aplicação do conceito de arquitetura do produto. **Ambiente Construído**, v. 15, n. 4, p. 105-129, 2015.

MARINHO, J. P. **Propostas de melhorias no desenvolvimento de empreendimentos habitacionais a partir da aplicação do conceito de arquitetura do produto**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2014.

MERLE, A. *et al.* Perceived Value of the Mass-Customized Product and Mass Customization Experience for Individual Consumers. **Production and Operations Management**, [s. l.], v. 19, n. 5, p. 503-514, 2010.

MOREAU, C. P. Inviting the amateurs into the studio: Understanding how consumer engagement in product design creates value. **Journal of Product Innovation Management**, [s. l.], v. 28, n. 3, p. 409-410, 2011.

MORORO, M. S. de M. *et al.* Proposta paramétrica para projetos sustentáveis de Habitação de Interesse Social em ambiente BIM. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 16, n. 4, p. 27-44, 2016.

MOURTZIS, D. *et al.* A web-based platform for mass customization and personalization. **Journal of Manufacturing Science and Technology**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 112-128, 2014.

MUFFATTO, M.; ROVEDA, M. **Product Architecture and Platforms: a conceptual framework**. Padua: University of Padua, Padua, 2002.

NAHMENS, I.; BINDROO, V. Is customization fruitful in industrialized homebuilding industry? **Journal of construction engineering and management**, v. 137, n. 12, p. 1027-1035, 2011.

NBIMS. **Overview, Principles and Methodologies**. Washington: National Institute of Building Sciences, 2007. Disponível em: [http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMSV1\\_p1.pdf](http://www.wbdg.org/pdfs/NBIMSV1_p1.pdf). Acesso em: 10 nov. 2019.

NIELSEN, J. **Usability engineering**. San Diego: Academic Press, 1993.

NIEMEIJER, R. A. **Constraint specification in architecture: a user-oriented approach for mass customization**. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven, 2011.

NOGUCHI, M.; VELASCO, C. R. H. A 'mass custom design' approach to upgrading conventional housing development in Mexico. **Habitat International**, [s. l.], v. 29, n. 2, p. 325-336, 2005.

PINE, B. J. **The state of mass customization and why authenticity in business is the next big issue**. Entrevistas cedida a Frank Piller. 4 jan. 2007. Disponível em: [https://mass-customization.blogs.com/mass\\_customization\\_open\\_i/2007/01/interview\\_b\\_jos.html](https://mass-customization.blogs.com/mass_customization_open_i/2007/01/interview_b_jos.html). Acesso em: 10 nov. 2019.

ROCHA, C. G. da. **A Conceptual Framework for Defining Customisation Strategies in the House-Building Sector**. 2011. 222 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

ROCHA, C. G.; FORMOSO, C. T.; SANTOS, A. D. An Overview of the Customisation Strategies Developed by Four Organisations of the House-Building Sector. *In*: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 20., 2012, San Diego. **Proceedings** [...]. San Diego: [s. n.], 2012.

RUSCHEL, R. C. *et al.* O papel das ferramentas BIM de integração e compartilhamento no processo de projeto na indústria da construção civil. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [s. l.], v. 7, n. 3, 2013.

SACKS, R. *et al.* Analysis framework for the interaction between lean construction and building information modelling. *In*: ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 17., 2009, Taiwan. **Proceedings** [...]. Taiwan: National Pingtung University of Science and Technology, 2009.

SACKS, R.; KORB, S.; BARAK, R. **Building lean, building BIM: improving construction the Tidhar way**. Routledge, 2017.

SACKS, R.; RADOSAVLJEVIC, M.; BARAK, R. Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction. **Automation in construction**, [s. l.], v. 19, n. 5, p. 641-655, 2010.

SALVADOR, F. *et al.* Cracking the code of mass customization. **Mit. Sloan Manag. Rev.**, [s. l.], v. 50, p. 71-78, 2009.

SANTOS, W. R. **Estudos de Caso de Implementação da Modelagem da Informação da Construção em Microescritórios de Arquitetura**. 2016. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2016.

SLACK, N. *et al.* **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

SOLIHIN, W.; EASTMAN, C.; LEE, Y. C. A framework for fully integrated building information models in a federated environment. **Advanced Engineering Informatics**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 168-189, 2016.

SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 102-106, jan./mar. 2010.

SUCCAR, B. The five components of BIM performance measurement. *In*: CIB WORLD CONGRESS, 18., 2010, Salford. **Proceedings** [...]. Salford: [s. n.], 2010. p. 14.

SUCCAR, B.; SHER, W.; WILLIAMS, A. Measuring BIM performance: Five metrics. **Architectural Engineering and Design Management**, [s. l.], v. 8, n. 2, p. 120-142, 2012.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 18, p. 357-375, 2009.

TAYLOR, S.; BAILEY, C. **Unlocking BIM Data**. 2011. Disponível em: <http://www.questantinc.com/wpcontent/uploads/2011/12/BIM-Coding-Paper-Dec-2-Final1.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2019.

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

TOBIN, J. **Measuring BIM's Disruption**: Understanding Value Networks of BIM/VDC. 4 abr. 2013. Disponível em: [http://mygetinteractive.com/BIM\\_FM/Measuring\\_BIM\\_Disruption.pdf](http://mygetinteractive.com/BIM_FM/Measuring_BIM_Disruption.pdf). Acesso em: 10 nov. 2019.

VAISHNAVI, V. K; KUECHLER JÚNIOR, W. **Design Science Research Methods and Patterns Innovating Information and Communication Technology**. Hoboken: Taylor & Francis, 2007.

VAN AKEN, J. E. Management Research as Design Science: Articulating the Research Products of Mode 2 Knowledge Production in Management. **British Journal of Management**, [s. l.], v. 16, p. 19-36, 2005.

VAN SOMEREN, M. W.; BARNARD, Y. F.; SANDBERG, J. A. C. **The think aloud method**: a practical guide to modelling cognitive processes. London: Academic Press, 1994.

VELOSO, P.; CELANI, G.; SCHEEREN, R. From the generation of layouts to the production of construction documents: An application in the customization of apartment plans. **Automation in Construction**, [s. l.], v. 96, p. 224-235, 2018.

VON HIPPEL, E. User toolkits for innovation: a practical guide, **J. Prod. Innov. Manag.**, [s. l.], v. 18, n. 4, p. 247-257, 2002.

WEINSCHENCK, J. H. **Estudo da flexibilidade como mecanismo de casas pré-fabricadas: uma abordagem voltada para a industrialização de casas no sistema plataforma**. 2012. 155 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **The Machine that Changed the World**. Nova York: Rawson Associates, 1990.

ZABIHI, H.; HABIB, F.; MIRSAEEDIE, L. Definitions, concepts and new directions in Industrialized Building Systems (IBS). **KSCE Journal of Civil Engineering**, [s. l.], v. 17, n. 6, p. 1199-1205, 2013.

ZEGLIN, B. V.; REIS, A. M.; VERGARA, L. G. L. Challenges of implementing Building Information Modeling (BIM) in the Construction Industry. *In*: CONGRESSO DA SOCIEDADE IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL. 22., 2018, São Paulo. **Anais** [...]. São Paulo: Blucher, 2018. p. 408-414.

