

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
CURSO DE MESTRADO EM GEOTECNIA E TRANSPORTES

**PROPOSTA DE UM FLUXO DE PROCESSOS
PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS
VIÁRIOS URBANOS UTILIZANDO A
METODOLOGIA BIM**

Israel Gustavo Freitas Figueredo

Belo Horizonte

2023

Israel Gustavo Freitas Figueredo

**PROPOSTA DE UM FLUXO DE PROCESSOS
PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS
VIÁRIOS URBANOS UTILIZANDO A
METODOLOGIA BIM**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Geotecnia e Transportes da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito final à obtenção do título de Mestre em Geotecnia e Transportes.

Área de concentração: BIM em Infraestrutura

Orientador: Professor Dr. Marcelo Franco Porto

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG

2023

F475p Figueredo, Israel Gustavo Freitas.
Proposta de um fluxo de processos para desenvolvimento de projetos viários urbanos utilizando a metodologia bim [recurso eletrônico] / Israel Gustavo Freitas Figueredo. - 2023.
1 recurso online (311 f. : il., color.) : pdf.

Orientador: Marcelo Franco Porto.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Apêndices: f. 240-311

Bibliografia: f. 225-239.
Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Transportes - Teses. 2. Modelagem de informação da construção - Teses. 3. Mobilidade urbana - Teses. 4. Gestão de processos - Teses. .
I. Porto, Marcelo Franco. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. III. Título.

CDU: 656(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
COLEGIADO DO CURSO DE MESTRADO EM GEOTECNIA E TRANSPORTES

FOLHA DE APROVAÇÃO

PROPOSTA DE UM FLUXO DE PROCESSOS PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS VIÁRIOS URBANOS UTILIZANDO A METODOLOGIA BIM

ISRAEL GUSTAVO FREITAS FIGUEREDO

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOTECNIA E TRANSPORTES, como requisito para obtenção do grau de Mestre em GEOTECNIA E TRANSPORTES, área de concentração TRANSPORTES.

Aprovada em 18 de dezembro de 2023, pela banca constituída pelos membros:

Professores Doutores:

Marcelo Franco Porto - UFMG

Paulo Roberto Pereira Andery - UFMG

Renata Maria Abrantes Baracho Porto - UFMG

Guilherme de Castro Leiva - CEFET/MG

Daniel Carneiro Paes - MASSEY UNIVERSITY



Documento assinado eletronicamente por **Marcelo Franco Porto, Coordenador(a) de curso de pós-graduação**, em 27/12/2023, às 13:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Daniel Carneiro Paes, Usuário Externo**, em 27/12/2023, às 14:25, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Guilherme de Castro Leiva, Usuário Externo**, em 28/12/2023, às 08:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renata Maria Abrantes Baracho Porto, Professora do Magistério Superior**, em 05/02/2024, às 10:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Paulo Roberto Pereira Andery, Membro de comissão**, em 07/02/2024, às 09:54, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2927986** e o código CRC **410BDA7F**.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois, sei que sem a sua orientação, ajuda e auxílio não seria possível chegar até aqui, obrigado por seu amor e misericórdia para com a minha vida, devolvo todos os meus títulos e conquistas em tuas mãos, pois tudo vem de Ti.

A minha mãe, Stela Simone por todo seu amor, carinho, apoio e incentivo, se hoje cheguei até aqui esse reconhecimento também devo a você, ao meu Pai Gustavo Figueredo por todos os conselhos, apoio e incentivo, e a minha irmã Nathalia por ser essa pessoa especial, incentivadora e por acreditar nos meus sonhos.

Aos amigos, Charles, Patrícia, Renato e Paulo, por todo o apoio, ajuda e incentivo, por me encorajar e me impulsionar quando precisava, a ajuda e o carinho de vocês foram combustíveis para mim; vocês me inspiram. Obrigado por tudo.

As minhas amigas e irmãs intercessoras, que se eu fosse citar nomes aqui com certeza deixaria alguém de fora, mas foram tão especiais e me sustentaram nessa jornada.

A cada especialista e empresa que aceitou esse desafio, por ter disponibilizado tempo para esse trabalho, por compartilhar seus conhecimentos e contribuírem com todo amor. Meu muito obrigado.

Aos meus colegas de trabalho em especial ao Ciro, Luiz, Giovanna e Beth por todos os incentivos, apoio, orações e suporte e toda equipe da CMBH vocês são incríveis.

E por fim ao meu orientador, professor Dr. Marcelo Franco Porto, aos membros da banca em especial a professora Renata Baracho e ao professor Paulo Andery por todas as ponderações, orientações e análises.

“Lâmpada para os meus pés é a tua palavra e, luz para os meus caminhos.”

Salmos 119:105

RESUMO

Os Projetos Viários Urbanos (PVU) têm por finalidade desenvolver intervenções viárias urbanas com o objetivo de proporcionar melhorias na mobilidade e aumento da segurança viária. Os processos de desenvolvimento de projetos evoluíram, passando do desenho a lápis para abordagens bidimensionais e tridimensionais. Durante a fase de projeto, ocorrem erros, retrabalhos, atrasos e compatibilização fragmentada. Da necessidade de projetos colaborativos e com interoperabilidade surgiu a Modelagem da Informação da Construção (BIM). As fases iniciais de um empreendimento, como a concepção, diagnóstico, estudos e projetos, apresentam as maiores oportunidades de intervenção, ocasionando redução de custos. Para abordar esses desafios, países como os Estados Unidos e Inglaterra adotam a metodologia BIM. No Brasil, o Governo Federal publicou decretos promovendo a utilização, capacitação e expansão do BIM em projetos de engenharia. O objetivo geral dessa dissertação é a criação de um fluxo de processos utilizando a metodologia BIM para desenvolver projetos viários urbanos (PVU), promovendo colaboração entre as disciplinas. O método adotado na pesquisa foi a *Design Science Research* (DSR), compreendendo duas fases e cinco etapas cada, incluindo identificação e entendimento do problema, desenvolvimento, avaliação e conclusão. A pesquisa envolveu um estudo exploratório e entrevistas semiestruturadas com especialistas e empresas na área de PVU. O fluxo de processos proposto foi bem avaliado pelos especialistas, sendo fundamental para introduzir o BIM. Após a construção do primeiro artefato, foi realizada a construção do segundo artefato, que incorporou a metodologia BIM no processo de projeto. Entrevistas com especialistas BIM foram realizadas, e o artefato foi revisado e avaliado positivamente, sendo considerado aplicável, fácil de entender e adaptável. Os resultados revelam que a maioria dos especialistas em PVU e empresas trabalham de forma tradicional. A inserção do BIM no fluxo de processos melhora a interoperabilidade, colaboração e a comunicação no desenvolvimento dos projetos. Contatou-se que alguns profissionais possuem conhecimento em BIM e planejam adaptar-se à metodologia. O segundo fluxo de processos foi bem avaliado, indicando a necessidade de treinamentos para os profissionais de PVU entenderem melhor o BIM. Um projeto piloto é essencial para a implementação da metodologia, exigindo estudos futuros na infraestrutura, especialmente em ambientes urbanos.

Palavras-chave: BIM; modelagem da informação da construção; projeto viário urbano; fluxo de processos.

ABSTRACT

Urban Road Design (URD) aim to develop urban road interventions to improve mobility and enhance road safety. The project development processes have evolved from hand-drawn sketches to two-dimensional and three-dimensional approaches. During the design phase, errors, rework, delays, and fragmented coordination occur. The need for collaborative and interoperable projects gave rise to Building Information Modeling (BIM). The early stages of a project, such as conception, diagnosis, studies, and design, offer significant opportunities for intervention, leading to cost reduction. To address these challenges, countries like the United States and England have adopted the BIM methodology. In Brazil, the Federal Government has issued decrees promoting the use, training, and expansion of BIM in engineering projects. The overall objective of this dissertation is to create a process flow using the BIM methodology to develop URD, fostering collaboration among disciplines. The research adopted the Design Science Research (DSR) method, comprising two phases and five steps each, including problem identification and understanding, development, evaluation, and conclusion. The research involved an exploratory study and semi-structured interviews with experts and companies in the URD field. The proposed process flow was well-evaluated by experts, proving crucial in introducing BIM. After constructing the first artifact, the development of the second artifact, incorporating the BIM methodology into the design process, took place. Interviews with BIM experts were conducted, and the artifact was revised and positively evaluated, deemed applicable, easy to understand, and adaptable. The results reveal that the majority of URD experts and companies still adhere to traditional methods. The integration of BIM into the process flow improves interoperability, collaboration, and communication in project development. It was found that some professionals have knowledge of BIM and plan to adapt to the methodology. The second process flow was well-received, indicating the need for training for URD professionals to better understand BIM. A pilot project is essential for implementing the methodology, requiring further studies in infrastructure, especially in urban environments.

Keywords: BIM; building information modeling; urban road design; process flow.

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1</i> - Pilares fundamentais do tráfego.....	31
<i>Figura 2</i> - Princípios da sinalização de trânsito.....	40
<i>Figura 3</i> - Subsistemas de sinalização viária.....	41
<i>Figura 4</i> - Evolução dos projetos ou das representações e documentações.....	48
<i>Figura 5</i> - Os fundamentos do BIM.....	49
<i>Figura 6</i> - Fluxo de informação entre processo tradicional e processo BIM + IPD.....	53
<i>Figura 7</i> - Curva de MacLeamy.....	55
<i>Figura 8</i> - Curva de MacLeamy.....	56
<i>Figura 9</i> - Os cinco componentes críticos para uma mudança.....	59
<i>Figura 10</i> - Comparativo de troca de informações entre metodologia convencional e BIM.....	63
<i>Figura 11</i> - Níveis de desenvolvimento.....	66
<i>Figura 12</i> - Níveis de maturidade BIM.....	67
<i>Figura 13</i> - Níveis de maturidade BIM.....	68
<i>Figura 14</i> - Níveis de maturidade BIM subdivididas em estágios.....	69
<i>Figura 15</i> - Os 25 casos de uso BIM no ciclo de vida.....	70
<i>Figura 16</i> - Usos do BIM para projeto.....	71
<i>Figura 17</i> - Processo de pesquisa utilizando DSR.....	77
<i>Figura 18</i> - <i>Framework</i> da pesquisa.....	79
<i>Figura 19</i> - Estágios e fases da revisão sistemática da literatura.....	86
<i>Figura 20</i> - <i>Framework</i> da seleção dos artigos.....	93
<i>Figura 21</i> - Locais de produção de trabalhos e a quantidade por país.....	98
<i>Figura 22</i> - Países mais citados nos trabalhos.....	100
<i>Figura 23</i> - Palavras mais frequentes.....	101
<i>Figura 24</i> - Nuvem de palavras.....	102
<i>Figura 25</i> - Ambiente de dados comuns e processo de modelagem BIM.....	107
<i>Figura 26</i> - Fluxo de processos para aplicação do BIM em um projeto rodoviário.....	109
<i>Figura 27</i> - Estrutura metodológica baseada em BIM para análise e simulação de tráfego.....	111
<i>Figura 28</i> - Esquema de trabalho colaborativo.....	112
<i>Figura 29</i> - Fluxo de processos do modelo proposto por Andriani.....	114
<i>Figura 30</i> - Fluxo de trabalho CIM para o processo de entrega de projetos.....	118
<i>Figura 31</i> - Fontes para elaboração das entrevistas.....	128
<i>Figura 32</i> - Fluxograma para entrevistas com especialistas PVU.....	130
<i>Figura 33</i> - Fases no desenvolvimento dos PVU.....	145
<i>Figura 34</i> - Especialistas por disciplina.....	154
<i>Figura 35</i> - Troca de informações entre disciplinas do projeto tradicional.....	155

<i>Figura 36 - Fontes para construção do segundo artefato e elaboração das entrevistas.....</i>	<i>192</i>
Figura 37 – Responsabilidades no projeto	212
Figura 38 – Semelhanças e diferenças no início do projeto	214
Figura 39 – Semelhanças e diferenças nas definições do projeto	216
Figura 40 – Semelhanças e diferenças nas fases do projeto.....	217
Figura 41 – Semelhanças e diferenças na etapa dos estudos.....	218

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Tipos de documentos acadêmicos encontrados na RSL	90
Gráfico 2 - Produção científica por ano	90
Gráfico 3 - Principais periódicos.....	91
Gráfico 4 - Produção por país	92
Gráfico 5 - Produções científicas por ano	95
Gráfico 6 - Correlações autores x referências x palavras-chaves.....	96
Gráfico 7 - Autores mais relevantes	97
Gráfico 8 - Produção dos países ao longo dos anos	99
Gráfico 9 - Publicações por eventos e periódicos	103
Gráfico 10 - Tipos de vias nos trabalhos analisados	104
Gráfico 11 - Trabalhos que possuem fluxos de processos	105
Gráfico 12 - Trabalhos que possuem fluxos de processos na etapa de projeto	106
Gráfico 13 - Gênero dos entrevistados.....	131
Gráfico 14 - Formação acadêmica	132
Gráfico 15 - Nível de escolaridade.....	132
Gráfico 16 - Especialização na área	133
Gráfico 17 - Estado dos entrevistados.....	133
Gráfico 18 - Tempo de experiência profissional.....	134
Gráfico 19 - Tipo de empresa inserida no momento	135
Gráfico 20 - Atuação em empresa ou órgão público.....	135
Gráfico 21 - Softwares utilizados para elaboração dos projetos	136
Gráfico 22 - Disciplinas consideradas para elaboração do PVU.....	137
Gráfico 23 - Atuação em disciplinas do PVU	138
Gráfico 24 - Área de atuação nos projetos de sinalização.....	139
Gráfico 25 - Atuação em disciplinas complementares.....	140
Gráfico 26 - Acessibilidade como disciplina de PVU.....	141
Gráfico 27 - Projeto cicloviário uma disciplina de PVU.....	143
Gráfico 28 - Conhece o termo BIM	148
Gráfico 29 - Conhece os decretos do BIM.....	148
Gráfico 30 - Pretende conhecer ou aprofundar em BIM	149
Gráfico 31 - Já fez o uso do BIM	150
Gráfico 32 - Quais dimensões BIM utilizadas	150
Gráfico 33 - O uso do BIM proporcionou melhoria.....	151
Gráfico 34 - Houve ganho de tempo na elaboração do projeto.....	152
Gráfico 35 - Houve algum parâmetro modelado além dos geométricos	153

Gráfico 36 - Formação acadêmica dos gestores	171
Gráfico 37 - Cargos dos gestores	171
Gráfico 38 - Tempo de atuação dos gestores na empresa	172
Gráfico 39 - Tempo de atuação da empresa no mercado	173
Gráfico 40 - Projetos desenvolvidos na área	174
Gráfico 41 - Softwares utilizados para elaboração dos projetos na empresa	175
Gráfico 42 - Empresa possui cronograma para o desenvolvimento dos projetos.....	176
Gráfico 43 - Há um checklist para o desenvolvimento dos projetos.....	176
Gráfico 44 - Ocorreram retrabalhos no desenvolvimento dos projetos.....	177
Gráfico 45 - Qual a taxa de incidência de retrabalho nos projetos.....	177
Gráfico 46 - Há reuniões com a equipe no início do desenvolvimento dos projetos	178
Gráfico 47 - A empresa possui um fluxo de processos geral para elaboração do PVU	179
Gráfico 48 - É elaborado um fluxo para cada projeto contratado	179
Gráfico 49 - Quais os entregáveis elaborados pela empresa	181
Gráfico 50 - Tipos de documentos entregáveis para análise aos órgãos e clientes	182
Gráfico 51 - Avaliação do fluxo de processos	187
Gráfico 52 - O fluxo é de fácil compreensão	188
Gráfico 53 - É possível expandir o fluxo para as disciplinas complementares do PVU	189
Gráfico 54 - O fluxograma contempla todas as etapas para o desenvolvimento do projeto	190
Gráfico 55 - Gênero dos entrevistados.....	199
Gráfico 56 - Formação acadêmica	199
Gráfico 57 - Experiência profissional em BIM.....	200
Gráfico 58 - Avaliação do fluxo de processos	206
Gráfico 59 - O fluxo é de fácil compreensão	207
Gráfico 60 - É possível adaptar o fluxo em outros projetos e disciplinas	207

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção por país.....	92
Tabela 2 - Citações médias por ano	96
Tabela 3 - Países mais citados nos trabalhos e média de citações de artigos	100
Tabela 4 - Nuvem de palavras.....	102

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Tipos de artefatos.....	75
Quadro 2 - Fontes de evidência - PVU	83
Quadro 3 - Fontes de evidências - BIM	126
Quadro 4 - Dados de entrada e saída da demanda.....	156
Quadro 5 - Dados de entrada e saída do diagnóstico	157
Quadro 6 - Dados de entrada e saída do estudo de tráfego	158
Quadro 7 - Dados de entrada e saída do levantamento topográfico.....	159
Quadro 8 - Dados de entrada e saída do projeto geométrico.....	160
Quadro 9 - Dados de entrada e saída do projeto de acessibilidade	161
Quadro 10 - Dados de entrada e saída de projeto de sinalização horizontal	162
Quadro 11 - Dados de entrada e saída de projeto de sinalização vertical de regulamentação	163
Quadro 12 - Dados de entrada e saída de projeto de sinalização vertical de advertência	164
Quadro 13 - Dados de entrada e saída de projeto de sinalização indicativa.....	165
Quadro 14 - Dados de entrada e saída de projeto de sinalização cicloviária.....	166
Quadro 15 - Dados de entrada e saída de projeto de sinalização cicloviária.....	167
Quadro 16 - Dados de entrada e saída de projeto de sinalização semafórica.....	168
Quadro 17 - Dados de entrada e saída de projeto de sinalização semafórica.....	169

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC - Arquitetura, Engenharia e Construção
AIA - The American Institute of Architects
ANTT - Agência Nacional de Transportes Terrestres
AsBEA - Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura
BCF - BIM Collaboration Format
BHTRANS - Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte
BIM - Building Information Modeling
CAD - Computer Aided Design
CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CET - Companhia de Engenharia de Tráfego
CIM - Civil Integrated Management
COBie - Construction Operations Building Information Exchange
CONTRAN - Conselho Nacional de Trânsito
CTB - Código de Trânsito Brasileiro
DER-MG - Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais
DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
DSR - Design Science Research
DVRPC - Delaware Valley Regional Planning Commission
EIV - Estudo de Impacto de Vizinhança
FGV - Fundação Getúlio Vargas
FHWA - Federal Highway Administration
IABI - Institute for Applied Building Informatics
IBGE - Instituto Brasileira de Geografia e Estatística
IFC - Industry Foundation Class
IPD - Integrated Project Delivery
ISO - Organização Internacional de Normalização
LOD - Level of Development
MOEs - Measures of Effectiveness
MSU - Manual de Sinalização Urbana
MUTCD - Manual Americano de Controle de Tráfego Uniforme em Rodovias
NBR - Norma Brasileira
NIST - National Institute of Standards and Technology
ONU - Organização das Nações Unidas
PGT - Pólos Geradores de Tráfego

PGV - Pólos Geradores de Viagens

PIB - Produto Interno Bruto

PVU - Projeto Viário Urbano

SEINFRA - Secretaria de Estado de Infraestrutura e Mobilidade

SNTT - Secretaria Nacional de Transportes Terrestres

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	20
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	20
1.2 QUESTÃO DE PESQUISA	22
1.3 OBJETIVOS	22
1.4 TRABALHOS CORRELATOS	22
1.5 CONTRIBUIÇÃO CIENTÍFICA	24
2 PROJETO VIÁRIO URBANO	24
2.1 CIDADES E VIAS URBANAS	24
2.2 PROJETO VIÁRIO URBANO - PROJETOS DE VIAS URBANAS	26
2.3. ETAPAS PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS	27
2.3.1 <i>Anteprojeto</i>	<i>28</i>
2.3.2 <i>Projeto básico</i>	<i>28</i>
2.3.3 <i>Projeto executivo.....</i>	<i>29</i>
2.4 DISCIPLINAS DO PROJETO VIÁRIO URBANO	29
2.4.1 <i>Estudo de tráfego</i>	<i>30</i>
2.4.2 <i>Diagnóstico</i>	<i>32</i>
2.4.3 <i>Levantamento planialtimétrico e cadastral.....</i>	<i>33</i>
2.4.4 <i>Projeto geométrico.....</i>	<i>34</i>
2.4.5 <i>Projeto de acessibilidade urbana.....</i>	<i>35</i>
2.4.6 <i>Projetos complementares.....</i>	<i>37</i>
2.4.7 <i>Projetos de sinalização.....</i>	<i>37</i>
2.4.8 <i>Projeto de dispositivos auxiliares</i>	<i>42</i>
2.4.9 <i>Projeto cicloviário.....</i>	<i>43</i>
2.4.10 <i>Projeto semafórico.....</i>	<i>45</i>
2.4.11 <i>Levantamento de quantitativos e orçamentação.....</i>	<i>46</i>
3 BUILDING INFORMATION MODELING	46
3.1 O QUE É BIM?.....	46
3.2 OS FUNDAMENTOS DO BIM	49
3.3 PROCESSOS	51
3.3.1 <i>Princípios do IPD.....</i>	<i>51</i>
3.3.2 <i>Integração BIM + princípios do IPD</i>	<i>52</i>
3.3.3 <i>Mudanças nos fluxos de processos.....</i>	<i>54</i>
3.4 PRINCIPAIS BENEFÍCIOS BIM	56
3.4.1 <i>Benefícios na pré-construção</i>	<i>56</i>
3.4.2 <i>Benefícios na fase de elaboração dos projetos.....</i>	<i>57</i>
3.4.3 <i>Colaboração entre as disciplinas envolvidas no projeto</i>	<i>57</i>
3.4.4 <i>Extração automática dos quantitativos</i>	<i>57</i>
3.4.5 <i>A identificação de interferências no projeto.....</i>	<i>58</i>
3.5 BARREIRAS PARA ADOÇÃO DO BIM	58
3.6 CONCEITOS BIM	60
3.6.1 <i>Objeto BIM.....</i>	<i>60</i>
3.6.2 <i>Parametrização</i>	<i>61</i>
3.6.3 <i>Interoperabilidade</i>	<i>62</i>
3.6.4 <i>Industry Foundation Class - IFC</i>	<i>63</i>
3.6.5 <i>Construction Operations Building Information Exchange – COBie.....</i>	<i>64</i>
3.6.6 <i>BIM Collaboration Format – BCF</i>	<i>64</i>
3.6.7 <i>Nível de desenvolvimento – LOD</i>	<i>65</i>