**APÊNDICE A - ROTEIRO DE ENTREVISTA COLABORADORES****ROTEIRO DE ENTREVISTA: ENTENDIMENTO DO PROCESSO DE  
CUSTOMIZAÇÃO EMPRESA D**

---

Nome:

Cargo:

Departamento:

Tempo de experiência profissional:

---

1. Como a empresa agrega valor através das customizações das unidades? Esse valor é percebido pelo cliente?
2. Qual o nível de personalização oferecido?
3. Existe uma equipe de atendimento ao cliente definida para as alterações dos imóveis? Como funciona essa sistemática de atendimento?
4. Como é feita a análise e controle dos projetos com customização?
5. De que forma ocorre a comunicação e responsáveis dentro do processo?
6. Como o projeto a customização é validado pelo cliente?
7. Existe alguma retroalimentação para melhoria do processo?

## APÊNDICE B - ENTREVISTA COM ESPECIALISTAS

### ROTEIRO DE ENTREVISTA: AVALIAÇÃO DAS DIRETRIZES E FLUXOGRAMA CUSTOMIZAÇÃO

---

Nome:

Profissão:

Tempo de atuação profissional:

Tempo de atuação com tecnologia BIM:

---

Diga o que você pensa sobre:

- a) A necessidade de definição do escopo de customização para o fluxo BIM;
- b) A necessidade de separação por fases no processo de customização;
- c) A necessidade de um gerente de informação para o projeto de customização da construtora. Se sim, quem deveria exercer esse papel?
- d) Montagem de um Plano de Execução BIM para o projeto de customização da construtora;
- e) Definir as ferramentas e softwares necessários para o desenvolvimento dos trabalhos;
- f) Cadastrar os profissionais aptos a desenvolver o projeto de customização dos apartamentos;
- g) A necessidade de um ambiente virtual para a comunicação dos projetos de apartamentos customizados. Se sim, quem deveria pagar essa conta?
- h) O desenvolvimento de um *template* BIM para o desenvolvimento das customizações;
- i) Modelo Federado armazenado em repositório virtual;
- j) A divisão de responsabilidade no projeto das customizações (dos projetistas do empreendimento e projetistas dos clientes);
- k) Integrar a base de custo no modelo.

## ANEXO A - MATRIZ DE MATURIDADE BIM

BIMe INITIATIVE. **Matriz de Maturidade BIM**. Melbourne: BIM Excellence, 2016. Disponível em: <https://bimexcellence.org/wp-content/uploads/301in.PT-Matriz-de-Maturidade-BIM.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2019.

Áreas-chave de maturidade - Granularity/level	a INICIAL (pts. 0)	b DEFINIDO (max.pts. 10)	c GERENCIADO (max.pts. 20)	d INTEGRADO (max.pts. 30)	e OPTIMIZADO (max.pts. 40)	
<b>CONJUNTO DE CAPACIDADES EM BIM</b> TECNOLOGIA baseadas no conjunto de capacidades V5.0	<p>O uso de softwares não é monitorado e regulamentado. Os modelos 3D são utilizados principalmente para gerar representações precisas em 2D. O uso de dados, armazenamento e trocas não são definidas dentro das organizações ou das equipes de projeto. As trocas sofrem de uma grande falta de interoperabilidade</p>	<p>O uso e a introdução de software é unificada dentro da organização ou das equipes de projeto. Os modelos 3D são produzidos para gerar entregáveis em 2D bem como em 3D. O uso de dados, armazenamento e trocas são bem definidos dentro da organização e das equipes de projeto. A interoperabilidade é definida e priorizada.</p>	<p>A seleção e o uso de softwares é gerenciada e controlada de acordo com o tipo de entregáveis definidos. Os modelos BIM são bases para as vistas 3D, representações 2D, quantificações, especificações e dados, armazenamento e as trocas são monitorados e controlados. O fluxo de dados é documentado e bem gerenciado. A interoperabilidade é obrigatória e monitorada de perto.</p>	<p>A seleção e a implantação de softwares seguem os objetivos estratégicos da empresa e não somente os requisitos operacionais. O processo de modelagem e seus entregáveis são bem sincronizados através dos projetos e firmemente integrados com os processos do negócio. O uso de dados interoperáveis, o armazenamento e as trocas são regulamentados e executados como parte global da organização ou como estratégia de uma equipe de projetos.</p>	<p>A seleção e o uso de ferramentas de software são continuamente revisados para aumentar a produtividade e alinhar com os objetivos estratégicos. Os entregáveis do processo de modelagem BIM são otimizados e revisados ciclicamente para se beneficiarem de novas funcionalidades dos softwares e suas extensões disponíveis. Todos os assuntos relacionados ao armazenamento, uso e troca de dados interoperáveis são documentados, controlados, refletidos e proativamente reforçados.</p>	
	<p><b>Hardware:</b> equipamento, entregáveis, localização, mobilidade</p>	<p>pontos</p> <p>Os equipamentos para uso do BIM são inadequados; as especificações técnicas existentes são muito baixas para a organização. A troca ou atualização dos equipamentos são tratados como itens de custo e realizados apenas quando são inevitáveis.</p>	<p>pontos</p> <p>As especificações dos equipamentos – apropriadas para a entrega de produtos e serviços em BIM – são definidas, orçadas e normalizadas em toda a organização. As atualizações e substituições de hardware são itens de custo bem definidos.</p>	<p>pontos</p> <p>Existe uma estratégia estabelecida para documentar, gerenciar e manter o equipamento para uso do BIM. O investimento em hardware é bem orientado para melhorar a mobilidade do pessoal (quando necessário) e aumentar a produtividade do BIM.</p>	<p>pontos</p> <p>As implantações de equipamentos são tratadas como viabilizadoras do BIM. O investimento em equipamentos é integrado firmemente com os planos financeiros, as estratégias de negócios e com os objetivos de desempenho.</p>	<p>pontos</p> <p>Os equipamentos existentes e as soluções inovadoras são continuamente testadas, atualizadas e implantadas. O hardware torna-se parte da vantagem competitiva da organização ou da equipe do projeto.</p>
	<p><b>Rede:</b> soluções, entregáveis e segurança e controle de acesso</p>	<p>pontos</p> <p>As soluções de rede são inexistentes ou provisórias. Indivíduos, organizações (único local / dispersos) e equipes de projeto usam qualquer que seja a ferramenta para se encontrar, comunicar e compartilhar dados. As partes interessadas não têm a infraestrutura de rede necessária para coletar, armazenar e compartilhar conhecimento.</p>	<p>pontos</p> <p>As soluções para compartilhamento de informações e controle de acesso são identificadas dentro e entre organizações. No projeto, as partes identificam as suas necessidades de compartilhamento de dados/informações. As organizações e as equipes de são conectadas por meio de conexões de banda relativamente baixas.</p>	<p>pontos</p> <p>As soluções de rede para a coleta, armazenamento e compartilhamento do conhecimento dentro e entre as organizações são geridas através de plataformas comuns. As ferramentas de gerenciamento de conteúdo e de ativos são implantadas para regular os dados através de conexões de banda larga.</p>	<p>pontos</p> <p>As soluções de rede permitem múltiplas fáceis do processo BIM para ser integrado através do compartilhamento em tempo real de dados, informações e conhecimento. As soluções incluem redes/portais de projeto específicos que permitem o intercâmbio de dados intensivos (troca interoperável) entre as partes interessadas.</p>	<p>pontos</p> <p>As soluções de rede são continuamente avaliadas e substituídas pelas últimas inovações testadas. As redes facilitam a aquisição de conhecimento, armazenamento e compartilhamento entre todas as partes interessadas. A otimização dos canais de dados, processos e comunicações integradas é rígida.</p>

Áreas-chave de maturidade - Granularity Level	a INICIAL (pts. 0)	b DEFINIDO (max pts. 10)	c GERENCIADO (max pts. 20)	d INTEGRADO (max pts. 30)	e OPTIMIZADO (max pts. 40)
<b>Recursos</b> Infraestrutura Física e de Conhecimento	O ambiente de trabalho não é reconhecido como fator de satisfação pessoal ou pode não ser favorável à produtividade. O conhecimento não é reconhecido como um ativo; O conhecimento em BIM é compartilhado informalmente entre pessoal (através de dicas, técnicas e lições aprendidas).	As ferramentas de trabalho, o ambiente e o local de trabalho são identificadas como fatores que afetam a motivação e a produtividade. O conhecimento é reconhecido como um ativo compartilhado, recolhido, documentado e assim transferido de tácito para explícito.	O ambiente de trabalho é controlado, modificado e seus critérios são gerenciados para aumentar a produtividade, a satisfação e a motivação do pessoal. O conhecimento é documentado e adequadamente armazenado.	Os fatores ambientais internos e externos são integrados em estratégias de desempenho. O conhecimento é integrado em sistemas organizacionais é acessível e facilmente recuperável.	Os fatores físicos no local de trabalho são revisados para garantir a satisfação pessoal e um ambiente propício à produtividade. As estruturas de conhecimento responsáveis pela aquisição, representação e divulgação são revistas e reforçadas sistematicamente
<b>Atividades &amp; Fluxo de trabalho</b> Conhecimento, habilidades, papéis e dinâmicas relevantes	Ausência de processos definidos; as funções são ambíguas, as estruturas/dinâmicas das equipes são inconsistentes. O desempenho é imprevisível e a produtividade depende do heroísmo individual. Uma mentalidade de "dar voltas" ocorre na organização.	As funções são informalmente definidas. Cada projeto BIM é planejado independentemente. A competência é identificada e o heroísmo se dilui conforme aumenta a competência, mas a produtividade é ainda imprevisível.	Aumenta a cooperação interna dentro da organização e são disponibilizadas ferramentas de comunicação para projetos transversais. O fluxo de informação é estabilizado; as funções em BIM são visíveis e os objetivos são atingidos de forma mais consistente.	As funções e os objetivos de competência fazem parte dos valores da organização. As equipes tradicionais são trocadas por equipes orientadas ao BIM na medida que os novos processos se tornam parte da cultura. A produtividade é consistente e previsível.	Os objetivos de competência são continuamente atualizados para corresponder com os avanços tecnológicos e alinhar com os objetivos organizacionais. As práticas em relação ao RH são revistas proativamente para garantir que o capital intelectual corresponda com as necessidades dos processos.
<b>Produtos &amp; Serviços</b> Especificação, diferenciação e P&D	As entregas de modelos 3D (um produto BIM) sofrem de muitos altos ou muito baixos e níveis inconsistentes de detalhe e desenvolvimento.	Existem diretrizes para a quebra dos modelos e nível de detalhes. Passa a existir preocupação em se manter a coerência comercial com a técnica.	Adoção de produtos e serviços de forma similar ao Modelo de progresso de especificações (AIA 2012) ou similares. A inovação passa a ser um valor a ser perseguido como diferencial.	Os produtos e serviços são especificados e diferenciados de acordo com o Modelo de progresso de especificações. A inovação é incorporada nas ações estratégicas e de marketing da organização.	Os produtos em BIM são constantemente avaliados e ciclos de retroalimentação promovem melhorias contínuas. A empresa passa a ser reconhecida como padrão de referência de mercado.
<b>Liderança &amp; Gerenciamento</b> Organizacional, estratégico, gerencial e atributos de comunicação; inovação e renovação	Líderes sêniores e gerentes tem visões variadas a respeito do BIM. A implementação do BIM é conduzida sem uma estratégia e através de "tentativa e erro". O BIM é tratado como uma tecnologia; a inovação não é reconhecida como um valor.	Líderes sêniores e gerentes adotam uma visão comum sobre BIM. A implementação do BIM sofre por falta de detalhes. O BIM é tratado como uma mudança de processos baseada em tecnologia.	A visão para a implementação do BIM é comunicada e entendida pela maioria dos colaboradores. A implementação do BIM é casada com planos de ações detalhadas e com um regime de monitoramento.	A visão é compartilhada através de toda a equipe da organização e pelos parceiros externos de projetos. A implementação do BIM, seus requisitos, processos e inovações de produtos e serviços são integrados na estratégia.	Os agentes externos internalizaram a visão do BIM. A estratégia de implementação do BIM é continuamente revista e realinhada com outras estratégias.

PROCESSOS baseadas no conjunto de capacidades V5.0

Áreas-chave de maturidade - Granularity level1	a INICIAL (pts. 0)	b DEFINIDO (max.pts. 10)	c GERENCIADO (max.pts. 20)	d INTEGRADO (max.pts. 30)	e OPTIMIZADO (max.pts. 40)
<p><b>Preparatória:</b> pesquisa, programas de treinamento educacional</p>	<p>Muito pouco ou nenhum treinamento disponível ao pessoal do BIM. Os meios para a educação e formação não são adequados para alcançar os resultados buscados.</p>	<p>Os requisitos de treinamento são definidos e fornecidos quando necessários. Os treinamentos são variados, permitindo flexibilidade na entrega do conteúdo.</p>	<p>Os requisitos de treinamento são gerenciados para aderirem aos amplos objetivos de competência e desempenho pré-definidos. Os treinamentos são adaptados para atingirem os objetivos de aprendizagem de uma maneira rentável.</p>	<p>O treinamento é integrado nas estratégias organizacionais e metas de desempenho. O treinamento é tipicamente baseado nas funções e seus respectivos objetivos de competência. Os meios de treinamento são incorporados ao conhecimento e aos canais de comunicação.</p>	<p>O treinamento é continuamente avaliado e melhorado. A disponibilidade de treinamento e seus métodos de entrega são adaptados para permitir o aprendizado contínuo e multimodal.</p>
<p><b>Regulatória:</b> códigos, regulamentações, padrões, classificações, linhas-guia e valores de referência (<i>benchmarks</i>)</p>	<p>Não existem diretrizes para o BIM; documentação de protocolos ou padrões de modelagem. Há uma ausência de documentação e padrões de modelagem. O controle de qualidade não existe ou é informal; nem para modelos 3D nem para a documentação. Não há nenhum valor de referência de desempenho dos processos, produtos ou serviços.</p>	<p>As diretrizes básicas do BIM estão disponíveis (ex: manual de treinamento e padrões de entrega do BIM). Os padrões de modelagem e documentação estão bem definidos de acordo com os padrões aceitos no mercado. As metas de qualidade e as avaliações de desempenho estão definidas.</p>	<p>As linhas-guia detalhadas do BIM estão disponíveis (treinamento, padrões, fluxo de trabalho). A modelagem, representação, quantificação, especificações e propriedades analíticas dos modelos 3D são gerenciadas através de planos de qualidade e padrões de modelagem detalhados. O desempenho em relação aos valores de referência é rigidamente monitorado e controlado.</p>	<p>As diretrizes do BIM são integradas nas políticas e estratégias de negócios. Os padrões em BIM e critérios de desempenho são incorporados em sistemas de melhoria de gestão da qualidade.</p>	<p>As linhas-guia do BIM são contínuas e proativamente refinadas para refletir as lições aprendidas e as práticas recomendadas do setor. A melhoria da qualidade e a adesão aos regulamentos e códigos são continuamente alinhados e refinados. Os valores de referência são revisados repetidamente para garantir a melhor qualidade possível em processos, produtos e serviços.</p>
<p><b>Contratual:</b> responsabilidades, recompensas e alocação de riscos</p>	<p>Os contratos seguem os modelos convencionais pré-BIM. Os riscos relacionados com base em modelos de colaboração não são reconhecidos ou são ignorados.</p>	<p>Os requisitos do BIM são reconhecidos. Declarações definindo a responsabilidade de cada interessado em relação à gestão de informação* estão agora disponíveis.</p>	<p>Há um mecanismo para gerenciar a propriedade intelectual compartilhada do BIM e existe um sistema de resolução de conflitos do BIM.</p>	<p>A organização está alinhada através de confiança e dependência mútua, indo além das barreiras contratuais.</p>	<p>As responsabilidades os riscos e as recompensas são continuamente revisos e realinhados. Os modelos contratuais são modificados para conseguirem as melhores práticas e o maior valor à todas as partes interessadas.</p>
<p><b>Modelagem baseada em objetos:</b> simples disciplina utilizada em uma fase do ciclo de vida</p>	<p>Implementação de uma ferramenta de modelagem baseada em objetos. Nenhuma alteração de processo ou política identificada para acompanhar essa implementação.</p>	<p>Os projetos-piloto são concluídos. São identificados os requisitos de processo e política do BIM. São preparados planos detalhados e sua estratégia de implementação.</p>	<p>Os processos e políticas em BIM são estimulados, padronizados e controlados.</p>	<p>As tecnologias, processos e políticas do BIM são integrados na estratégia organizacional e nos objetivos do negócio.</p>	<p>As tecnologias, processos e políticas do BIM são revistas continuamente para se beneficiarem da inovação e adquirir alvos de alto desempenho.</p>