3.6.8 Níveis de maturidade BIM.....	67
3.6.9 Usos do BIM	69
3.7 LEGISLAÇÕES.....	71
3.7.1 Legislações globais.....	71
4 METODOLOGIA.....	74
4.1 DESIGN SCIENCE RESEARCH	74
4.2 Etapas da pesquisa pelo método proposto.....	76
4.2.1 Framework da pesquisa científica	78
4.2.2 Etapa 01 - Identificação do problema (Fase 01).....	80
4.2.3 Etapa 02 - Entendimento do problema (Fase 01).....	82
4.2.4 Etapa 03 - Desenvolvimento (Fase 01).....	83
4.2.5 Etapa 04 - Avaliação da solução (Fase 01)	84
4.3 SEGUNDA FASE DA PESQUISA	84
4.3.1 Etapa 01 - Identificação do problema (Fase 02).....	85
4.3.2 Revisão Sistemática da Literatura	85
4.3.3 Etapa 02 - Entendimento do problema (Fase 02).....	124
4.3.4 Etapa 03 - Desenvolvimento do segundo artefato (Fase 02).....	125
4.3.5 Avaliação da solução (Fase 02).....	126
4.3.6 Agregação de valor/conclusão	127
5 DESENVOLVIMENTO.....	128
5.1 SELEÇÃO DOS ESPECIALISTAS.....	129
5.2 ENTREVISTAS COM ESPECIALISTAS.....	129
5.3 TABULAÇÃO DOS DADOS	130
5.3.1 Perfil dos entrevistados	130
5.3.2 Elaboração do Projeto Viário Urbano.....	136
5.3.3 Acessibilidade como disciplina do PVU.....	140
5.3.4 Intervenções cicloviárias como disciplina do PVU.....	143
5.3.5 Fases de desenvolvimento de projeto.....	145
5.3.6 Conhecimento em BIM.....	147
5.3.7 Especialidade por disciplina	153
5.3.8 Dados de entrada e saída de cada disciplina do projeto.....	155
5.4 ENTREVISTAS COM EMPRESAS	170
5.4.1 Perfil do entrevistado.....	170
5.4.2 Perfil da organização.....	172
5.4.3 Processo de elaboração de projetos.....	175
5.5 DESENVOLVIMENTO DO PRIMEIRO ARTEFATO.....	182
5.6 FLUXO DE PROCESSOS TRADICIONAL	183
5.7 AVALIAÇÃO DO PRIMEIRO FLUXO (ARTEFATO 01)	187
5.7.1 Avaliação pela Escala Likert.....	188
5.7.2 Avaliação aberta com considerações.....	190
5.8 CRIAÇÃO DO SEGUNDO ARTEFATO	191
5.8.1 Seleção dos especialistas BIM.....	193
5.8.2 Apresentação do segundo artefato.....	194
5.8.3 Considerações dos especialistas para melhoria	194
5.8.4 Melhorias no artefato.....	198
5.9 ENTREVISTA COM OS ESPECIALISTAS BIM	198
5.9.1 Perfil dos avaliadores.....	198
5.9.2 Tabulação dos dados.....	198
5.10 FLUXO DE PROCESSOS UTILIZANDO BIM	201
5.11 AVALIAÇÃO DO SEGUNDO FLUXO (ARTEFATO 02)	205
5.11.1 Avaliação aberta com considerações.....	208
5.12 ARTEFATOS VALIDADOS.....	210

5.12.1 Semelhanças e diferenças nos artefatos	210
5.13 CONSIDERAÇÕES PRÁTICAS E ACADÊMICAS.....	220
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	221
6.1 LIMITAÇÕES	222
6.2 RECOMENDAÇÕES	223
7 REFERÊNCIAS	225
APÊNDICE I – TERMO DE CONCENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE.....	240
APÊNDICE II – QUESTIONÁRIO ESPECIALISTAS – PVU.....	241
APÊNDICE III – QUESTIONÁRIO EMPRESAS – PVU	242
APÊNDICE IV – QUESTIONÁRIO AVALIATIVO 1º ARTEFATO	243
APÊNDICE V – QUESTIONÁRIO ESPECIALISTAS BIM.....	244
APÊNDICE VI – QUESTIONÁRIO AVALIATIVO 2º ARTEFATO	245

1 INTRODUÇÃO

Os processos de desenvolvimento de projetos de engenharia passaram por inúmeras inovações nos últimos anos, foram abandonadas as representações dos desenhos a lápis, substituídos pelos desenhos bidimensionais e tridimensionais gerados através de softwares que permitem desenvolver projetos com o auxílio de computadores. Esse processo evoluiu para o *Building Information Modeling* (BIM), conhecido como Modelagem da Informação da Construção (ASBEA, GTBIM, 2013).

A comunicação baseada em papel durante o desenvolvimento de projetos ocasiona aumento de tempo e gastos, requeridos para o desenvolvimento de informações para análise e avaliação de projetos. Muitas dessas análises são feitas tardiamente o que inviabiliza modificações e melhorias importantes no projeto. O desenvolvimento de softwares de representação tridimensional possibilitou a boa visualização do que é projetado, com ótima precisão e melhoria do entendimento dos projetos para engenheiros, contratantes, equipe dentre outros (Eastman *et al.*, 2014; CBIC, 2016).

Um estudo realizado pelo *National Institute of Standards and Technology* (NIST) mostrou que a interoperabilidade ineficiente ocasionou um acréscimo nos custos de novas construções de US\$ 63,50 por metro quadrado e US\$ 2,53 para operação e manutenção, resultando em um acréscimo de US\$ 15,8 bilhões de dólares, a adoção do BIM seria um passo para eliminar custos devido a interoperabilidade inadequada (Eastman *et al.*, 2014).

Apesar das inovações citadas no desenvolvimento e processos de elaboração de projetos de engenharia, no uso do BIM na área de infraestrutura estes conceitos vêm sendo menos aplicados conforme estudos publicados (Costin *et al.*, 2018).

De acordo com Côrrea *et al.*, (2019, p.1) “Apesar do aumento da demanda (e uso) do BIM em infraestrutura, é clara a menor oferta de ferramentas de autoria, de processos de trabalho bem definidos, normas e publicações neste setor quando comparado com o de edificações.”

1.1 Problema de pesquisa

O investimento em infraestrutura é prioridade em diversos países do mundo, além de ser fundamental para o desenvolvimento econômico e integração dos mercados interno e externo e acesso a oportunidades econômicas para todos. No Brasil, desde 1980, houve uma redução em investimentos em infraestrutura, passando de 5% para menos de 2% do Produto Interno Bruto (PIB). Para o crescimento econômico de um país, investir em infraestrutura é

necessário, mas, para isso, é preciso uma reconstrução na capacidade de planejar, orçar e gerir ativos de infraestrutura (Raiser *et al.*, 2017).

Com a ideia de investir nos setores da construção, infraestrutura e outros, no dia 22 de agosto de 2019, o Governo Federal publicou o Decreto nº 9.983, denominado de Estratégia BIM BR, com o objetivo de promover um ambiente para se investir em BIM, promover sua expansão, estimular a capacitar o seu uso, dentre outros. Além de atuar para que programas e projetos, de iniciativa dos órgãos e entidades públicas que contratam e executam obras públicas, sejam coerentes com a Estratégia BIM BR (Brasil, 2019).

Em 02 de abril de 2020, o Governo Federal também publicou o Decreto nº 10.306 que estabelece a utilização da Modelagem da Informação da Construção nos serviços de engenharia, desenvolvidos pelos órgãos e entidades da administração pública federal, e estabelece processos integrados para criação, atualização e utilização de modelos digitais para construção, que seja de modo colaborativo para que os gestores participem de todas as etapas (Brasil, 2020).

Processos são atividades que são inter-relacionadas, que transformam insumos em produtos. Os trabalhos com processos acontecem desde os primórdios. Em síntese, se bem aplicados, são um meio das organizações se tornarem mais competitivas e com uma maior produtividade, criando condições de serem operadas e baseadas em processos (Cruz, 2004).

Há necessidade de que os processos sejam organizados e suas atividades sejam documentadas e controladas para evitar gastos desnecessários de recursos, retrabalhos, dentre outros. Um dos principais problemas quanto a entender processos é que muitas organizações são fundamentadas em funções e não em processos, assim cada empregado entenderia sua responsabilidade e papel além do resultado que se esperam dele (Cruz, 2004).

Os projetos de construção enfrentam muitos problemas, pelos processos de entregas atuais, isso resultou no anseio da indústria por métodos alternativos onde a colaboração substitua a entrega fragmentada dos projetos (Piroozfar *et al.*, 2019).

Um dos grandes desafios de implementação e uso do BIM é como tornar sua estrutura colaborativa (Azhar, 2011; Azhar, Khalfan e Maqsood, 2015; Redmond *et al.*, 2012; Piroozfar *et al.*, 2019). As principais barreiras ao BIM são problemas de interoperabilidade, falta de tecnologia correspondente, falta de profissionais capacitados e treinados e um fator importante a falta de colaboração (Azhar, 2011; Ku; Taiebat, 2011; Piroozfar *et al.*, 2019).

A mudança nos fluxos de processos, que é objeto na presente proposta de pesquisa, torna-se necessária à medida que novas metodologias de processos no projeto ocasionam um

maior detalhamento nas etapas iniciais de modo a garantir uma redução das perdas de informações ao longo do desenvolvimento do projeto, melhoria na comunicação entre os desenvolvedores do projeto e ganho de tempo (AIA, 2007).

Neste contexto, considerando essas práticas inovadoras e as deficiências que os setores de infraestrutura apresentam, esta pesquisa estabelece diretrizes para padronização das informações necessárias para elaboração de um fluxo de processos em BIM para o desenvolvimento de projetos viários urbanos (PVU).

1.2 Questão de pesquisa

A pergunta que a proposta de pesquisa objetiva responder foi: Como remodelar o fluxo de processos tradicionais de atividades no desenvolvimento de projetos viários urbanos utilizando a metodologia *Building Information Modeling*?

1.3 Objetivos

Essa pesquisa tem como objetivo geral criar um fluxo de processos utilizando BIM para desenvolver, formatar e elaborar projetos viários urbanos, em suas diferentes disciplinas, tornando o processo colaborativo de forma que as disciplinas trabalhem simultaneamente. São objetivos específicos:

- Identificar sequência de processos no desenvolvimento de projetos viários urbanos considerando as práticas atuais, desafios para elaboração e suas disciplinas como: geometria, acessibilidade, sinalização horizontal e vertical, dentre outras;
- Identificar diretrizes para padronização das informações necessárias para elaboração de um fluxo processo em BIM, na etapa de projetos viários urbanos identificando os agentes envolvidos e suas responsabilidades no trabalho;
- Propor a construção de um artefato que contemple a metodologia proposta nesta pesquisa, que auxiliará na adoção do BIM no processo de elaboração dos projetos viários urbanos, e possibilitará a avaliação da metodologia por especialistas.

1.4 Trabalhos correlatos

Recentes trabalhos têm demonstrado a importância de estudos na área de infraestrutura em BIM, as vantagens do seu uso são muitas, seus benefícios como qualidade

do desenho e gerenciamento de informações nas tomadas de decisões de engenharia são importantes. As informações necessárias no desenvolvimento do projeto podem ser extraídas diretamente do modelo, os quantitativos gerados podem evitar erros, apresentam cálculos precisos, além de trazer melhor clareza a equipe na fase da construção do que será implantado (Yang, 2021).

Essa pesquisa propõe mudanças nos processos de elaboração de projetos viários urbanos com a incorporação da metodologia BIM para melhorar o desenvolvimento dos projetos nas etapas iniciais, os tornando mais colaborativos e gerenciáveis, para que estas mudanças possam gerar maiores detalhamentos nas fases iniciais, menos erros, perdas e redução de custos (Eastman *et al.*, 2011; AIA 2007).

O estudo de Costin *et al.*, (2018) desenvolveu uma revisão sistemática da literatura e uma análise crítica sobre BIM no setor de infraestrutura de transportes e mostrou que houve um aumento de pesquisas em BIM nessa área, porém os resultados revelam a necessidade de uma metodologia para promoção da interoperabilidade, colaboração contínua entre academia e a indústria, para fazer frente aos desafios da introdução do BIM em projetos de infraestrutura e potencializar o seu uso. A revisão abordou apenas um artigo em que o autor desenvolveu um trabalho baseado em *Integrated Project Delivery* (IPD), que descreve os benefícios das mudanças do modelo tradicional para o integrado em projetos do tipo pontes.

Conforme observado acima, os estudos nesta área são escassos, e na revisão abordada pelos autores não há um trabalho que cite PVU, em projetos viários urbanos, que difere do único estudo encontrado na revisão dos autores que abrangia pontes.

Outro exemplo, foi o estudo de caso de um projeto na avenida Yanjiang na China, realizado com o objetivo de analisar alguns detalhes da tecnologia BIM, para construção de estradas municipais. A tecnologia BIM no setor da infraestrutura está em sua fase inicial de integração de informações do projeto para o seu gerenciamento se comparado a área da construção civil e arquitetura. Um dos maiores desafios da fase de projeto é como evitar retrabalhos ocasionados por erros nos projetos. Para isto foi desenvolvido um modelo do projeto para melhor visualização, solução de problemas de incompatibilidade e melhor compreensão dos projetos, o modelo era frequentemente otimizado na fase de concepção. Os autores destacam que projetos viários urbanos têm muitas especificidades e que o uso do modelo BIM reduziria o tempo de revisão do projeto além de melhoria no entendimento dos projetos (Liu *et al.*, 2019).

Souza (2020) propôs diretrizes que auxiliaram a introdução do BIM no processo de projeto em uma empresa de saneamento do Rio Grande do Norte, usou o método *Design*

Science Research, desenvolvendo um estudo empírico no setor de projetos. Para construção e avaliação do artefato proposto utilizou a técnica do grupo focal e, em seus resultados, afirma que o setor de infraestrutura carece de estudos para o uso do BIM.

Essa pesquisa traz uma contribuição científica visto que aborda a utilização do BIM na etapa de projeto, identificando as sequências de processos do seu desenvolvimento, desde as práticas atuais até a introdução do BIM.

1.5 Contribuição científica

Essa pesquisa tem como contribuição científica um fluxo de processos proposto utilizando metodologia BIM, para integração das informações das etapas de elaboração do projeto, desenvolvendo um modelo único com o objetivo de reduzir a ocorrência de retrabalhos, melhoria da interoperabilidade e compartilhamento de informações.

Do ponto de vista acadêmico: o trabalho contribui com o conhecimento da área na medida em que levantou problemas e dificuldades existentes no desenvolvimento dos projetos viários urbanos na forma tradicional, considerando casos reais, e que ainda são relativamente escassos os trabalhos e estudos que abordam BIM em projetos viários urbanos, sendo mais frequentes em rodovias, pontes e viadutos.

2 PROJETO VIÁRIO URBANO

Este capítulo tem como objetivo principal apresentar os conceitos fundamentais desta dissertação e os trabalhos apresentados com o objetivo de viabilizar sua implantação. No entanto, a apresentação da evolução do sistema, e das modelagens, confirmará as lacunas existentes e propostas dessa dissertação.

2.1 Cidades e vias urbanas

As cidades são fundamentais para atividades sociais e econômicas dentro de uma determinada área, a centralização molda o espaço urbano e o estilo de vida dos seus habitantes, pelo fato de que nelas estão o local de trabalho, estudo, residência, lazer, compras, cuidados com a saúde e tudo que diz respeito à vida como um todo, nesse sentido, é necessário a livre circulação e acessibilidade às necessidades de pessoas, bens e serviços (Strulak-Wójcikiewicz e Lemke, 2019).

De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU), em 2018 cerca de 55% da população mundial se localizava em áreas urbanas e projeta-se que em 2030 mais de 60% da população mundial residirá em cidades com pelo menos meio milhão de habitantes. É necessária uma nova perspectiva na urbanização e desenvolvimento para tornar as cidades seguras e sustentáveis (United Nations, 2018).

O crescimento das cidades reforça a importância de se utilizar instrumentos para o desenvolvimento urbano e sustentável. Pedro, Silva e Portugal (2017), definem o termo “desenvolvimento” como: “... aumento, crescimento, progresso e ampliação, envolvendo por um lado a escassez de recursos a serem consumidos e, por outro, as múltiplas e tipicamente conflitantes demandas a serem atendidas.”

Com o desenvolvimento das cidades urbanas houve um aumento do uso dos transportes tanto o individual como o coletivo e com isso um impacto no movimento de pessoas e cargas e de tempo no trânsito. (Bertini, 2005). A mobilidade urbana das grandes cidades passa por inúmeros problemas devido ao aumento da demanda e por exceder a capacidade do sistema viário, o tráfego congestionado causa diversos problemas aos seus usuários como perda de tempo, aumento de emissão de poluentes na atmosfera, estresse, reduz a qualidade de vida e a produtividade e aumenta os sinistros de trânsito (Bertini, 2005; Ortúzar e Willumsen, 2011).

Os sinistros de trânsito continuam sendo uma das principais causas de morte no mundo, estima-se que em todo o mundo ocorram mais de 3,5 mil mortes diariamente nas vias; anualmente esses números chegam a 1,3 milhões de vítimas fatais e aproximadamente 50 milhões de pessoas feridas, acontecimentos que poderiam ter sido evitados. São números inadmissíveis e que se mantiveram nos últimos 20 anos, apesar de grandes esforços para reduzi-los pela ONU e outros órgãos (United Nations, 2021).

É necessário pensar em cidades mais seguras e saudáveis, o desenho das vias urbanas possui relação direta com a segurança dos usuários da via, o ambiente projetado tem capacidade de diminuir os riscos de sinistros no trânsito, tendo como foco a segurança dos pedestres e priorizando os modos ativos de transporte (São Paulo, 2022).

Com o objetivo de tornar as ruas mais seguras e reduzir os sinistros de trânsito, diversos países declararam em unanimidade uma Segunda Década de Ação pela Segurança no Trânsito, através da resolução da Assembleia Geral da ONU 74/299, essa ação tem como meta a redução de 50% de mortes e lesões no trânsito na próxima década (United Nations, 2021).

2.2 Projeto viário urbano - projetos de vias urbanas

As vias compõem mais de 80% dos espaços públicos e são fundamentais para promoção de espaços seguros para a mobilidade da população, por isso é necessário projetar vias urbanas multimodais que sejam seguras, igualitárias, acessíveis, que favoreçam e incentivem os modos ativos de transporte (NACTO, 2016).

As vias públicas formam o principal sistema de ligações e deslocamentos sobre o território, conectando as diversas partes do município e conformando uma rede adequada. Sobre elas vão se instalando as infraestruturas urbanas locais, capazes de propiciar condições de existência aos elementos integradores das atividades cotidianas. Os demais componentes da cidade, inclusive setores produtivos, dependem de seu traçado para se integrarem e se desenvolverem (Rodrigues, 2008, p. 272).

Projeto viário urbano é definido como um dos projetos necessários às intervenções urbanas na cidade e possuem complexidades diferentes, abrangendo desde a implementação de novas vias, correções geométricas de interseções, acessibilidade observando as das normas vigentes, e os projetos de sinalização e seus subsistemas como horizontal, vertical, indicativa, semafórica dentre outros (Brasil, 2011).

O Artigo 21 do Código de Trânsito Brasileiro (CTB), esclarece que compete aos órgãos e entidades dos Municípios, no âmbito de sua circunscrição, (...) “planejar, projetar, regulamentar e operar o trânsito de veículos, de pedestres e de animais, e promover o desenvolvimento da circulação e da segurança de ciclistas” (Brasil, 1997).

Segundo D’Andrea e Urbani (2003) os projetos de vias urbanas são importantes e complexos, devem proporcionar um espaço universal, onde os modos de transportes possam coexistir, dessa forma entender os comportamentos dos usuários da via faz-se fundamental para desenvolver projetos consistentes.

Propor intervenções viárias é uma maneira de buscar melhorias no local onde o trânsito apresenta baixa capacidade, velocidade de fluxo reduzida e tempo perdido. É necessário, que os parâmetros de tráfego sejam aplicados em diversos cenários para possibilitar análises advindas desses estudos, a partir de simulações computacionais, que são representações matemáticas da realidade, modeladas para possibilitar a análise de soluções e comportamento dos sistemas (Barcelo, 2012).

Com o objetivo de contribuir com comportamentos seguros, uma das metas da ONU para o Plano de Ação pela Segurança no Trânsito 2021-2030, está a necessidade de desenvolver projetos viários para todos os usuários das vias, sinalizando de forma clara,

usando rotatórias, redutores de velocidades, medidas de *traffic calming* e também recomenda-se separações físicas dos usuários da via, como ciclovias e áreas específicas para pedestres (United Nations, 2021).

As vias urbanas bem projetadas podem ser facilitadoras para a economia local, criando ambientes convidativos para a população permanecer nela, gerando valor econômico, receitas e aumentando os valores das propriedades locais; e também incentivam a prática de atividades físicas com ambientes que priorizam os meios de transportes ativos, corroborando com infraestruturas seguras, que sejam eficientes e convidativas para pedestres, ciclistas e usuários do transporte público (NACTO, 2016).

Há necessidade de uma nova abordagem na elaboração de projetos viários urbanos focado em sistemas seguros, devido à complexidade que o sistema viário apresenta, de forma que os projetistas, construtores, equipe de manutenção, fabricantes dos veículos e órgãos competentes compartilhem a responsabilidade pela segurança viária, de maneira que ao ocorrer algum sinistro, encontrem-se soluções para melhoria contínua da via, buscando reduzir os acidentes e tornando o sistema seguro e não apenas responsabilizar os condutores de veículos, ciclistas ou pedestres (United Nations, 2021).

Os projetos viários urbanos possuem diversas disciplinas e para definição de quais serão desenvolvidas em um projeto é necessário analisar os tipos de intervenções propostas. O projeto pode ser elaborado pelos órgãos competentes por gerir o trânsito na cidade ou poderá ser desenvolvido por empresas privadas através de licitações, contratações, terceirizações e por necessidade de mitigar ou compensar impactos de implantação ou regularização de empreendimentos no sistema viário.