baseadas no conjunto de capacidades V5

**POLÍTICAS**

**ESTÁGIO 1**

Áreas-chave de maturidade – Granularidade, Tolerância	a INICIAL (pts: 0)	b DEFINIDO (max pts: 10)	c GERENCIADO (max pts: 20)	d INTEGRADO (max pts: 30)	e OPTIMIZADO (max pts: 40)
ESTÁGIO 2	<p><b>Colaboração baseada na modelagem:</b> Colaboração em BIM acontece para um fim específico as capacidades de colaboração internas à empresa são incompatíveis com os parceiros de projeto. Pode haver falta de confiança e respeito entre os participantes do projeto.</p> <p><b>pontos</b></p>	<p>A colaboração em BIM está bem definida, mas ainda é reativa. Existem sinais identificáveis de confiança e respeito entre os participantes do projeto.</p> <p><b>pontos</b></p>	<p>A colaboração é proativa e multidisciplinar, os protocolos são bem documentados e gerenciados. Há confiança mútua, respeito e partilha de riscos e recompensas entre os participantes do projeto.</p> <p><b>pontos</b></p>	<p>A colaboração de vários segmentos inclui agentes a jusante do processo. Caracteriza-se pelo envolvimento dos principais participantes durante as primeiras fases do ciclo de vida dos projetos.</p> <p><b>pontos</b></p>	<p>A equipe multidisciplinar inclui todos os agentes-chave em um ambiente caracterizado pela boa vontade, confiança e respeito.</p> <p><b>pontos</b></p>
	<p><b>Integração baseada em rede</b> inter-câmbio simultâneo e interdisciplinar de modelos nD através das fases do ciclo de vida da edificação</p> <p><b>pontos</b></p>	<p>Os modelos integrados são gerados por um conjunto limitado de agentes interessados do projeto - possivelmente por trás dos <i>firewalls</i> corporativos. A integração ocorre com pouco ou nenhum processo pré-definido, normas ou protocolos de inter-câmbio. Não há nenhuma resolução formal dos papéis e responsabilidades dos agentes envolvidos.</p> <p><b>pontos</b></p>	<p>Modelos integrados são gerados por um grande subconjunto dos agentes envolvidos no projeto. A integração segue guias de processo predefinidas, padrões e protocolos de inter-câmbio. As responsabilidades são distribuídas e o risco são atenuados através de mecanismos contratuais.</p> <p><b>pontos</b></p>	<p>Os modelos integrados (ou partes) são gerados e gerenciados pela maioria dos agentes envolvidos no projeto. As responsabilidades são claras dentro de alianças temporárias do projeto ou parcerias de longo prazo. Os riscos e as recompensas são altamente gerenciados e distribuídos.</p> <p><b>pontos</b></p>	<p>Os modelos integrados são gerados e gerenciados por todos os agentes envolvidos no projeto. A integração baseada em rede é a norma e o foco não é mais sobre como integrar modelos e fluxos de trabalho, mas proativamente detectando e resolvendo a tecnologia, os processos e os desalinhamentos das políticas.</p> <p><b>pontos</b></p>
MICRO	<p><b>Organizações:</b> Dinâmicas e entregáveis em BIM</p> <p><b>pontos</b></p>	<p>A liderança no processo BIM é formalizada, os diferentes papéis são definidos dentro da implementação.</p> <p><b>pontos</b></p>	<p>As funções pré-definidas no processo BIM se complementam na gestão do processo de implementação.</p> <p><b>pontos</b></p>	<p>As funções no processo BIM são integradas em estruturas de liderança da organização.</p> <p><b>pontos</b></p>	<p>A liderança no processo BIM se alterna continuamente para permitir novas tecnologias, processos e resultados.</p> <p><b>pontos</b></p>
MESO	<p><b>Equipes de projeto:</b> (múltiplas organizações) dinâmicas inter organizacionais e entregáveis em BIM</p> <p><b>pontos</b></p>	<p>As partes interessadas pensam além de um único projeto. Os protocolos de colaboração entre os participantes do projeto são definidos e documentados.</p> <p><b>pontos</b></p>	<p>A colaboração entre várias organizações ao longo de vários projetos é gerenciada através de alianças temporárias entre as partes interessadas.</p> <p><b>pontos</b></p>	<p>Os projetos colaborativos são realizados por organizações interdisciplinares ou equipes de projeto multidisciplinar, uma aliança de muitos agentes-chave</p> <p><b>pontos</b></p>	<p>Os projetos colaborativos são realizados pela auto otimização das equipes de projeto interdisciplinar e inclui a maioria das partes interessadas.</p> <p><b>pontos</b></p>
MACRO	<p><b>Markets:</b> dinâmicas e entregáveis em BIM (Aplique esse tópico apenas assessorado por um consultor)</p> <p><b>pontos</b></p>	<p>Os componentes BIM gerados por fornecedores estão cada vez mais disponíveis bem como os fabricantes e fornecedores identificam os benefícios do negócio.</p> <p><b>pontos</b></p>	<p>Os componentes BIM estão disponíveis através de repositórios centrais altamente acessíveis e pesquisáveis. Os componentes não são interativamente conectados às bases de dados dos fornecedores.</p> <p><b>pontos</b></p>	<p>Os acessos aos repositórios de componentes são integrados aos softwares de modelagem BIM. Os componentes são interativamente ligados aos bancos de dados de origem (por preço, disponibilidade, etc...).</p> <p><b>pontos</b></p>	<p>O intercâmbio de componentes BIM é dinâmico, de vários caminhos entre todos os agentes envolvidos através de repositórios centrais ou mesclados.</p> <p><b>pontos</b></p>

ESCALA

## ANEXO B - MANUAL COMPRADOR EMPRESA D

### **Parâmetros de customizações:**

- Deverá estar em dia com os pagamentos, conforme contrato.
- Manter sempre atualizado o e-mail cadastrado na construtora. Através dele que será enviado os comunicados com o cronograma e prazos para as modificações de cada fase.
- Recomendamos a contratação de um profissional habilitado para auxiliá-lo na elaboração do projeto, solicitamos que cadastre o profissional na construtora para realizarmos uma conversa orientando sobre as regras de modificações.
- Deverão ser entregues os projetos arquitetônico e/ou de interiores, propondo as alterações para a construtora, em arquivo DWG, fornecido na área do cliente, assim mantendo os padrões de legenda e desenho usados na construtora, destacando no projeto os itens que desejam alterar. Os projetos irão para análise e posterior aprovação, no prazo informado no cronograma.
- A aprovação das modificações dependerá do estágio da obra e dos serviços já executados, de modo que não comprometa o cronograma de execução e o prazo de entrega da obra.
- É expressamente proibido solicitar qualquer tipo de modificação, alteração ou substituição de material diretamente aos funcionários da obra (engenheiro da obra, técnico, mestre, contra-mestre, pedreiros, eletricitas, carpinteiros, encanadores, serventes, dentre outros). Essas solicitações deverão seguir os procedimentos detalhados neste documento.
- É possível a instalação de banheiras nos apartamentos, desde que sejam respeitadas as condições de tamanho, peso e posição, previamente estipuladas pela construtora. As solicitações de instalação de banheira devem respeitar os prazos estabelecidos, e todas as solicitações estão sujeitas a análise técnica da construtora, não será feito a instalação da banheira, deixado apenas a infra para o cliente.
- Após aprovação pela construtora, as modificações propostas pelo cliente serão encaminhadas aos responsáveis técnicos para elaboração e verificação dos projetos complementares (elétrico, telefone, interfone, hidrossanitário, estrutural, ar condicionado e preventivo contra incêndio) caso seja necessário.
- Os limites de carga estrutural, elétrica, gás ou hidrossanitário, deverão ser

aprovados pelos autores do projeto original.

- Quando a construtora julgar necessário, solicitará uma cópia da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART ou RRT) do profissional responsável pelas alterações no imóvel.
- Não será permitida a realização de serviços ou instalações de equipamentos/móveis antes da entrega do imóvel, por fornecedores externos, como, gesseiros, montadores de móveis, eletricitas e encanadores etc..
- As modificações serão realizadas após aprovação da construtora, a não observância das normas e prazos estabelecidos implica na execução do imóvel conforme padrão da construtora.
- Os projetos submetidos à aprovação deverão estar de acordo com as normas dos órgãos competentes, como: Prefeitura, Corpo de Bombeiros e Vigilância Sanitária.

#### **Restrições Técnicas:**

- Elementos estruturais como lajes, vigas, pilares, serão executados estritamente conforme o projeto estrutural do empreendimento, assim como não é possível fazer aberturas em lajes e posteriormente demolições de elementos estruturais.
- A alteração das alvenarias estará sujeita a aprovação técnica da engenharia e deverá obedecer a legislação da Prefeitura Municipal para as áreas mínimas dos cômodos.
- Não serão admitidos tirantes nas lajes dos tetos, nem sobrecargas acentuadas ou concentradas sobre quaisquer elementos estruturais.
- As fachadas, varandas, sacadas e churrasqueiras não poderão sofrer alterações de nenhuma espécie.
- A pintura da unidade só poderá ser feita no padrão da construtora.
- As tubulações denominadas prumadas e shafts deverão ser respeitadas sendo totalmente proibida qualquer modificação ou intervenção nelas.
- Vaso sanitário, chuveiro, monocomando do chuveiro, ducha higiênica e acabamentos nos registros de água quente e fria, serão entregues instalados e apenas no padrão da construtora.
- Não serão entregues bancadas, cubas e torneiras de bancadas dos banheiros.
- Não é possível realizar modificações na posição dos ralos. A construtora segue padrão de paginação para o caimento do piso.
- É possível deslocar e adicionar pontos de elétrica e telecomunicações, sendo que os

eletrodutos serão passados pelo forro, entre a laje e o gesso.

- Os projetos de alteração deverão conter as cotas de referência, altura definida e especificação do tipo do ponto elétrica e telecom a ser acrescentado ou alterado e não poderão extrapolar a carga de entrada do apartamento.
- A posição dos CD's (Centros de Distribuição) Elétrico e Telecom não poderão ser alteradas.
- Acabamentos de elétrica e telecomunicações, somente serão entregues no padrão da construtora.
- Quando solicitado acréscimo de ponto de iluminação, a espera para o ponto é deixado à cima do gesso, para cliente instalar as luminárias após a entrega das chaves.
- Vistas, portas, ferragens e rodapé só serão instaladas no padrão da construtora. O padrão da construtora é Kit porta pronta, incluindo forra, vista, folha e ferragens (fechadura e dobradiças).
- Não é permitido o acréscimo de ponto de gás.
- A posição do aquecedor de passagem a gás deverá ser respeitada, não sendo possível alterar a sua posição potência. A instalação e aquisição do equipamento será de responsabilidade do proprietário.
- Será executado instalações para receber fogão a gás, não está previsto instalações para receber fogão por indução. Porém caso seja solicitado a instalação de fogão por indução o mesmo sofrerá análise pontual e não poderá ultrapassar a carga elétrica total dimensionada para o apartamento.
- Para solicitação de espera para instalação posterior de coifa, alertamos que só poderá ser utilizada em modo depurador, sem saída externa.
- Os dormitórios e suítes serão entregues com piso laminado de madeira. Serão dadas três opções de cores do laminado de madeira para escolha do cliente, sem custo adicional. Caso o cliente não efetue a escolha, será instalado o laminado escolhido como padrão do empreendimento.
- Todos os ambientes possuem rebaixo de gesso liso. Além do padrão serão dadas duas opções de gesso para escolha do cliente como kit com o custo a cargo do cliente.
- Não executamos projetos de gesso personalizado.
- Serão dadas duas opções de revestimento cerâmico para escolha do cliente como

kit com o custo a cargo do cliente ou o cliente terá a opção de escolha destes materiais diretamente com o fornecedor que a Construtora fizer parceria, ficando a cargo do cliente o custo dos mesmos.

- Não é permitida a modificação do piso porcelanato ou cerâmico das sacadas, varandas e terraços.
- Não é permitido o uso de rejunte epóxi.
- Não é permitido deixar as áreas impermeabilizadas sem revestimento cerâmico (piso e parede).
- Paredes com previsão de pintura não é permitido a colocação de revestimento cerâmico. Ambientes com pintura no interior do apartamento: Cozinha, Área de serviço, sala estar/jantar, circulação, dormitórios, suítes e lavabo.
- Não é permitida a modificação do porcelanato do box dos BWCs para formatos superiores a 60x60 cm.
- Será executado nicho na parede do box dos banheiros que são tecnicamente possíveis, sendo eles com dimensões padrão da construtora, somente será possível fazer modificação do nicho desde que atenda as restrições técnicas da construtora, caso ocorra alteração do revestimento do banheiro a execução do revestimento do nicho ficará sobre a responsabilidade do cliente após o recebimento das chaves.
- Não faz parte de escopo de serviços da construtora a instalação de piso dos tipos: vinílico, granito ou madeira. Essas modificações deverão ser realizadas após entrega das chaves do imóvel para o cliente, sendo que a espessura e características do contrapiso não poderão ser alteradas e as áreas impermeabilizadas não poderão ficar sem revestimento.
- O Contra piso de todo apartamento será executado com o mesmo nível.

### **Custo das modificações**

- Toda a mão de obra relacionada às modificações propostas no apartamento, tais como: demolições, elevação ou demolição de paredes, instalações elétricas, hidrossanitárias, telefônicas, tubulações de gás e troca de revestimentos serão executadas por equipe própria da construtora, **SOMENTE** após a aprovação do orçamento pelo cliente, comprovado através da assinatura em formulário específico.
- Algumas modificações também poderão gerar custo de reaprovação dos projetos,

junto aos órgãos competentes, como Prefeitura, Corpo de Bombeiros e Vigilância Sanitária que serão repassados ao proprietário, assim como o custo do projetista e a taxa de modificação da construtora.