2.3. Etapas para elaboração de projetos

A lei 14.133 de 1º de abril de 2021 denominada Lei de Licitações e Contratos Administrativos estabelece etapas de elaboração de projetos como: estudos técnicos, planejamento, anteprojeto, projeto básico e projetos executivo e ressalta que: “A execução de cada etapa será obrigatoriamente precedida da conclusão e da aprovação, pela autoridade competente, dos trabalhos relativos às etapas anteriores” (Brasil, 2021).

O Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), define as fases de um projeto em preliminar, básica e executiva. A fase preliminar é caracterizada pelo levantamento de dados e realização de estudos para subsidiar a elaboração da segunda fase chamada de projeto básico onde são apresentadas propostas de intervenções na área de

estudo e após sua aprovação a elaboração do projeto executivo com o objetivo de detalhar todos os elementos para sua execução in loco (DNIT, 2006).

2.3.1 Anteprojeto

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) define anteprojeto como uma etapa do projeto “destinada à concepção e à representação das informações técnicas iniciais de detalhamento dos projetos” do empreendimento (ABNT, 2017a).

O anteprojeto é uma etapa do projeto que contém todas as informações necessárias para concepção do projeto básico e que deve possuir no mínimo, projetos anteriores, estudos que serviram de base para elaboração da proposta, prazos, traçado geométrico, área de influência, levantamento topográfico e cadastral, prazos de entrega, justificativa, motivação, definições relacionadas aos níveis de serviços desejados (Brasil, 2021).

A etapa de elaboração do anteprojeto tem por objetivo estudar possíveis alternativas de projetos de maneira que propiciem a escolha de uma solução que seja técnica e econômica; que possuam mais informações e detalhes que as etapas antecessoras de estudo e planejamento. O anteprojeto auxilia na definição de uma alternativa mais interessante para a solução viária, é abrangente pois durante a análise das soluções são levantados fatores como os custos para implementar aquela determinada solução (Antas *et al.*, 2010).

2.3.2 Projeto básico

O projeto básico é a etapa que se produz a concepção do projeto de posse de mais dados e informações, utilizando de criatividade para gerar soluções, é apresentada a solução considerada mais satisfatória para o local estudado, levando em consideração aspectos técnico-econômicos (Antas *et al.*, 2010).

Acrescenta-se que o projeto básico é o conjunto de elementos necessários, elaborado baseado nas orientações dos estudos técnicos preliminares que assegurem a viabilidade técnica e possibilitem avaliação econômica, levantamento de quantitativos e custos para execução do projeto, e a definição de métodos e prazos de execução das intervenções se necessário (Brasil, 2021).

2.3.3 Projeto executivo

Após as recomendações e aprovação do projeto básico é desenvolvido o projeto executivo, seu objetivo é detalhar a solução escolhida para o projeto. Os detalhamentos dos processos construtivos da obra nesta etapa são necessários para se conhecer as soluções que foram definidas, de maneira que se execute a obra com maior entendimento e segurança, com o objetivo de se reduzir erros e retrabalhos (Antas *et al.*, 2010).

O projeto executivo também é definido pela Lei 14.133 como conjunto de elementos necessários à execução da obra, devendo possuir o detalhamento das soluções levantadas na etapa do projeto básico, especificações dos equipamentos e materiais e todas as especificações técnicas, seguindo as normas técnicas em vigor, e pela ABNT (2017b) 16.636-1, “destinada à concepção e à representação final das informações técnicas completas, definitivas, necessárias e suficientes à execução dos serviços de obra correspondentes”.

No âmbito dos projetos viários o DNIT (2006) estabelece que a etapa executiva deve fornecer, desenhos, plantas, notas de serviços, memorial descritivo, levantamento de todo o quantitativo e orçamento detalhado do custo da obra como objetivo de melhor entendimento e execução do projeto em campo.

Muitos especialistas consideram as etapas de elaboração de projeto básico e anteprojeto como sendo as mesmas, porém de acordo com Brasil (2021) existem diferenças que serão vistas no capítulo da metodologia de pesquisa, bem como na elaboração dos projetos viários urbanos a etapa do anteprojeto é comumente chamado de projeto funcional ou projeto de concepção.

2.4 Disciplinas do projeto viário urbano

As disciplinas que serão abordadas nesta pesquisa foram mapeadas por especialistas com mais de cinco anos na área e também temos como referência o manual de elaboração de projetos viários da Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte (BHTRANS), são elas:

- Estudo de tráfego
- Diagnóstico
- Levantamento planialtimétrico e cadastral
- Projeto geométrico

- Projeto de acessibilidade viária
- Projetos complementares
- Projetos de sinalização
- Projetos de dispositivos auxiliares
- Projeto cicloviário
- Projeto semafórico
- Levantamento de quantitativos e orçamentação

2.4.1 Estudo de tráfego

A Constituição Federal de 1988 em seus Artigos 182 e 183 trata da política de desenvolvimento urbano, e garante o desenvolvimento das funções sociais da cidade e o bem estar dos seus habitantes, prevê a criação do plano diretor para cidades com mais de vinte mil habitantes esse devendo servir como base para a política de desenvolvimento e sua expansão (Brasil, 1988).

Para nortear e servir como referência aos artigos da Constituição que tratam sobre as funções da cidade no ano de 2001 foi criada a lei nº 10.257 em 10 de julho de 2001 denominada de Estatuto da Cidade com o objetivo de estabelecer normas de ordem pública e de interesse social que regulam o uso da propriedade urbana em favor do bem coletivo, da segurança, do bem estar dos cidadãos e do equilíbrio ambiental. O Estatuto da Cidade foi importante para melhor entendimento do plano diretor e sua importância como instrumento básico da política do desenvolvimento e expansão urbana (Brasil, 2001).

O Estatuto da Cidade em sua Seção XII trata que as leis municipais estabelecerão quais empreendimentos e atividades público/privadas em áreas urbanas dependerão da elaboração de estudo prévio de impacto de vizinhança - EIV, para obtenção de licenças, autorizações para construir, ampliar ou funcionamento de um empreendimento. Uma das funções primordiais do EIV é o estudo de impacto de circulação e a geração de tráfego e demanda por transporte público que determinado tipo de empreendimento possa gerar.

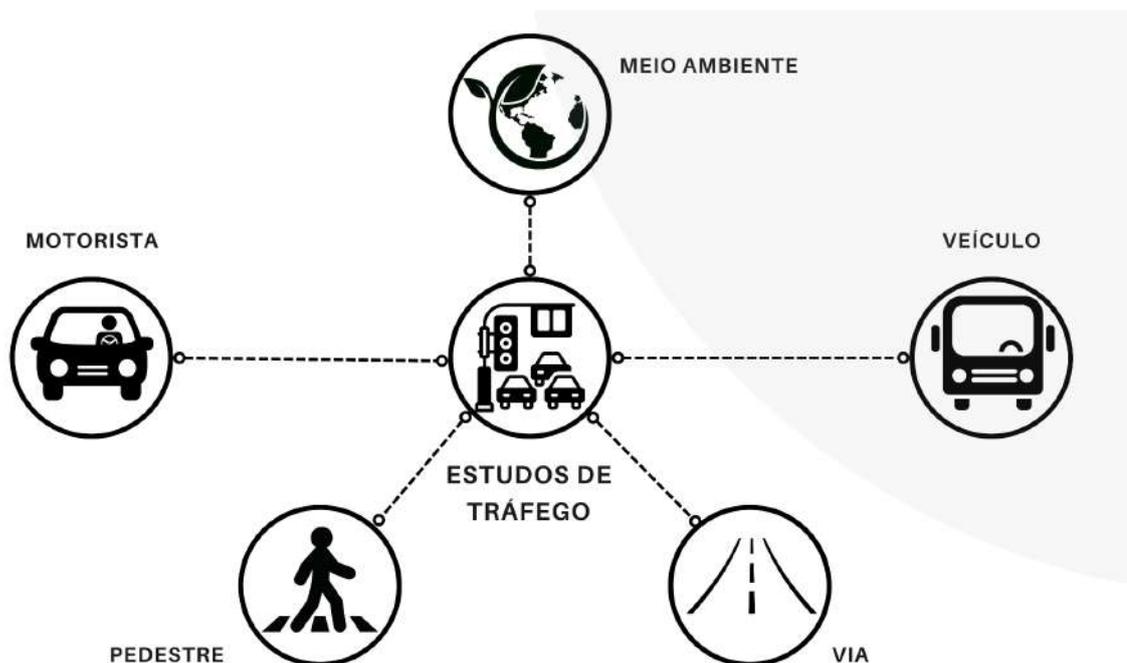
O EIV tem como um dos seus objetivos realizar um diagnóstico das viagens que poderão ser geradas ou são geradas por determinado empreendimento. No Brasil a Companhia de Engenharia de Tráfego - CET foi a pioneira a tratar sobre pólos geradores de tráfego - PGT e define PGT como: Empreendimentos de grande porte que atraem ou produzem elevado número de viagens, provocando reflexos negativos na circulação viária e no seu entorno imediato (CET-SP, 1983; DENATRAN, 2001; Portugal e Goldner; 2003).

O conceito de PGT enfatizava inicialmente a interferência do tráfego motorizado no sistema viário, especialmente o transporte individual como o uso de automóveis, tinha foco na circulação, na sua fluidez e nos níveis de serviços. A segurança viária como modos ativos (pedestres e ciclistas) não era foco dos estudos, dando-se pouca visibilidade.

Com o desenvolvimento dos estudos, foi observado que os impactos gerados pelos empreendimentos causavam consequências não apenas no tráfego, mas na qualidade de vida e no desenvolvimento socioeconômico da população. Em 2005 passa-se a adotar para as pesquisas e estudos de tráfego o termo pólo geradores de viagens - PGV que além da análise das viagens motorizadas, começou a estudar as outras modalidades como o transporte público e a mobilidade ativa, com um olhar para a mobilidade urbana e a acessibilidade (REDEPGV, 2010).

O DNIT (2006) define os estudos de tráfegos no âmbito urbano como um instrumento capaz de obter métodos sistemáticos de coleta de dados relativos aos cinco pilares fundamentais do tráfego - motorista, pedestre, veículo, via e meio ambiente e as suas inter-relações conforme mostrado na Figura 1. Através dos estudos de tráfego são identificados diversos fatores importantes para diagnóstico que servem como base para o planejamento e requalificação das vias e o fluxo de tráfego com o objetivo de se ter uma mobilidade eficiente, econômica e segura, seja para pessoas, bens ou serviços.

Figura 1 - Pilares fundamentais do tráfego



Fonte: Elaborado pelo autor

Os estudos de tráfego constituem um instrumento para o planejamento viário, sendo possível determinar diversas características para diagnóstico como: fluxo de tráfego (volume de tráfego), velocidade, tempo de viagem, velocidade média de percurso, densidade, tempo de atraso e outros.

É importante realizar alguns procedimentos básicos para os estudos de tráfego como definição da área de estudo das vias do projeto que sofrem influências direta ou indireta do local, estabelecer as zonas de tráfego, coleta de dados sobre os padrões das viagens na área, dados socioeconômicos do local junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), polos geradores de viagens, planos diretores, lei de uso e ocupação do solo, origem e destino, planos de mobilidade.

Com os estudos de tráfego é possível determinar a capacidade das vias e melhoria da segurança viária bem como analisar melhores soluções de projetos viários urbanos como abertura de novas vias, requalificação de vias existentes, mudanças nos sentidos de circulação, alterações geométricas e nas sinalizações existentes, proposição de faixas preferenciais ou exclusivas para o transporte público, implantação de sistemas cicloviários, áreas de estacionamentos dentre outras.

2.4.2 Diagnóstico

A etapa de diagnóstico dos estudos de tráfego é uma fase importante que visa analisar as condições do fluxo de veículos, pedestres e outros modos de transporte em uma determinada área de estudo. Essa análise inclui a coleta e análise de dados que permitem avaliar as condições atuais do tráfego, identificar eventuais problemas e possíveis melhorias na infraestrutura de transporte.

Durante essa etapa, os especialistas em tráfego avaliam o comportamento dos usuários, a interação entre eles e as condições físicas e operacionais da via. Eles também procuram identificar pontos de congestionamento, sinistros e outros problemas que possam afetar a fluidez do tráfego.

Analisar os problemas de segurança viária em uma via é um processo que, em vários aspectos, é semelhante a fazer um diagnóstico médico. Embora o diagnóstico seja uma etapa essencial na medicina, a engenharia de transporte ainda precisa avançar para incorporar esse componente crucial à segurança rodoviária de forma institucionalizada (Kononov e Janson, 2002).

O Departamento de Transportes dos Estados Unidos - U.S *Department of Transportation - Federal Highway Administration* (FHWA), define uma série de indicadores de desempenho em transporte (MOEs - *Measures of Effectiveness*) para pré diagnosticar o desempenho do sistema de transporte. Compara esse conjunto básico como a primeira análise que se realiza em pacientes que dão entrada no pronto atendimento de um hospital, independentemente da queixa do paciente, quando quatro indicadores básicos são frequentemente coletados e analisados para todos os pacientes, a fim de se iniciar um diagnóstico: temperatura corporal, frequência cardíaca, pressão arterial e nível de oxigênio no sangue. Após esse pré-diagnóstico é possível investigar melhor o problema do paciente (FHWA, 2021).

Da mesma maneira, se pode diagnosticar o estado do sistema viário de maneira rápida para auxiliar a equipe de engenharia de tráfego na avaliação e tomada de decisões. Esses MOEs constituem a primeira análise que a equipe deve fazer, esse conjunto básico consiste em cinco medidas: taxa de transferência, atraso médio, índice de tempo de viagem, segmentos de auto estrada supersaturados e interseções de ruas de superfície com transbordamento e bloqueios de saída. Os MOEs de sistemas básicos foram criados para serem a primeira etapa de testes que todo engenheiro e planejador de tráfego deve executar a fim de avaliar a integridade geral do sistema de transporte e não substituir um diagnóstico mais profundo com outros indicadores (FHWA, 2021).

Os dados coletados na fase do diagnóstico são usados para desenvolver simulações que ajudam a prever a demanda futura de tráfego na área de estudo. Essas informações são extraídas das simulações através dos parâmetros e são usadas para desenvolver melhorias no sistema viário, através de intervenções como: a construção de novas vias, requalificação de vias existentes, acréscimos e cortes de calçadas, a adição de faixas de tráfego, implantação de sistemas ciclovitários implantação de sistemas de transporte público mais eficientes, dentre outros.

2.4.3 Levantamento planialtimétrico e cadastral

A palavra “Topografia” tem origem do grego antigo onde a palavra “Topos” significa lugar ou região e “Graphen” se refere a “descrição”, na tradução para o português tem o significado de descrição de um local ou região (Junior, Rolim Neto e Andrade, 2014).

O levantamento topográfico pode ser explicado como a aplicação de métodos para determinar os valores das coordenadas de pontos e a sua relação com os detalhes, com a

finalidade de representá-los em uma escala pré definida no plano horizontal chamado de planimétrico e no plano vertical chamado de altimétrico através das curvas de níveis com equidistâncias predeterminadas (ABNT, 2021).

Assim sendo, os levantamentos topográficos podem ser subdivididos em três tipos: o planimétrico, altimétrico e o planialtimétrico. O levantamento planimétrico tem por objetivo determinar a posição horizontal dos pontos, suas coordenadas X e Y e o levantamento altimétrico, cujo objetivo é determinar a altitude ou cota dos pontos representada pela coordenada Z. Ao realizar esses dois levantamentos de maneira simultânea temos o levantamento planialtimétrico que fornece informações precisas sobre a posição horizontal e vertical dos pontos levantados (Veiga *et al.*, 2012).

O levantamento planialtimétrico cadastral é a junção dos levantamentos planimétricos e altimétricos, somados a aspectos específicos do levantamento planimétrico cadastral. Esses elementos devem ser detalhados e relacionados nos termos de referências, editais de licitações, propostas de trabalhos, entre as partes envolvidas para elaboração do trabalho (ABNT, 1994).

2.4.4 Projeto geométrico

O projeto geométrico segundo o DNIT (2004) é definido como “conjunto dos elementos necessários e suficientes para definição da forma geométrica de uma via”. É constituído por vários elementos de desenhos representados em plantas, perfis longitudinais, e seções transversais (Junior, Marques e Bertollo, 1998).

No âmbito urbano de acordo com a Prefeitura do Rio de Janeiro (2021) no desenvolvimento do projeto geométrico são definidas as alterações físicas da geometria da via, onde são definidos elementos como as áreas de calçadas, as pistas de rolamento, áreas de pavimento, canteiros, ilhas, baías, rotatórias e ciclovias. Brasil (2011), ressalta que os projetos geométricos são importantes para definições dos projetos complementares de terraplenagem, como definição de áreas verdes para urbanização, drenagem e pavimentação, dentre outros.

A elaboração de um projeto geométrico de vias urbanas deve seguir as normas técnicas vigentes no país, e orientações dos órgãos competentes para definição das classes das vias sua função dentro da malha viária, o seu padrão de comportamento como a capacidade de tráfego, velocidade de projeto, número e largura das faixas e nível de serviço (Figueira, 2012).

As interseções das vias urbanas das grandes cidades são áreas importantes para a elaboração do projeto geométrico urbano, onde os projetistas devem pensar em soluções para reduzir os conflitos viários, seja pelos modos ativos ou motorizados. Em síntese um bom projeto deve privilegiar os seguintes aspectos; ser seguro para pedestres e ciclistas, ser funcional, considerar futuros volumes de tráfego, estar de acordo com as leis municipais vigentes, com as características do zoneamento onde ele será inserido, ser um projeto técnico e econômico (Rio de Janeiro, 2021).

A ONU (2021), em seu Plano de Ação pela Segurança no Trânsito adverte que o tipo de projeto de infraestrutura desenvolvido para as vias pode contribuir com comportamentos que podem ocasionar sinistros de trânsito, um bom projeto geométrico deve ser planejado para garantir comportamentos seguros e seja projetado para todos os usuários da via, por isso a ONU recomenda separação física das vias (geometria), incluindo ciclovias, áreas exclusivas para pedestres, usos de medidas de moderação de tráfego, redutores de velocidades, faixas elevadas para travessia de pedestres e usos de rotatórias.

2.4.5 Projeto de acessibilidade urbana

A acessibilidade é definida como a facilidade com que uma pessoa consegue realizar uma atividade específica em um local desejado, utilizando o modo de transporte escolhido e em um horário que lhe seja conveniente e que atenda às suas necessidades. O conceito de acessibilidade refere-se à capacidade de um indivíduo alcançar o seu destino de maneira segura, eficiente e rápida, considerando suas necessidades e individualidade (Bhat *et al.*, 2000).

Apesar de serem desenvolvidos concomitantemente aos projetos geométricos, a acessibilidade urbana tem se consolidado como um dos projetos essenciais na elaboração dos projetos viários urbanos com o objetivo de propiciar uma cidade mais inclusiva e garantir o direito de ir e vir a todas as pessoas. As normas vigentes no país que tratam sobre o tema foram essenciais para nortear o desenvolvimento de novas vias, requalificação das calçadas e passeios e serviu de auxílio para elaboração de cartilhas de calçadas e passeios pelas diversas prefeituras do país (Brasil, 2006).

Para garantir que todas as pessoas tenham autonomia e segurança ao acessar as vias urbanas das cidades, é fundamental contar com um sistema de transporte e espaços urbanos acessíveis. A acessibilidade é uma condição fundamental para garantir a igualdade de oportunidades e a qualidade de vida. Cidades que investem em acessibilidade ampliam as

oportunidades disponíveis para seus cidadãos, permitindo que trabalhos, serviços de saúde, atividades de lazer, escolas, esportes e oportunidades de convivência estejam acessíveis a todos (Brasil, 2006).

A Lei 13146 de 6 de julho de 2015 define acessibilidade urbana como um meio de garantir que pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida tenham possibilidade e condição de alcance para utilizar com segurança e de forma autônoma espaços públicos, mobiliários e equipamentos urbanos, transportes, zonas urbanas, espaços públicos e instalações abertas ao público (Brasil, 2015).

A NBR 9050/2020 estabelece critérios e parâmetros para promoção da acessibilidade em edificações e espaços públicos, no âmbito urbano a norma técnica estabelece diretrizes para a implantação de elementos que garantam o acesso universal aos espaços públicos de maneira segura a todas as pessoas.

Dentre os diversos aspectos abordados pela NBR 9050 em relação a projetos de acessibilidade urbana estão a necessidade de se garantir uma faixa livre nas calçadas para circulação dos pedestres, em especial a locomoção segura das pessoas que utilizam cadeiras de rodas, bengalas ou outros dispositivos que auxiliam a mobilidade, obedecendo diversos critérios como definição de todas acessíveis, inclinações transversais, longitudinais, faixas de uso e suas dimensões mínimas na calçada, acréscimo de calçadas para redução do percurso das travessias, faixas elevadas para travessia, rebaixamento de calçadas, seus tipos, inclinações, e dimensões, passarelas de pedestres, vagas reservadas para pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida e por fim as sinalizações definidas pela NBR 16537.

A NBR 16537/2016 trata do projeto e implantação de sinalização tátil em diversos tipos de espaços como nas calçadas, corredores, escadas, rampas, dentre outros, no âmbito urbano essa norma é uma importante medida para promoção da mobilidade urbana e da inclusão social proporcionando autonomia para as pessoas com deficiência visual ou com baixa visão possam se locomover com segurança e autonomia nos ambientes urbanos. A Norma define diversos parâmetros relacionados à sinalização tátil no piso, podendo ser do tipo tátil alerta ou tátil direcional, suas dimensões, contrastes de cores, espaçamentos mínimos e sua interação com outros elementos e mobiliários urbanos.

Ao se pensar em desenvolver projetos de acessibilidade viária é necessário analisar outros fatores importantes como as condições das calçadas existentes, largura insuficiente, pisos inadequados e seu estado de conservação, barreira e desníveis existentes que podem ser impedimentos no planejamento das rotas acessíveis, equipamentos urbanos instalados inadequados, abrigos de pontos de embarque e desembarque desproporcionais ao tamanho

do passeio, quantidade de usuários do transporte coletivo, implantação de semáforos de pedestres e ciclos semaforicos adequados com tempo de atravessamento (Brasil, 2006).

2.4.6 Projetos complementares

Os projetos complementares na área de projetos viários urbanos são aqueles que complementam o projeto principal de uma via ou uma determinada área, seu objetivo é fornecer informações precisas e detalhadas acerca de aspectos específicos. Alguns exemplos de projetos complementares no desenvolvimento dos projetos viários urbanos são: projeto de drenagem pluvial, projetos de pavimentação, projetos de terraplenagem, projetos de paisagismo, projetos de iluminação pública, projetos de segurança viária, dentre outros a depender da necessidade *in loco* e do escopo do projeto. Para o correto detalhamento técnico das soluções projetadas, é importante definir de maneira clara e objetiva o que se pretende alcançar. A inserção dessas soluções no projeto viário, necessita de uma análise minuciosa e específica, onde não se deve adotar detalhes padrões (Brasil, 2011).

2.4.7 Projetos de sinalização

O projeto de sinalização viária tem o objetivo de representar graficamente através de desenhos, detalhes e especificações técnicas o que se deseja comunicar, regulamentar, alertar e orientar os usuários da área projetada, tendo como principal função transmitir de modo claro, objetivo e padronizado as condições das vias e do seu entorno de modo que possibilitem aos usuários das vias a adoção de tomada de decisões no tempo adequado, aumentando a segurança viária e seguindo normas e manuais técnicos para o seu desenvolvimento.

O Artigo 88 do CTB no Capítulo VII reitera que *“Nenhuma via pavimentada poderá ser entregue após sua construção, ou reaberta ao trânsito após a realização de obras ou de manutenção, enquanto não estiver devidamente sinalizada, vertical e horizontalmente, de forma a garantir as condições adequadas de segurança na circulação.”*

O Manual Americano de Controle de Tráfego Uniforme em Rodovias (MUTCD), lista cinco requisitos básicos que um dispositivo de controle de tráfego (sinalização viária) deve atender:

1. Atender uma necessidade;
2. Chamar a atenção;

3. Transmitir a mensagem de maneira clara e simples;
4. Respeito aos usuários da via;
5. Tempo necessário para uma resposta adequada.

O MUTCD ressalta que para atender aos requisitos básicos citados acima, quatro aspectos devem ser minuciosamente considerados: o projeto, a implantação, a manutenção e a padronização. A velocidade de projeto deve ser avaliada com atenção, pois ela é um fator fundamental no planejamento, projeto, operação, posição e localização dos diversos dispositivos de controle de tráfego (MUTCD, 2009).

O anexo I do CTB define a sinalização viária como um conjunto de sinais de trânsito e dispositivos instalados nas vias públicas com o propósito de garantir uma correta utilização, promovendo segurança e fluidez para os veículos e pedestres que nela transitam. (CTB, 2008) De maneira geral a sinalização deve chamar a atenção de como a via deve ser utilizada de maneira correta e a confiança dos usuários da via, permitindo tempo de reação apropriado. Esse objetivo só é atingido se a sinalização for bem projetada com as dimensões adequadas e corretamente implantadas (DNIT, 2010).

Uma das funções principais da sinalização é orientar os usuários sobre a forma correta com que essa seja utilizada. Um dos fatores que reduzem os sinistros nas vias é a sua boa legibilidade das sinalizações, sendo definida como a capacidade que o conjunto de sinais viários tem de transmitir aos usuários de maneira correta, rápida e adequada a antecipação dos acontecimentos à frente (Roque, 2005).

A sinalização viária é uma das medidas de infraestrutura rodoviária que mais colabora para o aumento da segurança nas vias, sua correta implantação e manutenção regular proporciona maior benefício com baixo custo. Uma via com a sinalização adequada é essencial para redução de sinistros (Domínguez *et al.*, 2013).

É importante a análise de alguns fatores como as características físicas da via, região no entorno, velocidade operacional, classificação viária e o uso do solo, esse conjunto de fatores nos fornece uma sinalização ideal para o local, porém diferente do MUTCD, o DNIT considera cinco requisitos básicos a serem prioritariamente observados: projeto, implantação, operação, manutenção e material (DNIT, 2010).

Em 1976 a ausência de diretrizes a nível nacional levou a Companhia de Engenharia de Tráfego - CET a desenvolver o Manual de Sinalização Urbana - MSU, com o desenvolvimento desse conjunto de manuais houve uma padronização de conceitos, usos e posicionamento das sinalizações de trânsito no âmbito urbano (CET, 2004).

De acordo com o artigo 87 do CTB, as sinalizações de trânsito são classificadas como: verticais, horizontais, dispositivos de sinalização auxiliar, luminosos, sonoros e gestos dos agentes de trânsito e dos condutores dos veículos (Brasil, 1997). No desenvolvimento de projetos viários urbanos não utilizaremos sinalização sonora e gestos dos agentes, pois o foco dessa pesquisa é na elaboração dos projetos.

Gonçalves (2011) afirma que, a sinalização viária segue os padrões normativos e com rigor estabelecidos pelo CTB, porém a falta de organização da sinalização viária somada a desatenção dos condutores colocam a si mesmos e aos outros usuários das vias a extremos riscos no trânsito. O desrespeito às sinalizações e regras de circulação na malha viária podem resultar em punição aos condutores quando são infringidas.

O Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) órgão máximo normativo e consultivo do sistema nacional do trânsito, conforme artigo 7º, inciso I do CTB, tem como uma de suas atribuições conforme artigo 12º inciso XI “aprovar, complementar ou alterar os dispositivos de sinalização e os dispositivos e equipamentos de trânsito;” O art 90, § 2º estabelece que é função do CONTRAN publicar normas complementares relacionadas à interpretação, instalação e uso da sinalização (Brasil, 2007).

O CONTRAN no uso de suas atribuições elaborou e publicou os Manuais Brasileiros de Sinalização de Trânsito, documentos que estabelecem, especificam e fornecem diretrizes para elaboração de estudos, projetos e implantação de sinalização viária no território nacional, tanto no âmbito urbano como no rodoviário. Segundo esses manuais, a sinalização viária é composta por subsistemas divididos em sinalização vertical, horizontal, semafórica, dispositivos auxiliares, temporária e cicloviária. A sinalização vertical ainda é classificada de acordo com sua função podendo regulamentar, advertir ou indicar direções, atualmente esse manual é composto por nove volumes.

Volume I - Sinalização Vertical de Regulamentação

Volume II - Sinalização Vertical de Advertência

Volume III - Sinalização Vertical de Indicação

Volume IV - Sinalização Horizontal

Volume V - Sinalização Semafórica

Volume VI - Dispositivos Auxiliares

Volume VII - Sinalização Temporária

Volume VIII - Sinalização Cicloviária

Volume IX - Cruzamentos Rodoferroviários

A sinalização de trânsito deve ter como princípio básico as condições de percepção dos usuários da via, para garantir sua efetiva eficiência, sendo necessário assegurar os oito princípios estabelecidos pelo CONTRAN (2022), conforme Figura 2.

Figura 2 - Princípios da sinalização de trânsito



Fonte: Elaborado pelo autor.

No âmbito urbano as disciplinas utilizadas na elaboração de um projeto podem variar, em um estudo mais completo pode ser necessária a elaboração de todas as disciplinas de um projeto de sinalização viária, enquanto em outras situações, podem ser desenvolvidas soluções mais simples, situação em que apenas algumas disciplinas são necessárias. Um exemplo claro é uma intervenção em uma área onde não há cruzamentos semaforicos, nem há previsão de construção de ciclovias ou outros dispositivos cicloviários e que não seja necessário definir, indicar e orientar lugares, direções, serviços ou atrações turísticas. Logo não haverá necessidade de desenvolver os projetos de sinalização semaforica, projetos de sinalização cicloviária e projeto de sinalização vertical de indicação.

Figura 3 - Subsistemas de sinalização viária



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.4.7.1 Projeto de sinalização vertical

O projeto de sinalização vertical é um subsistema dentro da sinalização viária representado por um conjunto de estudos, análises e desenhos técnicos, com o objetivo de definir a localização dos sinais verticais na área do projeto fixados usualmente na calçada, e deve seguir os padrões dos manuais técnicos quanto a altura, localização, ângulo, cores, dimensões e outras especificações técnicas como películas, espessura, diagramações e outros.

Segundo Taori e McGee, 1998 *apud* Vieira, 2020, a sinalização vertical é um dos componentes mais importantes de uma via. São um importante meio para comunicar e informar aos seus usuários, regular, advertir, avisar, orientar e direcionar. Quanto mais eficazes forem os projetos de sinalização vertical, mais eficiente será o sistema de transporte e maior será a segurança viária.

A sinalização vertical deve transmitir uma mensagem clara aos usuários da via, essa mensagem pode ser permanente ou temporária através de símbolos e legendas, o objetivo da sinalização vertical é orientar e permitir aos usuários da via comportamentos apropriados, a fim de organizar o fluxo e aumentar a segurança viária (CONTRAN, 2007). Segundo Costa

et al., (2014), a sinalização vertical possui vantagens como a posição que dá maior visibilidade, o uso de cores contrastantes e sua retrorrefletividade.

2.4.7.2 Projeto de sinalização horizontal

O projeto de sinalização horizontal é um subsistema da sinalização de trânsito composta por marcas, símbolos e legendas, colocados sobre o pavimento, que possibilitem aos usuários da via a adotar comportamentos corretos com o objetivo de aumentar a segurança viária, o fluxo de veículos, direcionar e orientar os usuários (CONTRAN, 2022).

O DNIT (2010) ressalta que a sinalização horizontal deve cumprir várias funções com o objetivo de proporcionar segurança e conforto aos usuários da via, como: transmitir mensagens claras, ordenar e canalizar o fluxo de veículos, organizar os deslocamentos dos veículos, considerando as condições geométricas da via, servir como complemento e dar ênfase para as sinalizações verticais, regulamentar o trânsito em casos previstos no CTB, mesmo quando não há sinalização vertical, dentre outros.

De acordo com Machado *et al.*, (2017) é necessário que a sinalização horizontal proporcione uma boa visibilidade para que o condutor trafegue com segurança. Para garantir uma tomada de decisão apropriada é necessário que essa sinalização seja vista com antecedência o suficiente, assim a sinalização cumpre seu propósito.

O CONTRAN (2022) ressalta a importância da sinalização horizontal para a melhoria da segurança viária, pois em tempos adversos como chuva, neblina e no período noturno a baixa visibilidade pode corroborar para o aumento de sinistros de trânsito, também são classificadas como marcas longitudinais, transversais, canalização, delimitação e controle de estacionamento e/ou paradas e por inscrições no pavimento podendo ser do tipo setas, símbolos e legendas, suas dimensões e espessuras e outras características dependem do tipo de via e sua velocidade.

2.4.8 Projeto de dispositivos auxiliares

Os dispositivos auxiliares é um subsistema da sinalização viária que desempenha uma função importante de proporcionar maior segurança e eficiência às operações da via, são compostos por materiais diversos podendo possuir retrorrefletividade, e suas principais funções são de redução da velocidade e de acidentes, melhorar a percepção dos condutores

dos obstáculos na circulação e do alinhamento da sinalização horizontal e também de alertá-los sobre potenciais perigos, ou que necessitem de chamar atenção (CTB 2004).

De acordo com o CONTRAN (2022), os dispositivos auxiliares complementam a sinalização projetada que isoladamente não possuem funções de regulamentação da circulação viária, e que cada tipo de dispositivo possui padrões e características como a retrorrefletividade, cores e dimensões, é necessário atender aos padrões normativos estabelecidos pelos órgãos vigentes e normas internacionais.

O manual de dispositivos auxiliares do CONTRAN (2022), classifica os dispositivos em nove grupos distintos de acordo com a sua determinada função, por exemplo os dispositivos delimitadores cuja finalidade é potencializar a percepção dos condutores quanto a delimitação das marcas longitudinais destinadas ao tráfego e sua separação em quantidades de faixas de trânsito, são retrorrefletivas, podendo ser unidirecional (único sentido) ou bidirecional (sentido duplo), são dispositivos importantes principalmente em períodos de condições climáticas adversas onde há baixa visibilidade.

2.4.9 Projeto cicloviário

A mobilidade é uma prática que abrange o desejo e necessidade de se locomover e a capacidade com que cada indivíduo consegue realizá-los (Gutiérrez, 2012). Com o desenvolvimento urbano e os diversos problemas que a mobilidade nas grandes cidades brasileiras enfrenta, como congestionamentos, poluição atmosférica, sinistros de trânsito, falta de infraestrutura básica para pedestres, ciclistas, pessoas com deficiência, o Governo Federal (2012), com o objetivo de reduzir os danos ambientais e incentivar os meios de transportes que poluem menos, começou a considerar a importância de se pensar em cidades mais sustentáveis.

O planejamento de transporte começou a priorizar estratégias que abordam modos multimodais de transporte com o objetivo de enfrentar os desafios de tempo no trânsito, qualidade do ar, interação entre as diversas infraestruturas e a qualidade de vida da população (Dixon, 1996). Países europeus como Alemanha, Dinamarca, França e Holanda através do uso do sistemas cicloviários, evidenciaram que é possível utilizar a bicicleta como um modo de transporte diário, especialmente em locais onde a bicicleta se mostra mais ágil e com maior velocidade média se comparado ao uso do automóvel (Campos e Cardoso, 2016).

Com a finalidade de melhorar as condições da mobilidade nas cidades, o Governo Federal (2012), sancionou a Lei federal nº 12.587/2012, que institui as diretrizes da Política

Nacional de Mobilidade Urbana como um instrumento urbano da política e de desenvolvimento urbano. Essa política tem como objetivo garantir que todas as pessoas possam ter acesso à cidade de um modo acessível e democrático, por meio de planejamento e gestão democrática dos modos de transporte para os deslocamentos de pessoas e cargas no espaço urbano, priorizando os modos não motorizados sobre os motorizados e o transporte coletivo sobre o individual motorizado. A lei também estipula padrões de emissão de poluentes, podendo condicionar acesso a espaços urbanos sob controle (Brasil, 2012).

O sistema cicloviário é importante para o desenvolvimento de soluções sustentáveis em áreas urbanas, o uso da bicicleta possui muitas vantagens como: preço acessível em relação outros veículos, traz benefícios para a saúde dos usuários, pode ser utilizado simultaneamente como meio de transporte e instrumento de lazer, não causa danos ao meio ambiente, não é necessário o uso de combustíveis e em relação a outros modos de transporte a eficiência energética é superior (GEIPOT, 2001). Os projetos cicloviários devem proporcionar segurança e permitir que todos os tipos de ciclistas das mais variadas idades possam se deslocar para residência, trabalho ou estudo (NACTO, 2016).

O projeto de sinalização cicloviária é um conjunto de medidas que têm como características a representação de requisitos técnicos mínimos para a criação de infraestrutura cicloviária no país, utilizando desenhos e representações gráficas. Nesse tipo de projeto são utilizados sinais e elementos das outras disciplinas de sinalização como a vertical, horizontal, semafórica, a sua função é orientar os usuários da via a fim de aumentar a segurança viária, alertar e advertir sobre condições adversas e ordenar os fluxos de tráfego (Brasil, 2022).

A segurança é um dos requisitos fundamentais ao se elaborar projetos cicloviários, já que existem diversos tipos de ciclistas, como os que estão a lazer, os que vão para o trabalho ou os que usam a bicicleta para trabalhar. As interseções são os locais onde mais ocorrem sinistros de trânsito, as principais causas são abertura de porta dos carros, imprudência ao se realizar conversões, falta de sinalização, velocidade alta e imprudência, ultrapassagem em locais proibidos e avanço aos sinais vermelhos (Gondim, 2006).

Existem diversos tipos de intervenções cicloviárias como as ciclovias, ciclofaixas, ciclorrotas, via compartilhada dentre outras, que podem ser adotadas nas cidades, para isso é necessário um plano cicloviário, a ciclovia conforme definição da *Delaware Valley Regional Planning Commission - DVRPC* (2011) é definida como uma via separada fisicamente das outras vias de trânsito, de uso exclusivo de bicicleta, deve possuir sinalização para orientar seus usuários.

2.4.10 Projeto semafórico

As interseções são os principais pontos críticos do sistema viário, são locais propensos a congestionamentos, que podem comprometer o funcionamento dos deslocamentos urbanos (Setti 2002 apud Nibon *et al.*, 2019 apud Oliveira 2021).

Para melhoria desses locais é necessário se pensar em projetos geométricos simples para melhoria da visibilidade, acomodação dos veículos, pedestres e ciclistas é necessário analisar os movimentos conflitantes e reduzi-los, e realizar pesquisas para definir o tipo de solução necessária em cada interseção, se serão por sinalizações verticais de regulamentação, rotatórias ou o uso da sinalização semafórica (Simões e Simões, 2016).

A sinalização semafórica é um subsistema da sinalização do trânsito que inclui um sistema de sinais luminosos que pode ser acionado de maneira alternada ou intermitente, através de um sistema eletrônico ou eletromecânico. O objetivo da sinalização semafórica é regulamentar o direito de passagem dos diversos fluxos de veículos e pedestres em uma interseção, alternando o direito de passagem e advertindo os condutores e pedestres sobre situações específicas como obstáculos ou perigo à frente, devendo o condutor reduzir a velocidade e ter atenção para garantir sua segurança (CONTRAN, 2022).

A sinalização semafórica desempenha um papel importante ao definir e informar as prioridades de passagens para motoristas, pedestres e ciclistas, não se limitando aos sinais de controle nas interseções, mas servem para alertar controles de velocidades, sinais para pedestres, ciclistas, cruzamentos ferroviários, entre outros.

Implantar semáforos proporciona diversos benefícios como ordenamento do tráfego, reduz a probabilidade de ocorrer determinados acidentes, interrompe o fluxo intenso do tráfego para permitir o movimento de outros veículos e garante segurança para travessia de pedestres e ciclistas nas interseções. Além do mais, quando instalados e programados corretamente garantem um fluxo contínuo nas vias (Almeida; Batista, 2022).

O projeto de sinalização semafórica consiste em um estudo para implantar, ou atualizar o sistema de semáforo em uma determinada área, são fatores que justificam o desenvolvimento do projeto semafórico: o aumento da segurança viária, melhoria do fluxo dos veículos, distribuição dos movimentos de forma a garantir o direito de passagem a pedestres e veículos e redução de atrasos (CONTRAN, 2016). Para gerenciar conflitos em interseções é necessário antes de adotar essa solução de projeto, analisar sua eficácia, considerando outras soluções até se esgotarem as alternativas (São Paulo, 2022).

2.4.11 Levantamento de quantitativos e orçamentação

A etapa de levantamento de quantitativos e orçamento em projetos viários urbanos é um processo para determinar e desenvolver uma estimativa detalhada da quantidade de materiais, serviços e equipamentos necessários para executar um determinado projeto (Costa e Serra, 2014).

Segundo Santos *et al.*, (2009), o levantamento de quantitativos em projetos pode ser feito de maneira manualmente ou eletronicamente, dependendo das preferências e das ferramentas disponíveis ao orçamentista. Os métodos convencionais de levantamento incluem a medição de todos os elementos do projeto, mas esse procedimento pode ser monótono e necessita de cuidado ao transferir os levantamentos para a planilha de quantitativos, exigindo um processo de conferência para evitar erros.

Com base no levantamento de quantitativos, é possível elaborar os orçamentos do projeto viário urbano. Isso envolve calcular os custos unitários de cada item e multiplicá-los pelas quantidades necessárias, também são adicionados os custos indiretos, como mão de obra, equipamentos, administração, impostos e outros encargos.

3 BUILDING INFORMATION MODELING

O presente capítulo aborda o tema BIM, no qual é exposto um contexto inicial do conceito BIM, fundamentos associados ao tema, o cenário atual, práticas BIM, é apresentado publicações como por exemplo manuais e guias que serviram de base para a pesquisa, cenário no mundo e no Brasil no qual é abordado os decretos sobre uso e disseminação do BIM.

3.1 O que é BIM?

O *Building Information Modeling* - BIM, também conhecido como modelagem da informação da construção, surgiu como resposta à necessidade e ao desejo da indústria e dos pesquisadores do setor da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) de aprimorar os processos de elaboração de projetos. Seu objetivo é automatizar esses processos, permitindo a incorporação de dados ao projeto e proporcionando um ambiente de trabalho colaborativo.

Os conceitos fundamentais do BIM surgiram no início da computação na década de 1960, quando os sistemas CAD não haviam sido desenvolvidos. Nessa época foi elaborada a

concepção de um programa computacional que fosse capaz de realizar a integração dos desenhos com as demais informações e elementos do projeto.

Em 1962 Douglas C. Englebart publicou o artigo denominado “*Augmenting Human Intellect: A Conceptual Framework*” com o objetivo de propor formas de aumentar a capacidade dos indivíduos através do uso do computador e da tecnologia da informação. O autor ressalta a importância de criar sistemas que auxiliem o pensamento, melhore a compreensão e auxiliem na solução de problemas que poderiam ser muito complexas, superando as dificuldades e limitações cognitivas dos usuários.

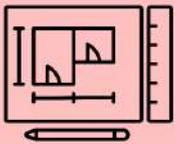
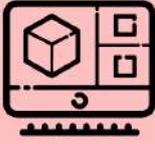
Englebart (1962), propôs o projeto (desenho) baseado no objeto e descreve como um exemplo hipotético um arquiteto trabalhando no computador, elaborando um edifício, testando diferentes layouts, visualizando o projeto em diferentes vistas e fazendo ajustes se necessário. O arquiteto começa a inserir especificações e dados detalhados atrelados a cada objeto do projeto, como espessura do piso, altura das paredes, tipo de material, dentre outros onde é possível consultar, modificar ou adicionar informações detalhadas, através de uma estrutura interligada. Agora ele também insere informações sobre o interior do edifício, analisando as vistas, iluminação e os reflexos do sol, identificando áreas de reflexos indesejados, após ele descreve a análise funcional considerando as atividades diárias como, pontos de tráfego e consumo energético. Todo o projeto e as informações associadas a ele podem ser armazenados em um banco de dados, onde todas as partes interessadas acessem e possam adicionar outras informações.