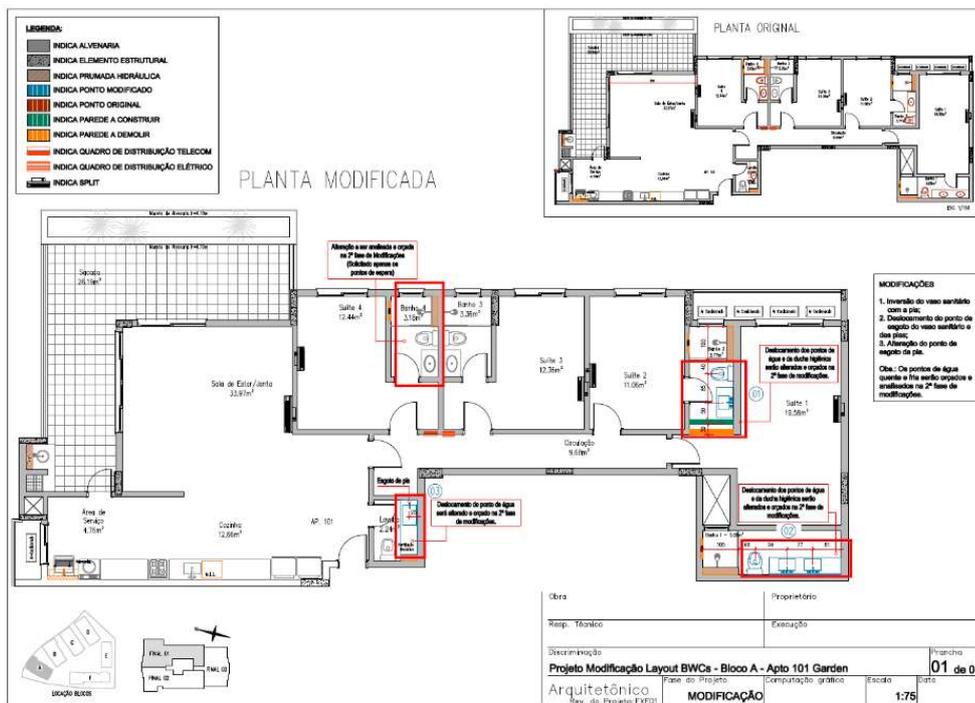
- Desde que previamente acertado, anteriormente à aquisição por parte da construtora, poderão ser creditados para o cliente, os seguintes materiais não aplicados na sua unidade: revestimentos cerâmicos, porcelanatos e piso laminado de madeira. Caso o material já tenha sido adquirido pela construtora, não será dado crédito.
- Os materiais especiais que não apresentam similaridade com o padrão estabelecido no memorial descritivo, que gerem aplicação por mão de obra especializada, serão avaliados pela construtora se poderão ser aplicados durante a execução da obra (sob responsabilidade da construtora) ou se deverão ser aplicados após a entrega do imóvel (sob responsabilidade do cliente).

## ANEXO C - TABELA ORÇAMENTÁRIA PARA CUSTOMIZAÇÃO

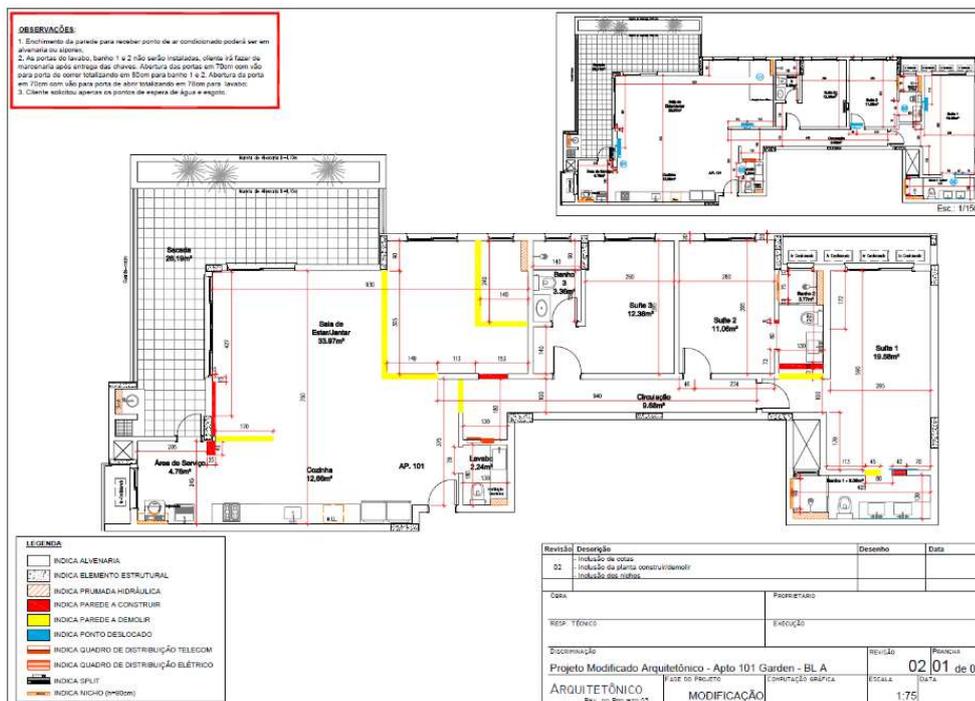
<b>COMPOSIÇÃO ORÇAMENTO ALTERAÇÕES APARTAMENTO PADRÃO</b>		
<b>Mão de obra e material</b>		<b>Observações</b>
MO – Assentamento de revestimento fora do padrão- por m²		* Depende do material e do tamanho do revestimento.
Furo na laje para passagem de tubulação	<b>R\$ 150,00</b>	* mão de obra por furo (unidade)
Infraestrutura para Instalação de banheira	<b>R\$ 2.000,00</b>	* Sujeita a análise de projeto estrutural e elétrico.
Deslocamento pontos de iluminação, campainha, tomada e telecom, por unidade	<b>R\$ 100,00</b>	* Material p/ 1m de deslocamento
Deslocamento ponto tomada de chuveiro	<b>R\$ 100,00</b>	* Material p/ 1m de deslocamento
Deslocamento ponto de interruptor	<b>R\$ 100,00</b>	* Material p/ 1m de deslocamento
Deslocamento pontos de água quente e fria	<b>R\$ 150,00</b>	* Material p/ 1m de deslocamento
Deslocamento pontos de água fria	<b>R\$ 100,00</b>	* Material p/ 1m de deslocamento
Deslocamento ponto de esgoto	<b>R\$ 100,00</b>	* Material p/ 1m de deslocamento
Deslocamento ponto de gás	<b>R\$ 150,00</b>	* Material p/ 1m de deslocamento
Deslocamento ponto de split	<b>R\$ 200,00</b>	* Material p/ 1m de deslocamento
Deslocamento ponto de água fria e quente para chuveiro de teto	<b>R\$ 350,00</b>	*Material e mão de obra.
Acréscimo pontos de iluminação, tomada e telecom, por unidade	<b>R\$ 150,00</b>	* Material p/ até 1m de distancia de de outro ponto similar
Acréscimo de comandos para interruptor	<b>R\$ 50,00</b>	1
Acréscimo ponto de tomada chuveiro	<b>R\$ 200,00</b>	* Material p/ até 1m de distancia de de outro ponto similar
Acréscimo ponto de interruptor	<b>R\$ 150,00</b>	* Material p/ até 1m de distancia de de outro ponto similar
Acréscimo ponto de internet	<b>R\$ 150,00</b>	* Material p/ até 1m de distancia de de outro ponto similar
Acréscimo ponto de água fria	<b>R\$ 200,00</b>	* Material p/ até 1m de distancia de de outro ponto similar
Acréscimo ponto de água fria e água quente	<b>R\$ 300,00</b>	* Material p/ até 1m de distancia de de outro ponto similar
Acréscimo ponto de esgoto	<b>R\$ 200,00</b>	* Material p/ até 1m de distancia de de outro ponto similar
Acréscimo ponto de split	<b>R\$ 600,00</b>	* Sujeito à análise e confirmação dos valores
Acréscimo de tomada - instalação de fogão por indução	<b>R\$ 300,00</b>	* Dijuntor, tomada e fiação
<b>Material</b>		<b>Observações</b>
Porta de abrir 80x210 semi-oca (interiores) c/ferragens	<b>R\$ 478,22</b>	Porta + Ferragens (maçaneta)+ dobradiças (3pçs/porta)
Porta de abrir 80x210 maciça (exterior/entrada) c/ferragens	<b>R\$ 512,22</b>	Porta + Ferragens (maçaneta)+ dobradiças (3pçs/porta)
Porta de abrir 70x210	<b>R\$ 468,22</b>	Porta + Ferragens (maçaneta)+ dobradiças (3pçs/porta)
Porta de correr c/ ferragens	<b>R\$ 558,00</b>	Porta + Trilhos, guias, roldanas e demais acessórios para porta de correr
Piso porcelanato padrão construtora, por m²	<b>R\$ 82,00</b>	
Azulejo padrão construtora, por m²	<b>R\$ 20,00</b>	
Misturador padrão banheiros	<b>R\$ 166,00</b>	
Ducha Higiénica padrão	<b>R\$ 132,00</b>	
Bacia sanitária padrão	<b>R\$ 250,00</b>	
Chuveiro padrão e monocomando (base e acabamento)	<b>R\$ 295,00</b>	
Acabamento do registro		
<b>Administrativo</b>		<b>Observações</b>
Redimensionamento de instalações elétricas/telecom pelo Projetista		* Valores administrativos sujeitos à confirmação
Redimensionamento de instalações hidráulicas pelo Projetista		* Valores administrativos sujeitos à confirmação
Redimensionamento de instalações de climatização pelo Projetista		* Valores administrativos sujeitos à confirmação
Taxa de análise de modificação e orçamentação (arquiteto encaminha desenho)	<b>R\$ 500,00</b>	Somente na primeira atção
Taxa de análise de modificação e orçamentação (cliente solicita verbalmente)	<b>R\$ 750,00</b>	* Valores administrativos
Taxa de reaprovação nos órgãos competentes		* Valores administrativos