Vários pesquisadores renomados como Hebert Simon, Nicholas Negroponte e Ian MacHarg, fizeram uma contribuição importante para o desenvolvimento do design baseado em objetos, manipulação paramétrica e banco de dados compartilhados. O trabalho de Christopher Alexandre denominado “*Notes on the Synthesis of Form*” trouxe grande contribuição e inspirou uma nova geração de pesquisadores interessados no campo da programação orientada ao objeto (Quirk, 2012).

Com o avanço da computação os primeiros softwares de elaboração de projetos começaram a surgir na década de 80, houve evolução da representação gráfica na arquitetura e engenharia quando o uso do papel em pranchetas foi substituído pelos *softwares* de desenho assistido por computador chamado de “*Computer Aided Design*” - CAD. Esses avanços impulsionados pela demanda tecnológica do cinema levaram ao desenvolvimento de softwares de representação gráfica tridimensionais chamados de *softwares* 3D. Com o desenvolvimento dos softwares de representação tridimensional foi possível melhor visualização dos projetos elaborados, mas com a difusão do BIM no início dos anos 2000 se

tornou possível não apenas melhorar a visualização dos projetos, como também obter com exatidão informações detalhadas dos elementos que estão sendo projetados, do desempenho e de todos os componentes e subsistemas (CBIC, 2016).

Figura 4 - Evolução dos projetos ou das representações e documentações

PRANCHETA (PAPEL)	CAD 2D	CAD 3D	BIM
			
Apenas documentos (desenhos)	Apenas documentos (desenhos)	Apenas documentos (melhor visualização) - desenhos	Modelos e documentos - Informações atreladas ao objeto

Fonte: Adaptado do CBIC (2016).

A “Modelagem da Informação da Construção” surgiu da necessidade de se obter nos projetos outras informações além das dimensões, criando um modelo em que fosse possível distinguir elementos diferentes de acordo com seu tipo. Com o uso da metodologia BIM, a informação da construção se torna atualizada, completa, legível, disponível, fácil de ser modificada e protegida (Paulina e Maciej, 2020).

A Autodesk descreve o BIM como um processo que começa com a criação de um modelo inteligente, proporcionando otimização de processos, melhor coordenação, suporte aprimorado no planejamento, projeto, construção e gerenciamento de todas as fases de uma obra. Ele facilita a comunicação entre equipes, auxilia na tomada de decisões e destaca a coordenação e coerência das informações, resultando em maior produtividade e eficiência ao longo de todo o ciclo de vida do empreendimento (AUTODESK, 2021).

O BIM é um modelo inteligente, construído de forma digital que contém a geometria exata, os dados relevantes e informações necessárias, que otimiza os processos integrados de projeto e construção, resultando em uma melhor interoperabilidade, com custos e prazos reduzidos (Eastman *et al.*, 2014).

Com o advento do Decreto nº 9.983/2019 denominado de Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling, o BIM é definido como conjunto de

tecnologias e processos interligados que possibilita criar, utilizar ou atualizar modelos digitais de uma construção, de maneira colaborativa e em todo o seu ciclo de vida (Brasil, 2019).

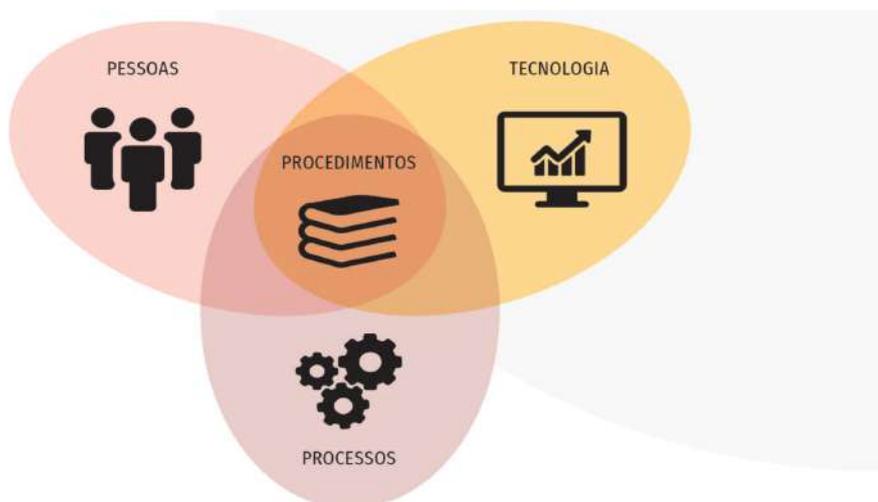
A adoção do BIM é uma progressão que exige crescente maturidade e capacitação entre os campos de processos, tecnologias e políticas, e apesar de ser amplamente usado nos setores da arquitetura, as aplicações do BIM em projetos de infraestrutura necessitam de mais pesquisas, principalmente aos padrões de interoperabilidade (Pacios Álvarez *et al.*, 2021).

Os benefícios de sua utilização são visíveis para diversas áreas, como arquitetura, engenharia, construção e indústria. BIM é uma tecnologia orientada à construção, permitindo e orientando a tomada de decisão de stakeholders e auxiliando na diminuição de erros de design e comunicação (Seo e Lee, 2020).

3.2 Os fundamentos do BIM

Quando se discute o BIM, é comum associá-lo a computadores e softwares. No entanto, para uma implementação bem-sucedida dessa metodologia, é essencial considerar três pilares fundamentais: tecnologia, pessoas e processos conforme Figura 5. Essas três dimensões devem estar interligadas por meio de procedimentos, normas e boas práticas (Brasil, 2017a).

Figura 5 - Os fundamentos do BIM



Fonte: Brasil (2017) Adaptado pelo autor.

A adoção da metodologia BIM requer mudanças culturais significativas nas empresas, desde alterações nos processos de trabalho até a transição para o uso de dados digitais e modelagem em vez de projetos tradicionais (Eastman *et al.*, 2014). Essa mudança é considerada como uma grande inovação, pois traz um impacto profundo na cultura organizacional dessas empresas, em todas as partes envolvidas no projeto. A implantação do BIM é um processo complexo que envolve todas as dimensões fundamentais, por meio da criação de documentos que regulam e consolidam os processos (Brasil, 2017a).

O fundamento da tecnologia para o uso do BIM se baseia em uma infraestrutura adequada, que inclui novos programas, equipamentos compatíveis, conexão com a internet, segurança e armazenamento dos arquivos em nuvem, além dos treinamentos e capacitação dos usuários. Ao escolher a infraestrutura mais adequada e o melhor custo-benefício da é importante analisar os tipos de projetos que serão desenvolvidos, as experiências de outras empresas, as opiniões de especialistas na área e da equipe de trabalho, sendo necessário planejar a transição, com treinamento adequado para o time de acordo com cada função exercida e sua importância no processo (Brasil, 2017a).

O fundamento com foco nas pessoas é importante na estratégia de implantação do BIM. Os profissionais devem possuir experiência, conhecimento multidisciplinar, habilidades para trabalhar em equipes e de modo colaborativo e preparo para o uso das ferramentas necessárias. Um dos principais objetivos do BIM é a otimização dos projetos durante as fases de concepção e desenvolvimento para reduzir ou eliminar imprevistos e incompatibilidades durante a construção do empreendimento, para alcançar esse objetivo é necessário capacitar as pessoas envolvidas no processo e estabelecer uma efetiva comunicação para identificar erros e propor possíveis melhorias. Uma comunicação eficiente e adequada, permite tomada de decisões e ações necessárias em tempo hábil no projeto (Brasil, 2017a).

O fundamento com o foco no processo engloba tanto os novos processos internos quanto os processos externos entre empresas. Isso inclui no planejamento de trabalho, o fluxo de trabalho, o cronograma, a definição dos entregáveis, os métodos de comunicação, as atribuições de função, os sistemas para armazenamento de arquivos, dados e informações, o nível de detalhe de cada etapa e a descrição do uso do modelo em todo o ciclo de vida do empreendimento (Brasil, 2017a).

O modelo desenvolvido em BIM possui três fases de um empreendimento: a pré-obra, obra e pós obra e suas etapas que vão desde a concepção até a demolição passando por todas as fases gerais de um ciclo de vida.

3.3 Processos

É importante ter em mente que o BIM é mais que uma mudança tecnológica mas também uma transformação nos processos. Ele permite que um empreendimento seja representado por objetos inteligentes que possuem informações detalhadas sobre sua fabricação, materiais e outras e também com outros objetos no modelo trabalhado, além de alterar a forma como os desenhos e visualização do projeto são criados, o BIM proporciona mudanças importantes em todos os principais processos envolvidos no ciclo de vida do empreendimento.

Na etapa de projeto o BIM possibilita a colaboração entre os diversos projetistas e membros da equipe, dentro de uma disciplina ou entre disciplinas diferentes, trazendo mais inteligência e eficiência a cada processo do projeto. Além de melhorar os processos existentes, o BIM também possui eficiência na verificação de conflitos em um modelo multidisciplinar antes de começar a etapa da construção (Eastman *et al.*, 2011).

De acordo com Loen (1974, *apud* C2016), “coordenar um projeto é cuidar para que as atividades sejam executadas com respeito à sua importância e com um mínimo de conflito”. Normalmente a equipe que elabora o projeto não acompanha a execução da obra e muitas vezes acaba por não conhecer as soluções construtivas adotadas pelo contratante. Se a coordenação é responsabilidade do arquiteto/engenheiro da contratante pode haver uma ênfase maior na construtibilidade em detrimento das soluções de projeto.

Ao contratar um profissional externo para coordenação, ele poderá ter um bom nível técnico e expertise, porém poderá ter limitações e encontrar dificuldades na compreensão dos processos visto que não participou dos processos iniciais como a concepção do projeto (CBIC, 2016).

A adoção do BIM contribui para os processos de tomada de decisões, incluindo não apenas detalhes construtivos e especificações técnicas de um projeto, mas também a incorporação dos métodos construtivos a serem implantados. Embora seja benéfico e vantajoso implantar os processos em BIM, essa mudança de paradigmas é de difícil implementação devido à cultura das empresas, incorporadoras e construtoras (CBIC, 2016).

3.3.1 Princípios do IPD

Com o objetivo de melhoria dos processos tradicionais de projetos começaram a ser praticados também os modelos de colaboração que o *The American Institute of Architects*

(AIA) sistematizou com a definição de *Integrated Project Delivery* (IPD), um método de otimização de projeto altamente colaborativo, onde o trabalho é simultâneo, baseado na confiança e transparência, desde as fases iniciais até a entrega final, possibilitando impacto nos custos (AIA, 2007).

O IPD é uma abordagem que busca integrar pessoas, prática de processos, sistemas e negócios de forma colaborativa. Seu objetivo é minimizar os desperdícios e otimizar a eficiência, sua ideia central é formar uma equipe de projeto que trabalhe conjuntamente para alcançar a melhor entrega, conforme requisitos e orçamentos pré-definidos (Marzouk *et al.*, 2010).

O objetivo do IPD é desenvolver excelentes projetos, de maneira eficiente, melhorando os prazos de entrega, reduzindo custos operacionais e de manutenções, e compartilhando os custos entre as partes interessadas no projeto (Becerik-Gerber e Kent, 2010; Mesa *et al.*, 2016). Os princípios do IPD podem ser aplicados em diferentes tipos de contrato e envolver membros além das três partes principais interessadas: proprietário, projetistas e empreiteiros (AIA, 2007; AUTODESK, 2008).

Os princípios que norteiam o IPD são: a alta colaboração e trabalho em equipe em todo o ciclo de vida, o sucesso do projeto está ligado ao sucesso do time, envolvimento de todos os participantes desde o início do processo, suas experiências e expertises contribuem para tomada de decisões assertivas nos estágios iniciais do projeto, planejamento intensificado resulta em melhoras nos resultados de projeto com consequência redução de custos na etapa da construção, comunicação honesta onde a resolução de um problema é mais importante do que determinar possíveis culpados e o uso de recursos tecnológicos para maximizar a funcionalidade e melhoria da interoperabilidade dos projetos (AIA, 2007).

3.3.2 Integração BIM + princípios do IPD

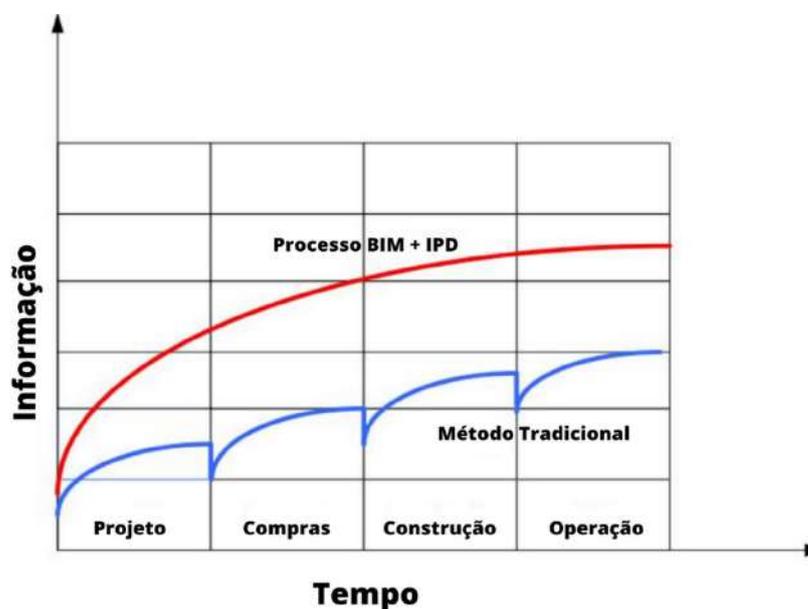
O BIM é uma ferramenta essencial que melhora a colaboração entre as partes de projeto, reduz erros, facilita o entendimento e o desenvolvimento de novas ideias do projeto, melhora o cronograma, diminui desperdícios dá agilidade ao projeto e a etapa da construção (Succar, 2008; Glick e Guggemos, 2009; Porwal e Hewage, 2013; Conrad, 2013).

O BIM facilita o compartilhamento das informações, porém no método tradicional esse compartilhamento é feito em um ambiente fragmentado e pouco eficiente, o que dificulta a entrada do conhecimento de empreiteiros e proprietários na fase inicial do projeto (Zhang e Wang, 2009).

É consenso na literatura que o BIM é a ferramenta mais poderosa de suporte ao IPD, e que o IPD é um facilitador para o uso do BIM de forma eficiente em todo o processo de projeto (AIA, 2007; Becerik-Gerber e Kent, 2010; Scott *et al.*, 2013; Porwal e Hewage, 2013). De acordo com Yang e Wang (2009) o BIM pode ser usado em processos não integrados e projetos integrados podem ser desenvolvidos sem o uso do BIM, no entanto quando usados conjuntamente o IPD e BIM podem alcançar grandes objetivos são contributivos e se fortalecem.

A Figura 6 mostra como a junção do BIM e o IPD podem alterar o fluxo de informações em etapas para um modo crescente e contínuo (linha vermelha) onde não haverá perda de informações (linha azul) durante o desenvolvimento do projeto de forma que o BIM funcione como um repositório para acondicionar todas as informações durante o processo de entrega do projeto. E o IPD garante que as partes interessadas trabalhem para o sucesso do projeto de maneira colaborativa priorizando o melhor para o projeto, garantindo o fluxo contínuo.

Figura 6 - Fluxo de informação entre processo tradicional e processo BIM + IPD



Fonte: Zhang e Wang (2009) adaptado pelo Autor.

Wright (2012), aborda que a integração do BIM e IPD pode ser considerado um objetivo na área acadêmica, visto que o ensino tradicional dos cursos de graduação tende a abordar cada matéria como um “silo”, tratando cada disciplina de maneira isolada. A introdução do BIM e do IPD nos cursos de graduação levaria a uma abordagem mais

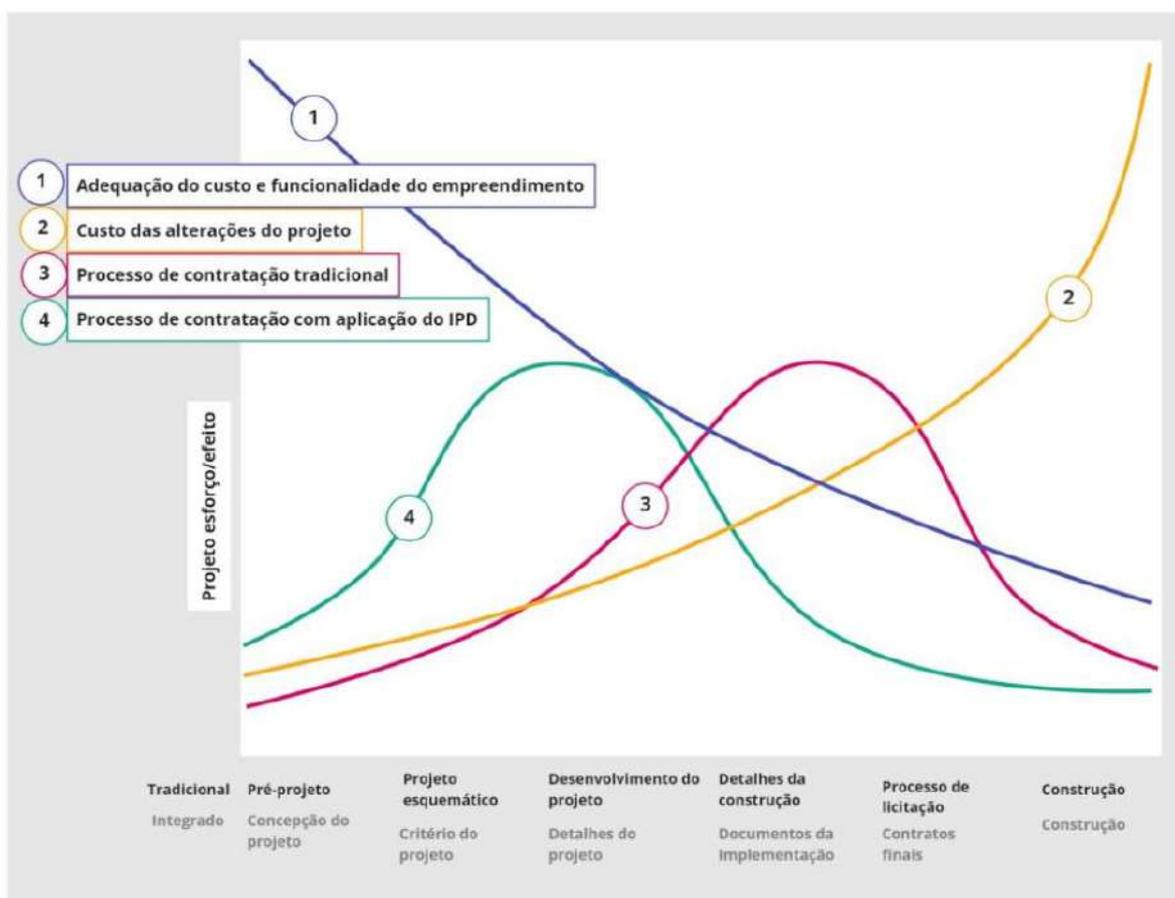
integrada, experiência educacional mais profunda, de modo a formar profissionais com uma nova visão para elaboração de projetos.

3.3.3 - Mudanças nos fluxos de processos

A mudança nos fluxos de processos para desenvolvimento de projetos torna-se necessária à medida que novas metodologias de processos no projeto proporcionam um envolvimento da equipe nas tomadas de decisões fundamentais para o projeto. A representação gráfica da curva de MacLeamy em que se ilustra a relação esforço do projeto e tempo, evidencia os benefícios dessa mudança como mostrado na figura 7, apesar do tempo gasto nas fases iniciais do projeto ser maior, devido a integração/colaboração de diferentes disciplinas para o desenvolvimento de soluções do projeto (AIA, 2007 e Piroozfar, *et al.*, 2019).

O gráfico ilustra a diferença entre o processo tradicional de desenvolvimento de projetos, baseado em documentos e desenhos CAD e o desenvolvimento de projetos utilizando o método BIM, onde é mostrado como as decisões tomadas nas fases iniciais do projeto têm um impacto nos custos e a qualidade do empreendimento nas diversas fases no decorrer do tempo. O gráfico mostra que as mais importantes oportunidades para obter reduções de custos e definir racionalizações ocorrem antes do início da construção. Quanto mais avançado o desenvolvimento de um empreendimento, os custos das eventuais alterações de projetos, especificações e manutenção aumentam (CBIC, 2016).

Figura 7 - Curva de MacLeamy



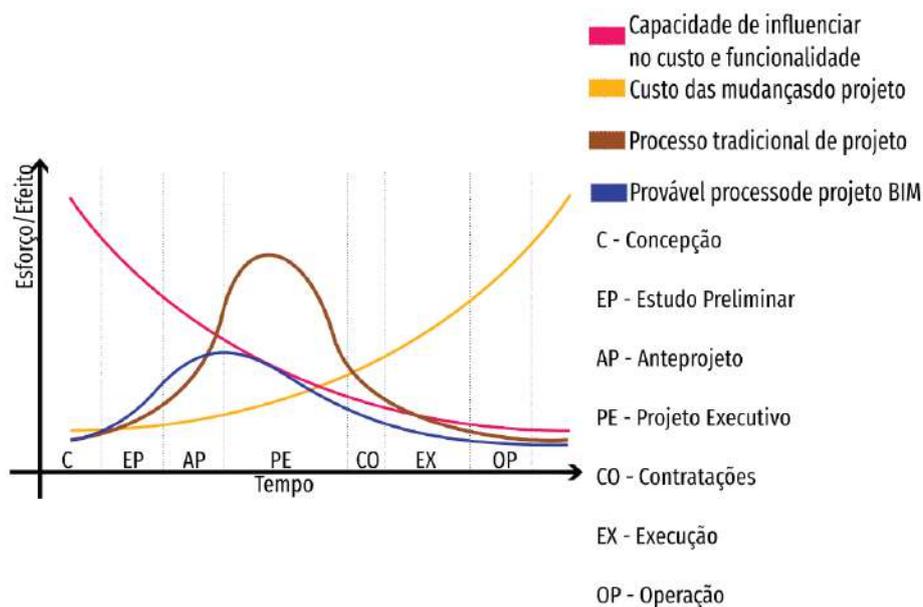
Fonte: Muianga e Granja (2021) adaptado AIA (2007).

Zhang e Wang (2009) destacam que na curva de MacLeamy, o custo de resolução de problemas na etapa de projeto é muito menor se comparado a fase de construção é notável que o processo baseado em BIM diminuirá os custos de construção do projeto.

No processo de projeto de Arquitetura, Engenharia e Construção - AEC, desenvolvido em BIM, as decisões de projetos são concentradas em uma fase anterior à abordagem tradicional (ABDI, 2017). Zhang e Wang (2009) destacam que na curva de MacLeamy, o custo de resolução de problemas na etapa de projeto é muito menor se comparado a fase de construção é notável que o processo baseado em BIM diminuirá os custos de construção do projeto.

Essa nova abordagem demanda a participação de todos os profissionais envolvidos no modelo, desde as fases iniciais do projeto, sendo possível alcançar um maior nível de integração e desenvolvimento do projeto, porém essa abordagem implica em realizar alterações nos modelos de contrato e modificar os processos e as operações comerciais (ABDI, 2017).

Figura 8 - Curva de MacLeamy



Fonte: ABDI (2017) adaptado pelo autor.

3.4 Principais benefícios BIM

A metodologia BIM oferece muitos benefícios e o seu uso tem crescido consideravelmente, um exemplo claro é que a universidade norte-americana da *Penn State University* classificou e documentou os fluxos de trabalho de 25 diferentes casos de usos BIM que já foram mapeados (CBIC, 2016). Diversos benefícios já foram alcançados em comparação aos processos tradicionais de elaboração de projeto baseado em CAD 2D ou com o uso do papel (Eastman *et al.*, 2014).

Alguns benefícios BIM incluem maior precisão nos projetos com levantamento de quantitativos e orçamento detalhado, simulação das etapas construtivas para evitar e eliminar possíveis conflitos, diminuição de retrabalhos, simulação do desempenho dos elementos, gestão inteligente do ciclo de obra, redução de prazos e custos, dados precisos para maior controle de informações e processos ocasionando maior clareza e transparência dos processos de licitação e contratações nos setores públicos e privados (ABDI, 2017).

3.4.1 Benefícios na pré-construção

Antes de contratar um escritório para elaboração dos projetos, os empreendedores devem garantir que o planejamento do empreendimento esteja dentro do orçamento e cronograma determinados. Um modelo aproximado, interligado a um banco de dados de

custos, por exemplo, poderia ser uma ferramenta importante para os proprietários, corroborando para uma avaliação prévia da viabilidade do projeto (Eastman *et al.*, 2014).

3.4.2. Benefícios na fase de elaboração dos projetos.

Nos projetos desenvolvidos em CAD os documentos gerados não ofereciam uma visualização adequada e uma compreensão assertiva do projeto, os leitores precisavam utilizar sua imaginação para construir na mente uma ideia do modelo tridimensional do empreendimento, analisando outras informações se necessário (CBIC, 2016).

Os softwares BIM geram modelos em 3D não sendo preciso gerar múltiplas vistas, os desenhos são feitos de maneira precisa, há ganho de tempo e esse processo reduz retrabalhos. Todas as modificações realizadas no modelo são atualizadas instantaneamente em todas as vistas (Eastman *et al.*, 2014).

De acordo com a CBIC (2016 p. 28) “A modelagem 3D possibilita a visualização exata do que está sendo projetado, por mais complexa que seja a instalação ou edificação, além de oferecer funcionalidades para a detecção automática de interferências geoespaciais entre objetos.”

3.4.3 Colaboração entre as disciplinas envolvidas no projeto

O BIM facilita a colaboração simultânea das diversas disciplinas do projeto, se comparado com o método de elaboração tradicional por meio de desenhos. O trabalho em BIM é mais fácil e rápido, é possível identificar problemas de projeto, apresentar possíveis soluções e melhoria contínua no modelo. Essa estratégia é mais eficiente e possibilita reduzir custos ao invés de aplicar a engenharia de valor no final do projeto, após as decisões mais importantes já terem sido tomadas (Eastman *et al.*, 2014).

3.4.4 Extração automática dos quantitativos

Em qualquer etapa do projeto é possível extrair uma lista precisa de quantitativos, essa funcionalidade é amplamente utilizada pelos novos usuários da metodologia BIM. Nas fases iniciais de um projeto, as estimativas são baseadas em custos unitários por metro quadrado, essa funcionalidade oferece precisão, acesso rápido e consistência nos dados levantados. À medida em que projeto evolui é possível extrair quantitativos e estimativas de

custos mais precisas, sendo possível tomar decisões mais assertivas do que em um sistema baseado em documentos 2D e em papel (Eastman *et al.*, 2014).

3.4.5 A identificação de interferências no projeto

Os *softwares* BIM possuem uma função importante chamada de *clash detection* que localiza automaticamente as interferências que podem ocorrer entre os objetos do modelo. Essas interferências podem ser chamadas de leves, moderadas ou críticas dependendo do tipo de ajuste que será necessário realizar, normalmente são relatadas através de listas que incluem imagens e referência de localização para facilitar análise e mudanças.

Alguns softwares também tem a capacidade de realizar identificação de interferências funcionais chamadas de *soft clash* onde mesmo que dois objetos não ocupem o mesmo lugar no espaço por ocasionar interferências que impediriam o funcionamento perfeito do sistema, como por exemplo um retroprojetor atrás de uma luminária em uma sala de reunião (CBIC, 2016).

3.5 Barreiras para adoção do BIM

Algumas empresas podem encontrar dificuldades para implementar o BIM, por diferentes razões, como a disponibilidade de softwares, resistência dos profissionais em aderir às mudanças, o nível de desenvolvimento de programas BIM para algumas áreas em específico dentre outros (Guia ABDI, 2017).

Um dos principais motivos que impedem uma rápida adoção da metodologia BIM está relacionado a inércia e resistência à mudança por parte das organizações e profissionais envolvidos, muitos indivíduos têm dificuldades em lidar com o novo ou simplesmente não desejam aprender. Com a implementação do BIM mudanças significativas ocorrem na forma como as atividades e processos acontecem tradicionalmente.

Para ocorrer uma mudança em uma organização, cinco pontos críticos são essenciais: visão, capacitação, incentivos, recursos e o desenvolvimento de um plano de ação, a falta de um desses componentes pode levar a problemas como confusão, ansiedade, resistência, frustração ou a falsos inícios conforme Figura 9.

Figura 9 - Os cinco componentes críticos para uma mudança



Fonte: Adaptado do CBIC (2016).

Outro fator que dificulta a adoção do BIM está relacionado à falta de compreensão dos reais benefícios que essa metodologia pode trazer. As partes envolvidas nos projetos têm dificuldade em entender os potenciais benefícios que o BIM traz, e não percebem os altos prejuízos financeiros e de tempo devido a erros, retrabalhos, atrasos que já tiveram. Os investidores e proprietários não percebem que com a adoção do BIM eles se beneficiam, pois o uso do BIM pode resultar em taxas mais baixas devido a redução de riscos. Também a uma ideia equivocada de que o BIM é apenas uma evolução do CAD, quando na verdade ele é uma profunda mudança que transforma todo o processo do projeto, desde a concepção ao gerenciamento. Outro fator é o importante incentivo de diversos países através de estratégias de disseminação da metodologia.

A adoção do BIM no Brasil enfrenta barreiras culturais e algumas particularidades do mercado. A falta do planejamento no setor da construção, a dificuldade de contratar profissionais capacitados no mercado e a preferência em adotar soluções rápidas e de baixo custo são alguns dos obstáculos, além de que o investimento necessário para implementar o BIM é desproporcional se comparado ao processo tradicional de elaboração de projetos. Para superar todas as barreiras é necessário um maior envolvimento dos conselhos profissionais, definição de boas práticas, estimular a inovação nas universidades e incentivo a pesquisas na área (CBIC, 2016).

3.6 Conceitos BIM

Nesse tópico serão abordados os conceitos fundamentais relacionados à metodologia BIM, serão discutidos aspectos fundamentais para contextualizar a sua importância fornecendo uma compreensão clara.

3.6.1 Objeto BIM

Um componente BIM é um objeto virtual, que contém as informações importantes para sua construção, suas dimensões reais e onde todos os elementos relacionados a ele podem ser representados como características de desempenho térmico, acústico e quaisquer outras especificações necessárias durante o desenvolvimento do projeto (Guia ABDI, 2017).

As ferramentas disponíveis para modelagem BIM produzem modelos orientados a objetos para diversas disciplinas como: arquitetura, instalações prediais, infraestrutura, elementos urbanos, dentre outras. Esses modelos consistem em diversos objetos específicos de categorias e tipos que permitem o desenvolvimento da modelagem de acordo com a disciplina de projeto (Ruschel, 2014).

Em um modelo de projeto viário urbano os objetos que podem ser desenvolvidos são por exemplo: meio-fio, pavimentação, tipos de calçadas, tipos de sinalização horizontal e vertical, dispositivos auxiliares, sinalização semafórica, mobiliários urbanos, rebaixos, cicloviarias, piso tátil direcional e alerta e outros elementos que se encontram nas vias urbanas.

Ao adotar a metodologia BIM, é desenvolvido um extenso repositório relacionado aos objetos e modelos e que tem a capacidade de armazenar informações geométricas, semânticas e topológicas. As informações geométricas estão relacionadas às características tridimensionais, as informações semânticas das propriedades dos componentes, como custos por exemplo, e as informações topológicas descrevem as relações e interconexões entre os objetos (Schlueter e Thesseling, 2009).

No BIM os objetos são parametrizados e inteligentes, contêm informações como códigos, modelos, normas atendidas, materiais componentes e até *links* para acesso a documentações e manuais de montagem e manutenção. É possível comunicação com os outros objetos sendo possível interação com outros modelos e no ambiente que está inserido (CBIC, 2016). Por exemplo, uma baliza de sinalização “saberia” que deve interagir com uma placa de chapa de aço de sinalização, “saberia” também que ela deve ser colocada apenas em calçadas, canteiros centrais, em áreas concretadas, verdes ou em obras de arte especiais.

3.6.2 Parametrização

A parametrização pode ser definida como um processo de estabelecer parâmetros de um objeto ou componente em um modelo BIM para atender necessidades específicas em um projeto, não sendo necessário redesenhar caso seja necessário modificar alguma característica geométrica de um objeto, todos os outros objetos são automaticamente modificados de forma dinâmica incluindo textos, cortes, representações em 2D e 3D (ABDI, 2017).

A modelagem paramétrica é uma técnica onde os objetos são criados usando parâmetros independentes que consideram restrições e onde as combinações de objetos se atualizam de modo automático ao se modificar algum parâmetro (Yoo *et al.*, 2016). Por meio da parametrização é possível estabelecer critérios para validar o projeto, e verificar se um determinado parâmetro de um objeto está em conformidade com os padrões estabelecidos pelas normas (Miranda e Salvi, 2019).

O processo de modelagem é dividido em quatro etapas com objetivo de uma completa conexão do sistema. Na primeira etapa é desenvolvida a modelagem paramétrica do sólido, onde a geometria e os objetos são definidos. Na segunda etapa ocorre a interação entre os objetos modelados, ao se modificar um parâmetro, instantaneamente todos os outros objetos relacionados são modificados de maneira lógica. Na terceira etapa, ocorre uma conexão e relação entre os diversos grupos de elementos criados e por fim na última etapa é formado um sistema único através da conexão de todos os objetos, os grupos de objetos interligados (Yoo *et al.*, 2016).

Objetos BIM paramétricos permitem aos projetistas a possibilidade de alterar medidas e outras características dos componentes. Também é possível inserir novos dados no objeto que funcionam como um armazenamento de informações, além das informações já integradas, essa ferramenta possibilita o desenvolvimento de modelos BIM com objetivos específicos como no gerenciamento da manutenção (CBIC, 2016).

Existem diferenças de variabilidade para a parametrização: os objetos podem ser fixos, semi paramétricos e paramétricos, quando o objeto é chamado de fixo não é possível ajustar as suas medidas ou as de alguns dos componentes de sua constituição. O semiparamétrico, é possível ajustar alguns parâmetros como as dimensões porém existem limitações por exemplo de variabilidade ou tipos de materiais. E por fim nos objetos totalmente paramétricos é possível ajustar todas as dimensões inclusive os componentes e materiais que constituem o modelo (CBIC, 2016).

A modelagem paramétrica representa uma mudança importante na indústria da construção, permitindo uma inovação de desenhos manuais para uma metodologia baseada em modelos digitais inteligentes, capazes de trocar informações e serem melhor compreendidos. Essa nova forma de trabalhar possibilita extrair informações geométricas e não geométricas do modelo para serem utilizadas em todo o ciclo de vida do empreendimento (Eastman *et al.*, 2011).

3.6.3 Interoperabilidade

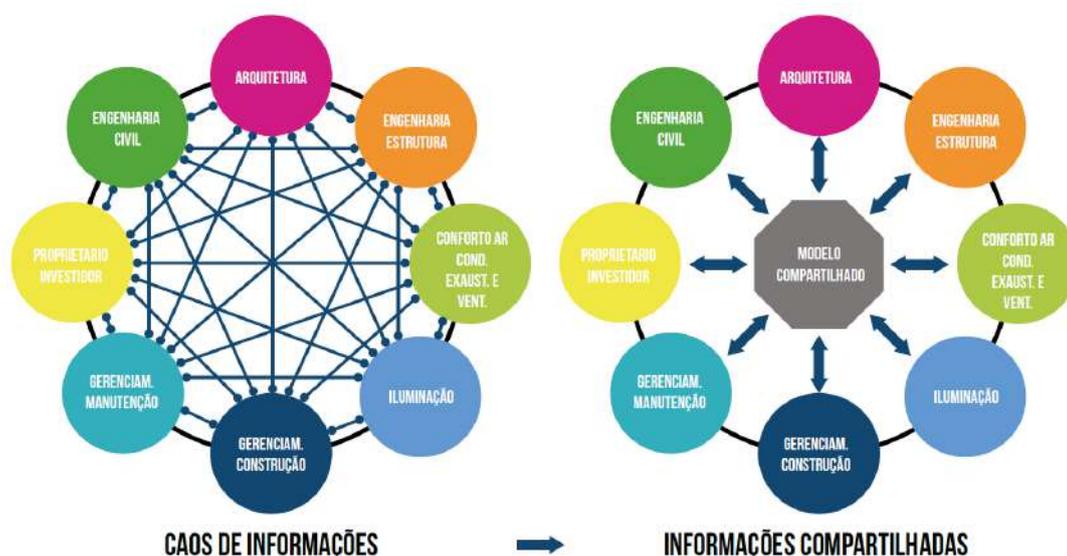
A interoperabilidade é a habilidade de dois ou mais sistemas ou softwares diferentes se comunicarem e trocarem informações e transferência de dados de maneira eficaz. Assim como duas pessoas de nacionalidades diferentes podem enfrentar dificuldades por não terem domínio do idioma nativo um do outro. para superar esse problema seria necessário um desses indivíduos dominar a língua da outra pessoa, ou ambas usarem uma outra língua.

Assim também acontece na área da tecnologia, softwares desenvolvidos por empresas distintas possuem formatos nativos diferentes e incompatíveis, sendo necessário que um deles possua a capacidade de executar o formato nativo do outro software. A segunda solução seria um terceiro formato neutro que ambos consigam executar e comunicarem entre si permitindo troca de informações importantes (CBIC, 2016).

Para garantir um compartilhamento de informações e um trabalho eficiente, é necessário desenvolver um fluxo livre de informações em todo o desenvolvimento do projeto, esse é um requisito primordial para um processo interoperável. A ausência de informações compartilhadas limita o uso do BIM e a prática integrada (Jernigan, 2008). A interoperabilidade surge para reduzir e até eliminar a necessidade de criar informações já produzidas em outras fases do projeto, reduzindo a produtividade e deixando o trabalho ineficiente (Eastman *et al.*, 2011).

A metodologia BIM promove o compartilhamento de informações em todo o ciclo de vida tendo como referência o modelo trabalhado. A Figura 10 apresenta a diferença entre o método tradicional de troca de informações entre diversas disciplinas durante o desenvolvimento de um projeto baseado em documentos CAD onde há vários canais de comunicação e um modelo baseado no método BIM que permite o intercâmbio de informações de modo compartilhado em que todas as disciplinas têm acesso às informações (CBIC, 2016).

Figura 10 - Comparativo de troca de informações entre metodologia convencional e BIM



Fonte: CBIC, 2016.

3.6.4 Industry Foundation Class - IFC

O *Industry Foundation Class* - IFC foi desenvolvido pela *Alliance for Interoperability* - IAI através de uma iniciativa da Autodesk. Fundado em 1996 por meio de um consórcio com onze parceiros estratégicos e comprometidos em desenvolver esse formato para troca de informações entre diferentes softwares e através do sistema OpenBIM (De Gaetani; Mert; Migliaccio, 2020). Segundo ABDI (2017 p. 11) “O sistema OpenBIM tem como premissa esse modelo, em que a integração é feita pela montagem de um arquivo federado (...) composto por diversos, às vezes mais de uma centena, de arquivos IFC”.

O IFC é um padrão global, aberto e neutro não vinculado a um fabricante de software específico que possibilita a interoperabilidade, utilizado em uma ampla variedade de softwares e interface para muitos casos e diferentes usos (BUILDINGSMART, 2023). O formato de arquivo em IFC é oficialmente certificado pela ISO 16739:2013 e é utilizado para promover a interoperabilidade e a colaboração na plataforma BIM (CBIC, 2016). Os dados IFC podem ser codificados em diversos formatos como Xml, Json e Step, que podem ser transmitidos via web ou importados e exportados, gerenciados de forma centralizada ou vinculado a banco de dados (BUILDINGSMART, 2023).

O esquema de dados IFC é padronizado, codifica de maneira lógica a identidade, característica ou atributos dos objetos e suas relações como localização, conexões e até

conceitos profundos como desempenhos e custos. A especificação do esquema abrange processos e todas as pessoas envolvidas no projeto como proprietário, projetista, fornecedores e empreiteiros, as especificações podem descrever todo o ciclo de vida do projeto como o uso, construção, manutenção, operação e instalação (BUILDINGSMART, 2023).

O arquivo em formato IFC possibilita que diferentes profissionais em suas respectivas plataformas trabalhem em colaboração e de modo integrado, os aplicativos com certificados são exportados e combinados em um arquivo federado, que possibilita a análise e coordenação do modelo e do projeto como um todo. Apesar de todos os benefícios, os projetistas precisam utilizar softwares específicos pois nenhum aplicativo de projeto utiliza o IFC como padrão nativo (ABDI, 2017).

3.6.5 Construction Operations Building Information Exchange – COBie

O COBie é um formato de arquivo para troca de informações em BIM que possibilita o preenchimento de dados entre a equipe de projeto durante todo o ciclo de vida do empreendimento (ABDI, 2017). As informações são armazenadas em planilhas, sendo possível gerenciar, avaliar e usar os dados nas fases do empreendimento (Park e Kim, 2015).

Os dados são inseridos pelos participantes do projeto, seja em campo ou nos softwares BIM permitindo a troca de informações sobre todas as características dos elementos por ela fornecidos, como especificações técnicas, propriedades, instruções de operação e manutenção (ABDI, 2017). O COBie tem como foco a entrega de informações do projeto em vez da modelagem e é um subconjunto de um modelo BIM (Park e Kim, 2015).

3.6.6 BIM Collaboration Format – BCF

O BCF foi desenvolvido em 2009 por dois membros do *buildingSMART* juntamente com o *Institute for Applied Building Informatics* - IABI, com o objetivo de aumentar a tecnologia de comunicação aberta para os fluxos de trabalhos em IFC. O formato BCF é um padrão *openBIM* como o formato IFC, internacional, aberto e colaborativo (BUILDINGSMART, 2023).

O formato é baseado na linguagem XML (*Extensible Markup Language*) e permite que diferentes softwares se comuniquem, facilita o envio de relatórios com imagens

vinculadas de forma dinâmica ao modelo, oferece recursos de comunicação de responsabilidade e prazos. Através de um arquivo de verificação de *model checker*, o arquivo BCF é exportado e gera lista de conflitos com todos os locais identificados (ABDI, 2017).

Os formatos em BCF se baseiam nos conceitos básicos de projetos, tópicos, comentários, análises e são organizados de maneira hierárquica, essa combinação é chamada de problema pois conecta os pontos de vistas e comentários (Schulz e Oraskari, 2021).

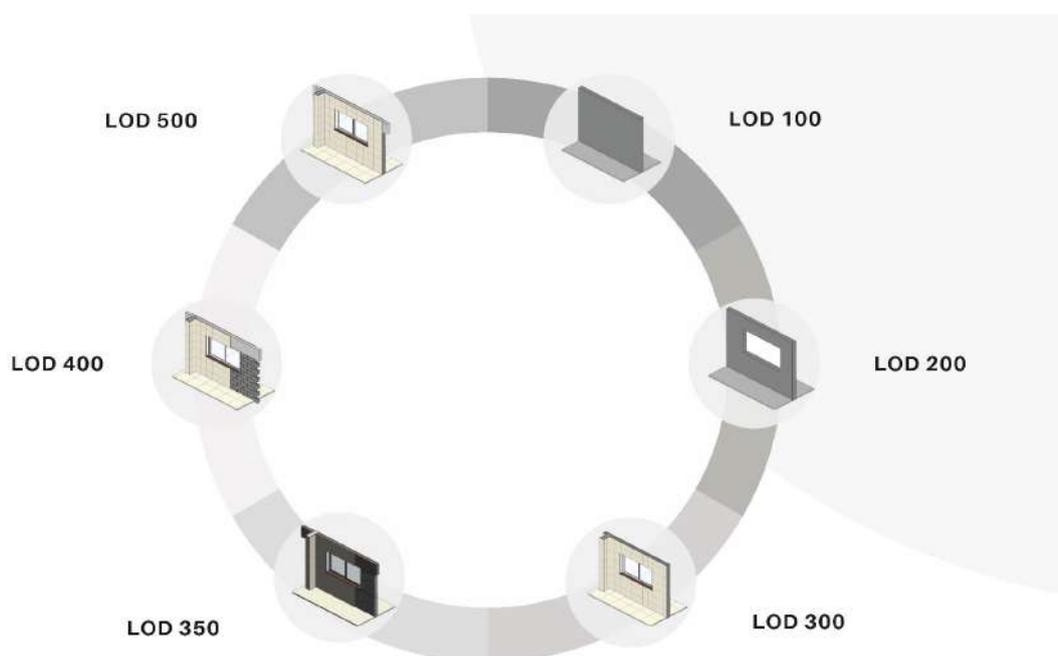
Os problemas podem ser atribuídos a um coordenador que pode comentar ou delegá-los aos seus responsáveis. Seus status podem ser alterados e rastreados no fluxo de trabalho. Esse processo é utilizado na gestão de problemas em projetos BIM, onde os conflitos são analisados e atribuídos à disciplina correspondente. Um bom indicador da saúde de um projeto BIM é analisar os status e os números de problemas atribuídos ao modelo (Schulz e Beetz, 2021).