## ANEXO D - PADRÃO PROJETO CUSTOMIZADO

### Fase 01 – Customizações com furações na laje

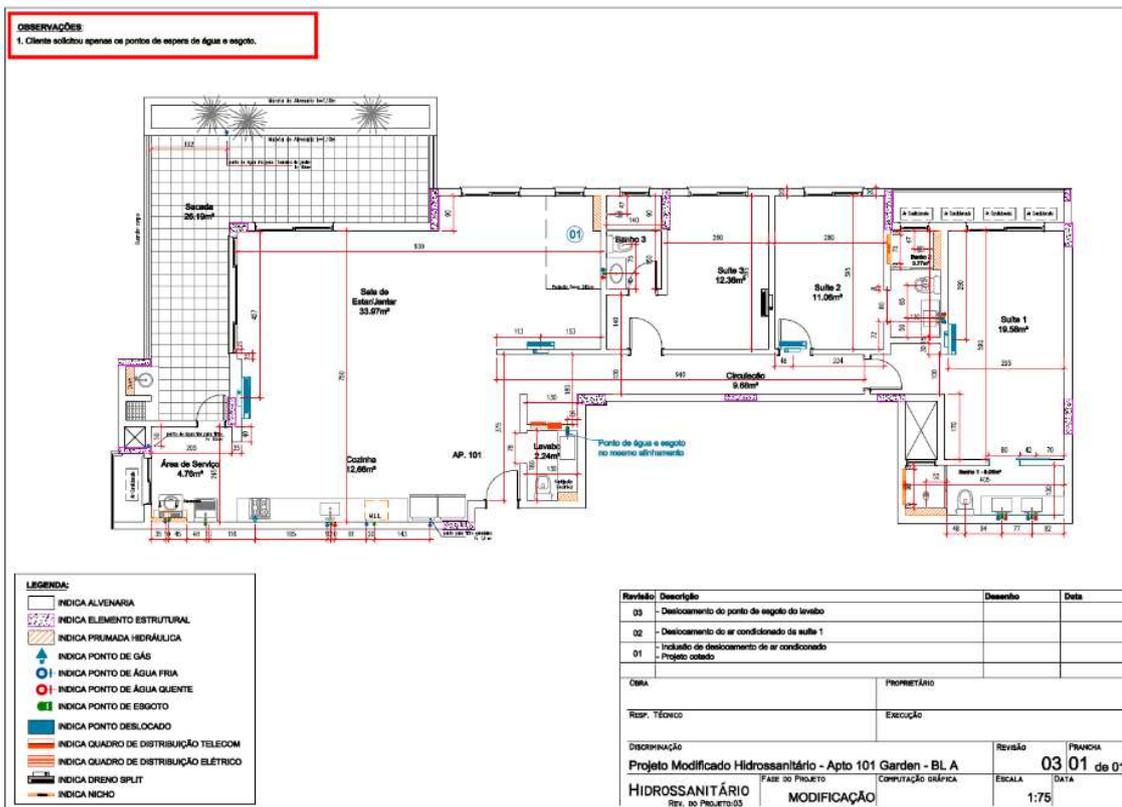


### Fase 02 – Customização alvenarias

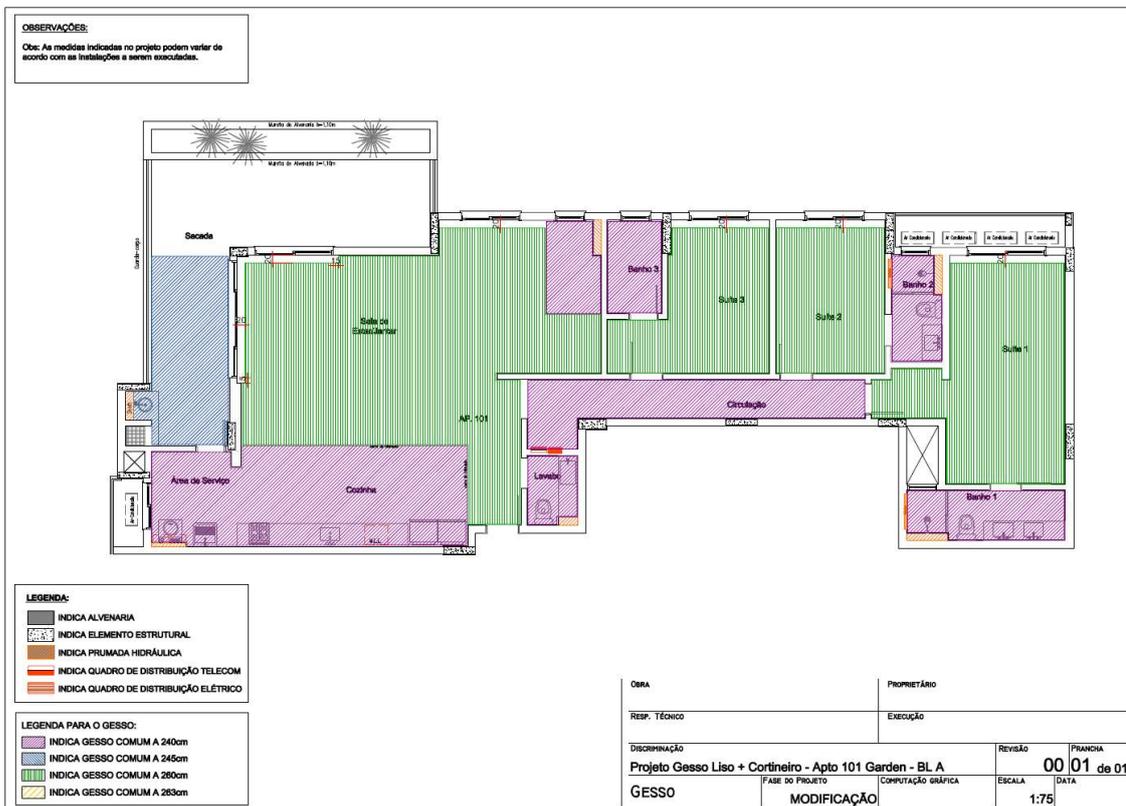




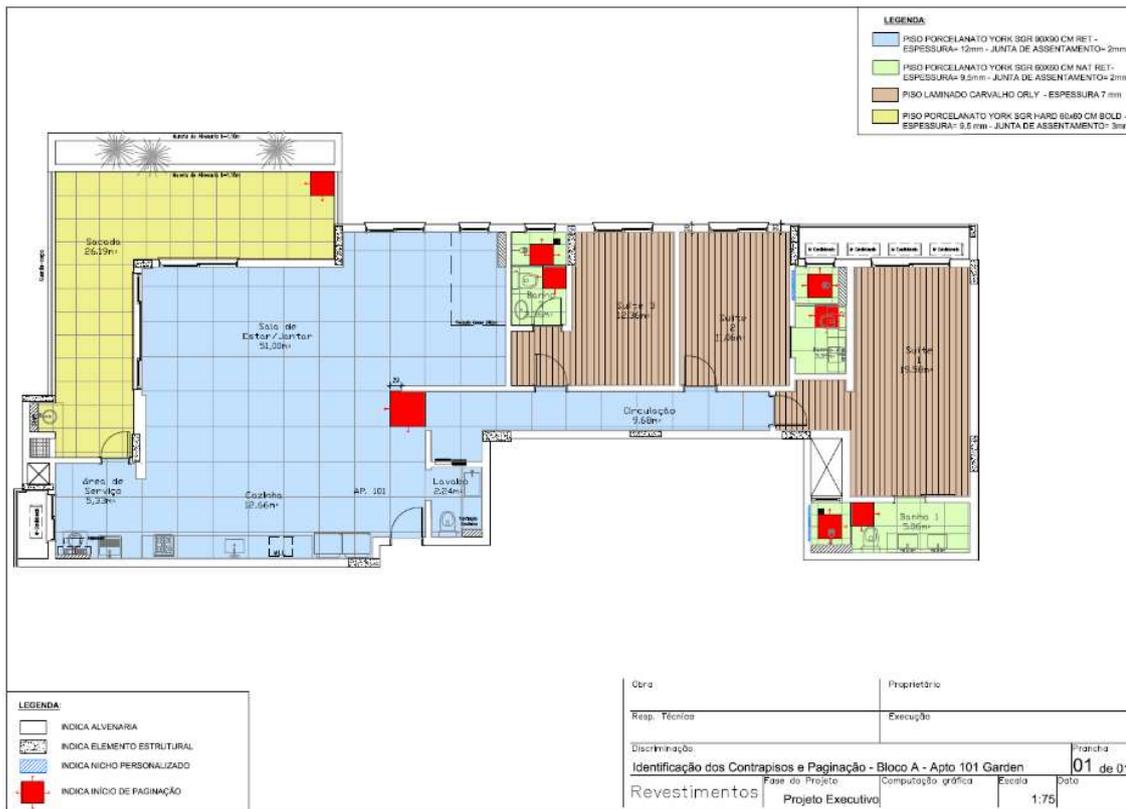
## Fase 02 – Customização hidrossanitário e climatização



## Fase 03 – Customização gesso



### Fase 03 – Customização revestimentos



## ANEXO E - ORÇAMENTO APARTAMENTO

BLA\_101\_ORÇAMENTO

<b>ORÇAMENTO DE MODIFICAÇÕES</b>				
<b>OBRA:</b>			<b>DATA:</b>	
APTO: 101			BLOCO:	
<b>CLIENTE:</b>			2° Fase de Modificações	
DESCRIÇÃO	UNID.	QUANT.	R\$ UNIT.	R\$ TOTAL
<b>PONTOS TELECOM/ ELÉTRICO E LUMINOTÉCNICO</b>				
Acréscimo de pontos	cj.	1	-	R\$ 12.600,00
Acréscimo de caixas de passagem para futuras instalações de sistema de câmeras*	cj.	1	-	R\$ 2.000,00
Deslocamento pontos	cj.	1	90% dos pontos	R\$ 4.850,00
<b>DESLOCAMENTOS DE AR CONDICIONADO</b>				
Deslocamento pontos de split	un.	5	R\$ 200,00	R\$ 1.000,00
<b>HIDRÁULICO</b>				
Deslocamento pontos de água quente e fria	un.	3	R\$ 150,00	R\$ 450,00
Deslocamento pontos de água fria	un.	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Acréscimo ponto de água fria geladeira	un.	2	R\$ 200,00	R\$ 400,00
Deslocamento ponto gás	un.	1	R\$ 150,00	R\$ 150,00
<b>CRÉDITOS</b>				