3.6.7 Nível de desenvolvimento – LOD

Em 2009 o AIA introduziu pela primeira vez o conceito *Level of Development* - LOD. O conceito LOD estava associado ao nível de detalhe na elaboração dos elementos no modelo BIM (Reis, 2019). Inicialmente essa referência surgiu da necessidade de distinguir as diversas representações gráficas e os níveis de detalhes inseridos nela, no contexto da metodologia BIM o termo LOD foi entendido como Nível de Detalhamento (*level of Detail*) - LOD. Atualmente o Nível de Desenvolvimento é usado como o nível de confiança que os participantes do projeto podem ter nas informações inseridas no modelo (CBIC, 2016).

Os LODs variam em seis diferentes níveis de desenvolvimentos que vão de 100 a 500, sendo o LOD 100 o com menor desenvolvimento e o LOD 500 o com maior nível de desenvolvimento conforme Figura 11. A estrutura do LOD permite que a equipe compreenda o elemento de um modelo desde a fase conceitual até a definição final (Germano, 2022).

Figura 11 - Níveis de desenvolvimento



Fonte - Adaptado (ABDI, 2017).

O nível de desenvolvimento permite aos profissionais inseridos em um ambiente colaborativo definir de maneira clara os níveis de confiabilidade dos elementos nos diferentes estágios, permitindo que a equipe de projeto compreenda os limites de utilização dos modelos recebidos e que faça o planejamento do trabalho considerando que no futuro as informações serão detalhadas e mais confiáveis (CBIC, 2016).

Em um modelo do projeto básico por exemplo podem existir componentes com diferentes níveis de desenvolvimento como LOD 200, LOD 300 e LOD 350, portanto os níveis de desenvolvimento não estão relacionados aos modelos em cada etapa do projeto, pois os modelos podem possuir objetos com diferentes LODs. O Conceito de um “Modelo LOD” se aplica somente aos componentes inseridos em um modelo BIM, e esse modelo pode possuir diversos elementos com diferentes LODs.

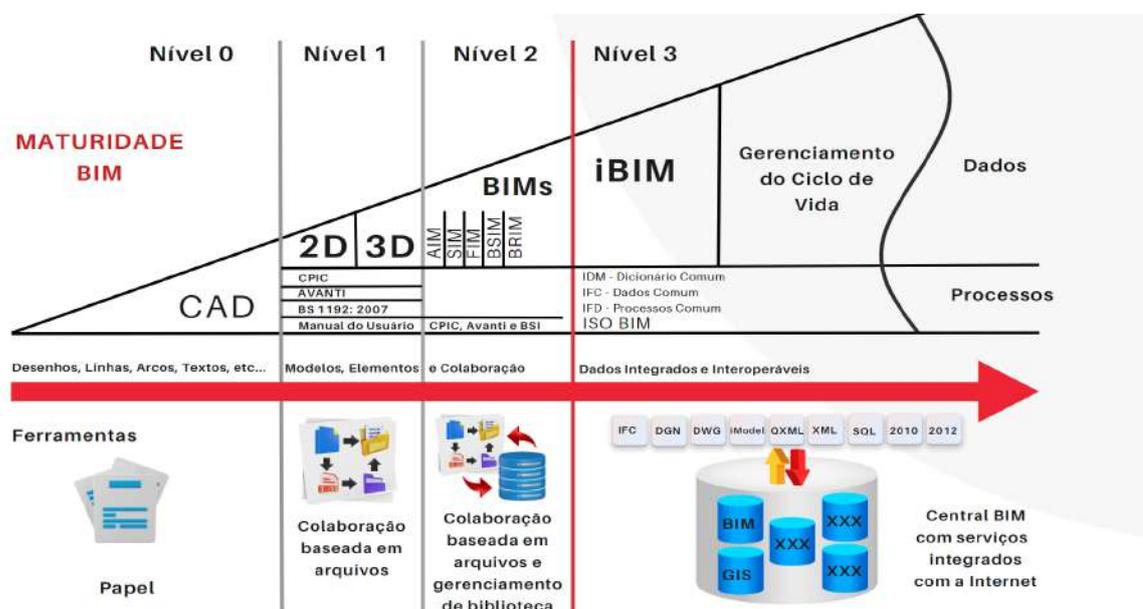
De acordo com a definição do BIM FORUM, elementos com LOD 100 não possuem informações geométricas, então não há como existir um Modelo BIM LOD 100, Porém é possível existir um modelo composto apenas com componentes LOD 100. O Nível de Desenvolvimento 500 é considerado o nível em que o modelo é verificado em campo na fase de pós obra e todas as suas características, descreve o que foi efetivamente construído sendo associado ao projeto “as built”(ABDI, 2017).

3.6.8 Níveis de maturidade BIM

Os níveis de maturidade BIM foram desenvolvidos com o objetivo de categorizar e descrever os diferentes níveis de competência esperados, sendo que quanto maior o nível mais colaborativo e integrado é o projeto em relação ao nível anterior. Um dos objetivos é eliminar a ambiguidade do termo BIM, permitindo aos clientes que compreendam o que está sendo ofertado na contratação (BIM INDUSTRY WORKING GROUP, 2011).

Conforme Figura 12 o gráfico de Bew-Richards apresenta os níveis de maturidade em três categorias que vão de 0 a 3 considerando a tecnologia adotada, os processos colaborativos e o compartilhamento de informações para definição do nível atual.

Figura 12 - Níveis de maturidade BIM



Fonte: BIM INDUSTRY WORKING GROUP (2011) adaptado pelo autor.

Nível 0: Arquivos em CAD não gerenciáveis, com representações bidimensionais ou em perspectivas, uso de papel ou arquivos de papel eletrônico como principal meio para troca de dados.

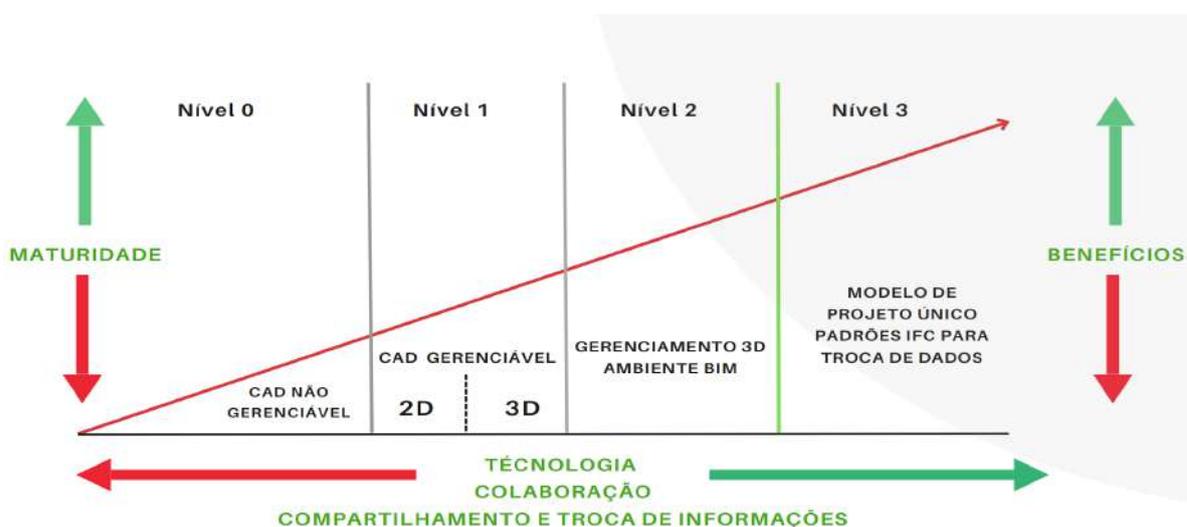
Nível 01: Arquivos em formatos 2D e 3D usando padrões, com ferramentas colaborativas que fornecem um ambiente comum dados padronizados, processo não integrado.

Nível 02: Modelos BIM baseado em arquivos separados por disciplinas com informações anexadas, substituindo os arquivos CAD, podendo incluir cronogramas e orçamentação, processo altamente colaborativo.

Nível 03: Processo integrado, altamente colaborativo, toda informação é administrada por um servidor BIM, dados totalmente abertos e integrados na internet, compatíveis com os padrões IFC ou similares onde há completa interoperabilidade.

De acordo com a análise elaborada Ingram (2020) na Figura 13, do modelo de Bew-Richards os fatores que determinam a maturidade do uso do BIM são representados pelas variáveis tecnologia, colaboração, compartilhamento e troca de dados, quanto mais próximo do nível 3 maior os benefícios e consequentemente maior a maturidade.

Figura 13 - Níveis de maturidade BIM



Fonte: Ingram (2020), adaptado pelo autor.

Ingram (2020) desenvolve sua análise dos níveis de maturidade e descreve que o nível 2 envolve trabalho colaborativo usando BIM, mas não necessariamente compartilhando um único modelo entre as diversas disciplinas. Já o nível 3 representaria a colaboração total e integrada entre todas as disciplinas por meio do uso de um único modelo compartilhado em nuvem, onde toda a equipe consegue acessar e modificar o mesmo modelo, o que diminui consideravelmente os riscos de incompatibilidades e informações conflitantes.

Figura 14 - Níveis de maturidade BIM subdivididas em estágios



Fonte: Succar (2009), adaptado pelo autor.

Succar (2009) ao abordar os estágios de maturidade BIM traçou uma visão linear conforme Figura 14. Os níveis de maturidade são uma série de mudanças que as partes interessadas necessitam para implantar de forma gradual e consecutiva. O termo Pré-BIM é uma representação da indústria antes do BIM, Estágio 1 é a modelagem com foco nos objetos, Estágio 2: colaboração baseada nos modelos BIM, o Estágio 3 a colaboração baseada em rede e por fim o IPD que seria uma entrega de projeto totalmente integrada ou um objetivo a ser alcançado com a implantação da metodologia BIM.

3.6.9 Usos do BIM

Existem diversas possibilidades para aplicar o BIM no ciclo de vida de um projeto. Ao adotar o BIM como método de trabalho é importante que os escritórios de projetos definam quais as metas e objetivos que desejam alcançar tanto no aprimoramento dos processos internos quanto na entrega do produto ao contratante (ASBEA, GTBIM, 2013).

Em 2009, através de um estudo realizado pela Pennsylvania State University identificou 25 diferentes aplicações de uso para o BIM. A Figura 15 mostra que essas aplicações foram mapeadas de acordo com as quatro etapas de um empreendimento: planejamento, projeto, construção e operação e classificando-as como usos principais e secundários BIM (CBIC, 2016).

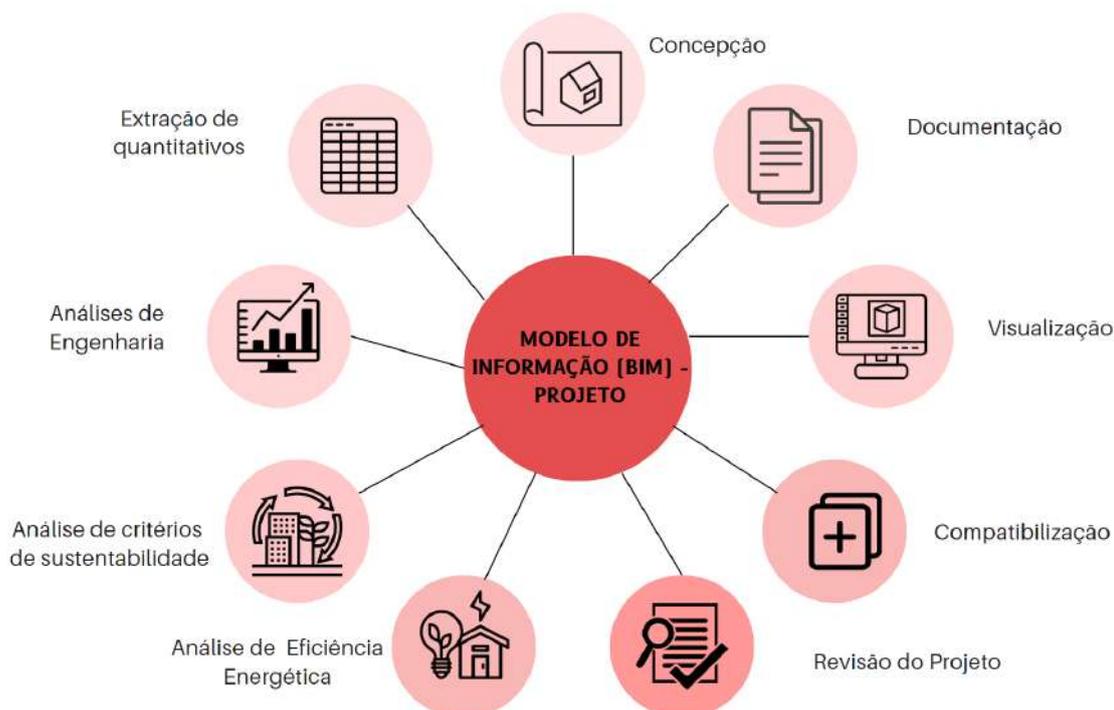
Figura 15 - Os 25 casos de uso BIM no ciclo de vida



Fonte: CBIC (2016) adaptado pelo autor.

O Guia de Boas Práticas em BIM da Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura - AsBEA de 2013, agrupou os usos do BIM de acordo com as etapas do ciclo de vida de um empreendimento, é necessário definir os objetivos do seu projeto e quais os processos realmente serão necessários utilizar. Na fase do projeto conforme Figura 16, que é objetivo deste estudo, temos os principais usos BIM que podem ser trabalhados (ASBEA, GTBIM, 2013).

Figura 16 - Usos do BIM para projeto



Fonte: ASBEA, GTBIM (2013) adaptado pelo autor.

3.7 Legislações

Muitos governos ao redor do mundo têm regulamentado, legislado e criado normas sobre o uso e disseminação do BIM, como parte de uma estratégia para digitalização da construção, adotando diversas medidas e programas onde prazos são estipulados para implementar o BIM.

3.7.1 Legislações globais

A Escandinávia foi o primeiro país do mundo a criar uma legislação de BIM em 2007. Na Austrália, apesar de não haver *BIM Mandates*, diversas medidas estão sendo adotadas para implementar o BIM em todo o país. Em Sidney, por exemplo, o governo tornou obrigatório o uso do BIM para o Metrô Northwest.

A União Europeia começou a incentivar a adoção e uso do BIM após o anúncio de que os governos da França e da Alemanha estavam apoiando o BIM nas compras públicas. Na Alemanha, por exemplo, em 2020 se tornou obrigatório o uso do BIM. Na Itália o “Decreto BIM” previu a adoção obrigatória do BIM a partir de 2019.

Nos Estados Unidos o BIM é muito utilizado, embora nem todos os estados tenham legislado a respeito. O Estado de Wisconsin, em 2010, foi o primeiro a exigir o uso do BIM em projetos acima de US\$5 milhões.

O Reino Unido é referência em termos de padronização BIM, o governo adotou um programa de quatro anos para adotar o BIM, e atualmente exige o uso colaborativo do BIM em seus projetos com o objetivo de alcançar o Nível 3 da Figura 13 (Ingram, 2020).

No Brasil em 5 de junho de 2017 foi instituído o Comitê Estratégico de Implementação do *Building Information Modelling* através do Decreto nº 14.473, com natureza temporária o objetivo era propor no âmbito federal a estratégia nacional de disseminação do BIM, uma das funções principais desse comitê era a responsabilidade de traçar as diretrizes e ações necessárias para a adoção e uso do BIM em todo o país (Brasil, 2017).

Em 17 de maio de 2018 através do Decreto nº 9.377 foi revogado o anterior que instituiu a estratégia de disseminação do BIM. Em 22 de agosto de 2019 foi publicado um novo decreto que dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM e também o comitê gestor da estratégia BIM. O objetivo desse decreto é de promover a adoção e uso do BIM e seus benefícios, coordenar a estruturação do setor público para implementação do BIM, criar condições para investimento público/privado em BIM, estimular a capacitação dos profissionais, desenvolver normas técnicas e guias para adoção do BIM, dentre outros benefícios e incentivos.

No ano de 2020 foi publicado o Decreto nº 10.306 de 02 de abril de 2020 que estabelece a utilização do BIM na execução direta e indireta de obras e serviços de engenharia realizadas pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling - Estratégia BIM BR. Estabeleceu ações de disseminação do BIM aos ministérios da Defesa e Infraestrutura, mas ressaltou que outros órgãos e entidades da administração pública podem adotar o uso do BIM, independente da finalidade e da fase.

A implementação do BIM será feita em três fases, a primeira fase já em vigor determina o uso do BIM no desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia consideradas de grande relevância, devem ser elaborado modelos para algumas disciplinas, sendo necessário a detecção de interferências físicas e funcionais para garantir a compatibilização dos modelos, extração de quantitativos e documentação gráfica baseada nos modelos desenvolvidos.

Na segunda fase, que entrará em vigor a partir de 1º de janeiro de 2024 além das especificações previstas na primeira fase, o BIM deverá ser adotado nas etapas de orçamento, planejamento, controle e execução de obras. Também deverá ser necessário atualizar o modelo com as informações do LOD 500 construção real (as-built) para as obras em que os projetos foram desenvolvidos no modelo BIM.

A partir de 1º de janeiro de 2028 entrará em vigor a terceira fase da implementação BIM, além dos usos estabelecidos nas duas primeiras fases, deverá ser usado para o gerenciamento e manutenção do empreendimento, após a etapa da construção, cujos projetos tenham sido desenvolvidos utilizando BIM (Brasil, 2021).

O Ministério da Infraestrutura para atender as disposições do Decreto 10.306 publicou a Portaria 1.014 de 06 de maio de 2020 em que constituiu o comitê BIM para o setor da infraestrutura com a função de propor atividades para promover a adoção e implantação BIM, acompanhar iniciativa, desenvolver documentos e normas para adoção do BIM, capacitação dos servidores do Ministério da Infraestrutura e a criação de uma plataforma BIM. Dentre as áreas relacionadas, o Comitê BIM conta com representantes da Secretaria Nacional de Transportes Terrestres - SNTT, Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes - DNIT e Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT.

A obrigatoriedade da adesão ao BIM em setores do Governo Federal tem gerado um movimento de adoção da metodologia em todo o país, influenciando municípios e estados, em Minas Gerais por exemplo foi publicado o Decreto 48.146 de 02 de março de 2021 que dispõe sobre a estratégia de disseminação de BIM e institui seu Comitê Gestor no âmbito do Estado. Dentre as diretrizes da implementação da adoção do BIM estão a promoção da celeridade e efetividade nos processos em todo o ciclo de vida de um empreendimento, eficiência na padronização, unificação dos orçamentos e planejamento de custos, redução do número de aditivos, aumento da exigência nos processos licitatórios, entre outros.

O decreto prevê a implantação da metodologia BIM de maneira gradual e planejada sendo feita em três fases: a primeira começou em 2021, a segunda em 2024 e a terceira em 2028. O Comitê BIM MG conta com diversos representantes, dentre eles o da Secretaria de Estado de Infraestrutura e Mobilidade (SEINFRA) e do Departamento de Edificações e Estradas de Rodagem do Estado de Minas Gerais (DER-MG) (Minas Gerais 2021).

4 METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentado o método de pesquisa adotado para esse trabalho, considerado como eficiente para se realizar os objetivos propostos e os fundamentos teóricos para justificar essa escolha. Uma pesquisa científica deve ser sólida, com potenciais relevantes e deve ser desenvolvida com critérios, argumentação e averiguação da sua contribuição.

4.1 Design Science Research

O método de pesquisa em que esse trabalho se fundamentou é o *Design Science Research* (DSR) em função da sua contribuição teórico-prática. Esse método consiste em desenvolver inovações com o objetivo de solucionar problemas reais e gerar uma contribuição científica prescritiva. A abordagem é amplamente utilizada de forma a associar a prática e a teoria (Dresch, Lacerda e Antunes, 2015).

Para entender o método proposto na pesquisa é necessário contextualizar a *Design Science*, Simon (1996), distingue ciência natural e ciência artificial, sendo a primeira com o objetivo de pesquisar e ensinar como os fenômenos naturais e sociais são e funcionam e o conjunto de conhecimento sobre classe de objetos e fenômenos, suas interações, comportamentos e singularidades, e a ciência do artificial definido como a elaboração de artefatos para alcançar determinados objetivos, objeto de estudo de diversas escolas de engenharia.

Van Aken (2004) apud Lacerda *et al.*, (2013, p. 743) define que o objetivo principal da *Design Science* é o desenvolvimento de conhecimento para concepção e elaboração de artefatos. Com o objetivo de encontrar melhores soluções para as dificuldades encontradas na relação prático-teórico, é necessário um novo olhar para as pesquisas direcionadas à elaboração de artefatos, por isso os estudos relacionados às organizações devem introduzir a Design Science Research para realização de pesquisas científicas (Romme, 2003).

A *Design Science* é responsável por elaborar e validar sistemas inexistentes, em que seja possível alterar, recombinar e criar produtos, processos, softwares e métodos para soluções de problemas e dificuldades encontradas (Romme, 2003).

A *Design Science Research* tem como objetivo de pesquisa “desenvolver soluções cientificamente fundamentadas que sejam capazes de resolver problemas do mundo real. Dessa forma, estabelece um vínculo adequado entre teoria e prática, fortalecendo a

relevância da pesquisa acadêmica” (Rocha *et al.*, 2012, p.1). Este método é um instrumento importante para a condução da pesquisa, cujo objetivo é **a criação e avaliação de um artefato** a partir da consciência de um determinado problema e contribuir para a elaboração de teorias (Dresch, Lacerda e Antunes, 2015). Com este método é possível solucionar dificuldades enfrentadas e contribuir teoricamente na área em que o problema está sendo estudado (Lukka, 2003).