Crédito porta de giro 80x210 – Circulação	un.	1	-R\$ 478,22	-R\$ 478,22
Crédito porta de giro 70x210 - Banho suíte 1	un.	1	-R\$ 468,22	-R\$ 468,22
Crédito porta de giro 70x210 – Banho suíte 2	un.	1	-R\$ 468,22	-R\$ 468,22
Crédito porta de giro 70x210 – Suíte 4	un.	1	-R\$ 468,22	-R\$ 468,22
Crédito porta de giro 70x210 - Banho suíte 4	un.	1	-R\$ 468,22	-R\$ 468,22
Crédito porta de giro 70x210 – Lavabo	un.	1	-R\$ 468,22	-R\$ 468,22
Crédito chuveiro padrão e mono comando (base e acabamento)	un.	1	-R\$ 295,00	-R\$ 295,00
Crédito ducha higiênica padrão	un.	1	-R\$ 132,00	-R\$ 132,00
Crédito bacia sanitária padrão	un.	1	-R\$ 166,00	-R\$ 166,00
<b>PROJETISTAS E TAXAS</b>				
Gesso liso + cortineiro	un.	1	R\$1.342,74	R\$1.342,74
Redimensionamento de instalações de climatização pelo Projetista	un.	1	R\$ 800,00	R\$ 800,00
Redimensionamento de instalações hidráulicas pelo projetista	un.	1	R\$ 800,00	R\$ 800,00
Redimensionamento de instalações elétricas/telecom pelo Projetista	un.	1	R\$ 1.400,00	R\$ 1.400,00
<b>TOTAL:</b>				<b>R\$ 21.080,42</b>
<b>OBS.:* Estamos considerando apenas a tubulação para futuras instalação do sistema de cameras.</b>				
<b>FORMA DE PGTO:</b>				
LIBERAÇÃO ENGENHARIA				
VISTO FINANCEIRO			ASSINATURA PROPRIETÁRIO	

## ANEXO F - FLUXOGRAMA CUSTOMIZAÇÃO