A abordagem de Simon (1996) apud Lacerda *et al.*, (2013, p. 748) define artefatos como: “objetos artificiais que podem ser caracterizados em termos de objetivos, funções e adaptações. São normalmente discutidos, particularmente durante a concepção, tanto em termos imperativos como descritivos” E são classificados em cinco tipos os *constructos*, modelos, métodos, instanciações e *design propositions* de acordo com a Quadro 1 (March e Smith, 1995; Van Aken, 2011; Souza, 2020).

Quadro 1 - Tipos de artefatos

ARTEFATO	DESCRIÇÃO
<i>Constructos</i>	Vocabulário de um domínio – conceitos usados para descrever problemas e especificar as respectivas soluções.
Modelos	Representação da realidade de uma situação – Conjunto de proposições que relaciona constructos.
Métodos	Passo a passo necessário para executar uma atividade.
Instanciações	Artefatos que operacionalizam outros artefatos (Constructos, Modelos e Métodos) em um ambiente real.
<i>Design propositions</i>	Contribuições teóricas.

Fonte: (March e Smith, 1995; Van Aken, 2011; Souza, 2020).

As organizações tendem a ter problemas específicos, o que poderia inviabilizar conhecimentos passíveis de generalização Lacerda *et al.*, (2013). Por isso é importante que as soluções desenvolvidas pela Design Science Research sejam genéricas e prescritas para uma classe de problemas Van Aken (2004, *apud* Lacerda *et al.*, 2013). As classes de problemas podem ser definidas como “a organização de um conjunto de problemas práticos ou teóricos que contenha artefatos úteis para a ação nas organizações” (Souza, 2019 apud Dresch, Lacerda e Antunes, 2015, p. 104).

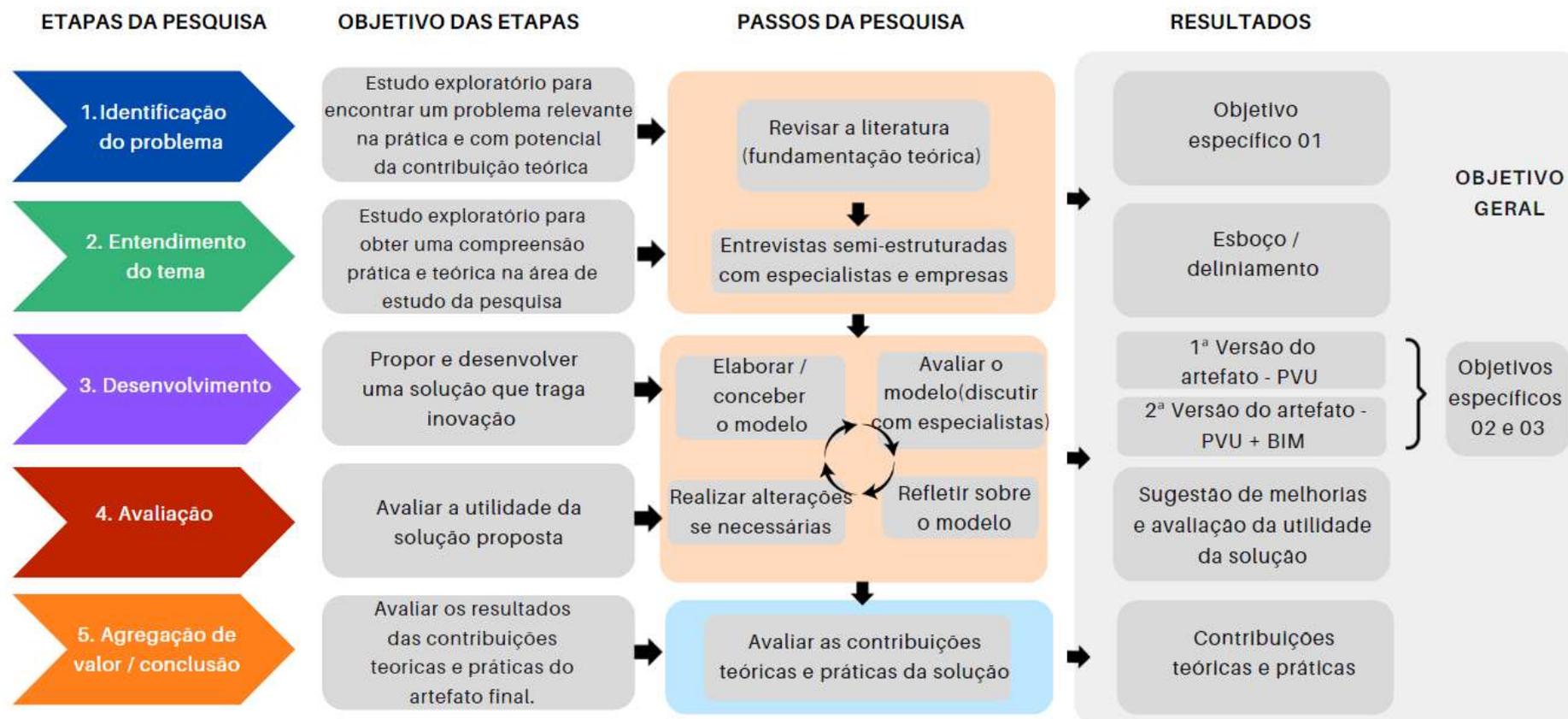
A escolha do método de pesquisa Design Science Research se justifica pela característica de identificar, compreender e solucionar problemas reais e específicos e que tenham relevância. Na presente pesquisa foi a criação de “um fluxo de processos para desenvolvimento de Projetos Viários Urbanos utilizando metodologia BIM” para a busca das melhores soluções do problema foram desenvolvidos dois artefatos, o primeiro que identificou as sequências de processos no desenvolvimento do projeto viário urbano e os

conjuntos de diretrizes e informações necessárias para introdução da metodologia BIM. O segundo artefato contemplou o método proposto que auxiliou a adoção do BIM no processo de elaboração dos PVU.

4.2 Etapas da pesquisa pelo método proposto

O presente trabalho aborda o método da Design Science Research, diversos autores padronizaram etapas distintas da DSR para condução de suas pesquisas, a pesquisa proposta buscou além do conhecimento acerca do tema a proposição para os problemas levantados. A partir de pesquisas da literatura, foi delineado o procedimento metodológico que norteou o desenvolvimento da pesquisa para a condução da DSR dividida em cinco fases: identificação do problema, entendimento do tema, desenvolvimento, avaliação e agregação de valor/conclusão, conforme fluxograma demonstrado na Figura 17. As especificações das etapas adotadas visaram atender os objetivos específicos para soluções dos problemas identificados, alcançando assim o objetivo geral do trabalho.

Figura 17 - Processo de pesquisa utilizando DSR



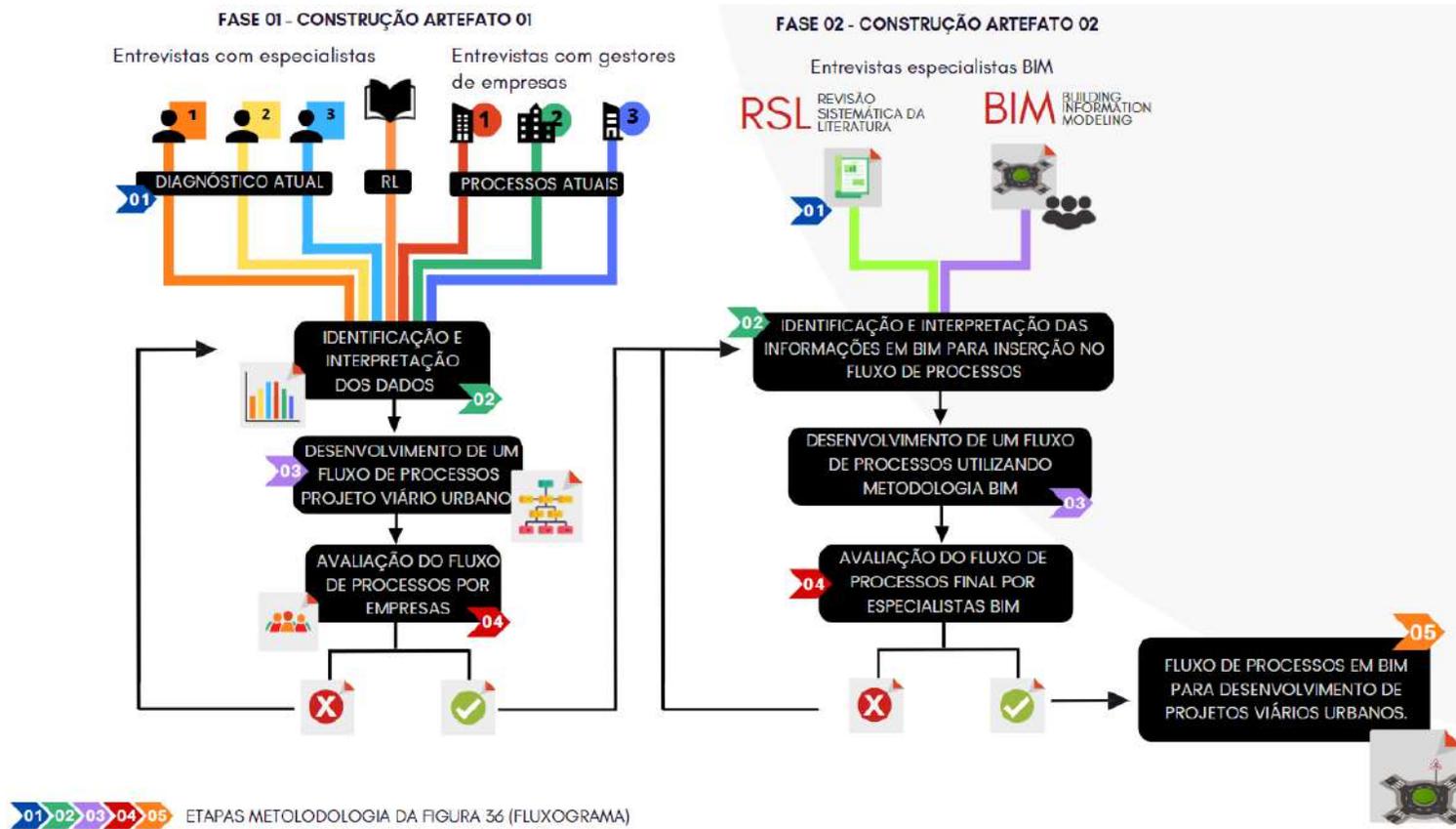
Fonte: Elaborado pelo autor com base em Rocha (2011), Caixeta (2015) e Vaishnavi, Kuechler e Petter (2019).

Na fase de validação dos fluxos, empregou-se a técnica de avaliação com especialistas que possuíam conhecimento nas áreas relacionadas aos artefatos elaborados, utilizando a escala Likert. Esta é uma ferramenta de autoavaliação na qual o especialista analisa de maneira independente um questionário. Em cada uma das questões, o especialista expressa seu nível de concordância ou discordância em relação aos artefatos apresentados, utilizando uma escala com cinco graduações onde zero por exemplo indicaria nenhuma aplicabilidade até 4 onde seria uma alta aplicabilidade, após a avaliação é necessário realizar a média dos valores para verificar a avaliação global do artefato. (Aguiar, Correia e Campos, 2011).

4.2.1 Framework da pesquisa científica

A Figura 18 apresenta o framework do trabalho proposto. A pesquisa foi realizada em duas fases, subdivididas em cinco etapas conforme apresentados no fluxograma da figura 17. A primeira fase compreendeu a elaboração de um fluxo de processos para desenvolvimento de projetos viários urbanos. Após a aprovação do primeiro fluxo por profissionais de empresas especializadas no desenvolvimento de PVU, deu-se início à segunda fase. Nesta fase, foi introduzida a metodologia BIM, no processo de elaboração do projeto para a validação final do artefato bem como para a agregação de valor e conclusão do trabalho.

Figura 18 - Framework da pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

4.2.2 Etapa 01 - Identificação do problema (Fase 01)

A etapa de identificação do problema buscou identificar um problema real e relevante, obtendo a compreensão e conscientização do mesmo com fundamentação teórica e a capacidade de contribuição científica, que foi objeto de análise e objetivou-se solucionar.

No contexto atual, o tema desta dissertação surgiu a partir de observações práticas da relacionadas à necessidade de um fluxo de processos no desenvolvimento dos projetos viários urbanos, leitura aprofundada no tema, necessidade de implantação e utilização da metodologia BIM, visto os decretos federais nº 9.983/2019 e 10.306/2022, para melhoria da interoperabilidade e comunicação entre as partes envolvidas no projeto e diminuição de perdas de informações ao longo do seu desenvolvimento.

Outro aspecto considerado na etapa do entendimento do problema foi um estudo diagnóstico do desenvolvimento dos PVU, para isso, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com especialistas da área para diagnóstico do desenvolvimento dos projetos viários urbanos.

As entrevistas com os especialistas tiveram três objetivos. O primeiro consistia em mapear as características profissionais, como formação acadêmica, tempo de experiência profissional, área de atuação e nível de escolaridade. O segundo objetivo da entrevista foi realizar o mapeamento das práticas atuais de elaboração dos projetos, incluindo metodologias utilizadas, normas e manuais empregados, facilidades, dificuldades, falhas, retrabalhos, inovações, existência de algum fluxo de processo atual, disciplinas e etapas do projeto em que os profissionais atuam e tipos de softwares utilizados.

O terceiro e último objetivo desta entrevista era averiguar o conhecimento dos especialistas em relação à metodologia BIM, seus decretos, normas e guias, e se tinham a intenção de buscar conhecimento na área, entre outros aspectos considerados relevantes.

O mesmo processo de entrevista semiestruturada, conforme delineado no framework, foi aplicado em empresas privadas, direcionadas aos gestores responsáveis por gerenciar as equipes que elaboram projetos viários urbanos. As entrevistas nessas corporações tinham dois objetivos principais. O primeiro foi entender a estrutura organizacional da empresa, incluindo tempo de atuação no mercado, como se organiza hierarquicamente, tipos de serviços/projetos desenvolvidos, formação acadêmica dos profissionais que elaboram PVU.

A segunda etapa da entrevista visou identificar os agentes envolvidos na elaboração dos projetos, os fluxos de atividades e processos atuais, atribuições e competências do corpo

técnico das empresas, levantamento de documentações, especificações técnicas, manuais de referências, normas aplicadas e softwares que as empresas utilizam além de facilidades, dificuldades e inovações na área do estudo.

Nessa fase inicial para uma entrevista bem sucedida, foi realizado um estudo aprofundado na literatura, manuais e guias técnicos de elaboração de projetos viários urbanos.

Foram consultados diversos recursos, como documentos sobre Polos Geradores de Tráfego, manuais de desenho urbano, estudos de tráfego, diretrizes municipais, além de guias específicos sobre sinalização, planejamento cicloviário e do transporte coletivo.

Para isso, foram utilizados os seguintes materiais como fontes de pesquisa: Polos Geradores de Tráfego - Boletim Técnico nº 32, Roteiro para Elaboração de Relatório de Impacto na Infraestrutura Urbana de Circulação (RIC) - BHTRANS, Manual de Desenhos Urbanos e Obras Viárias - SP, Manual de Estudos de Tráfego - Publicação IPR – 723, Manual de Elaboração de Projetos Viários de Belo Horizonte, Manual de Medidas Moderadoras do Tráfego - Traffic Calming, Modelos de Geração de Viagens para Belo Horizonte (2016) - Prefeitura de Belo Horizonte, Manual de Procedimentos para Elaboração de Estudos e Projetos de Engenharia Rodoviária Vol II – DER, Manual de Sinalização Urbana - Semafórica (Critérios de Projeto - Revisão 02 - CET), Especificações Técnicas de Sinalização Semafórica - Belo Horizonte, Sistema de Prioridade ao Ônibus - WRI Brasil, Manual de Planejamento Cicloviário - Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes (GEIPOT), O Desenho de Cidades Seguras – EMBARQ, NBR 9050: Acessibilidade a Edificações, Mobiliário, Espaços e Equipamentos Urbanos, Department for Transport - Traffic Calming Department for Regional Development - Northern Ireland, Design and Safety of Pedestrian Facilities - A Recommended Practice of the Institute of Transportation Engineers Chair, Street Design Manual - New York City - Department of Transportation, Complete Street - Design Guidelines, Princípios da Calçada - Construindo Cidades Mais Ativas, Manual de Práticas de Estacionamento em Belo Horizonte, Manual de Sinalização Rodoviária - Departamento de Estradas de Rodagem do Estado de São Paulo, Manuais de Sinalização do CONTRAN vol. I até o vol. IX, Manual de Sinalização Turística - Relatório Final - Volume 3 de 3 - Região Metropolitana da Baixada Santista, Active Design Guidelines - Promoting Physical Activity and Health in Design, Guia de Planejamento Cicloinclusivo, London Cycling Design Standards - Transport for London e Planilhas de Composição de Preços Unitários de Serviços de Construção.

A partir dos estudos na literatura pode-se perceber uma lacuna de pesquisa na área de desenvolvimento dos PVU e se associado a metodologia BIM em PVU vemos uma lacuna ainda maior conforme a revisão sistemática na literatura realizada no capítulo 4 desta pesquisa.

4.2.3 Etapa 02 - Entendimento do problema (Fase 01)

A segunda etapa teve como objetivo obter uma compreensão teórica e prática de forma a compreender o problema apresentado na etapa de identificação, tendo como objetivo identificar e interpretar os dados levantados para desenvolver o fluxo de processos para elaboração do PVU.

Para um melhor entendimento do problema apresentado foi desenvolvido uma busca na literatura para identificação do estado da arte, foi elaborado um estudo exploratório, com a intenção de aprofundar o conhecimento, através de normas técnicas, manuais, cadernos de encargos, documentos, leis e decretos para análise de todas as informações e dados coletados nas entrevistas para a construção dos artefatos.

O DSR demanda criatividade, para atender esse requisito foi escolhido o método abdução. Ao contrário de outros métodos como o indutivo e dedutivo, o método abdução consiste na elaboração de possíveis soluções para o problema estudado, com o objetivo de encontrar uma solução que seja mais satisfatória. Esse método integra a prática e a teoria, utilizando conhecimentos prévios e acima de tudo a criatividade, é um método que permite a introdução de novas ideias (Dresch, Lacerda e Antunes, 2015; Vaishnavi, Kuechler e Petter, 2019; Pimentel, Filippo e Dos Santos, M 2020).

Essa pesquisa é de natureza exploratória e qualitativa, buscando compreender o contexto do desenvolvimento dos artefatos e suas prescrições. Nessa pesquisa foram considerados como contexto empresas privadas nos setores da mobilidade e infraestrutura responsáveis por elaborarem projetos viários urbanos, a pesquisa foi delimitada apenas nas fases de elaboração de projetos, quantitativos e orçamentação, buscou-se assim, aprofundar o conhecimento e análise dos processos de desenvolvimento dos mesmos.

Após a análise de todas as informações, dados e documentos coletados foi possível uma melhor investigação da situação no contexto atual, com ela foi possível avaliar e comparar os resultados alcançados com os estudos na literatura, sendo de fundamental importância para a proposição dos artefatos.

4.2.4 Etapa 03 - Desenvolvimento (Fase 01)

A próxima etapa envolveu o desenvolvimento do primeiro artefato. Com os conhecimentos obtidos durante a etapa de entendimento do problema, foi elaborada a proposição de uma solução, caracterizada pela construção de um fluxo de processos no desenvolvimento de projetos viários urbanos em suas diferentes disciplinas como: projetos geométricos, acessibilidade, sinalização e projetos complementares considerando as práticas atuais para a elaboração dos projetos e seus desafios, visando atender ao objetivo específico 01 dessa pesquisa.

Nesta fase foi desenvolvida a tabulação e análise dos dados levantados no estudo empírico com a realização das entrevistas com os especialistas e empresas que desenvolvem PVU, foi possível realizar um estudo diagnóstico através de quatro pilares que foram fontes de evidências conforme indicado no Quadro 2, são elas documentações levantadas, Literaturas, entrevistas e observações do pesquisador.

Quadro 2 - Fontes de evidência - PVU

Tipos de Evidência	Diagnósticos	Principais Fontes
Documentação	Funcionamento do atual fluxo de processos, mapa de processos, dados de produção de projetos, relação dos profissionais que elaboram PVU, manuais técnicos, guias, leis e decretos,	Documentos elaborados pelas empresas entrevistadas, manuais de elaboração de projetos viários com foco no urbano, leis que padronizam e estabelecem critérios para o desenvolvimento dos projetos.
Literatura	Artigos, dissertações, livros, monografias, teses na área de estudo.	Google acadêmico e Portal Capes
Entrevistas	Entrevista com uma amostra de profissionais e empresas que elaboram PVU	Empresas que desenvolvem Projeto Viário Urbano, Profissionais com mais de cinco anos de experiência como: arquitetos, engenheiros civis e de transporte e trânsito, técnicos e com pós graduação na área de mobilidade e transportes.

Observações	Visita nas empresas participantes da pesquisa.	Com a entrevista semiestruturada algumas observações foram levantadas no dia da entrevista.
-------------	--	---

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

4.2.5 Etapa 04 - Avaliação da solução (Fase 01)

Nessa etapa, procedeu-se à avaliação do artefato proposto através da técnica de avaliação da escala Likert. O fluxo de elaboração de projetos viários urbanos foi submetido a uma avaliação de sua utilidade prática pelos profissionais selecionados pelas empresas participantes. Esses profissionais foram encarregados de avaliar o fluxo e, ao final, fornecer suas considerações sobre o artefato.

A avaliação do modelo ocorreu por meio de entrevistas avaliativas, realizadas presencialmente e também por vídeo chamada via Google Meet. As reuniões foram gravadas via aplicativo, com a autorização dos profissionais e alguns trechos foram transcritos conforme a capítulo 5 desta pesquisa. A reunião seguiu um roteiro pré-estabelecido, iniciando-se com a apresentação do artefato proposto, a avaliação por meio da técnica da escala likert e um debate da proposta apresentada fundamentada nos critérios estabelecidos.

Com as críticas e sugestões dos especialistas nas suas avaliações foi realizada uma reflexão sobre o artefato e suas instanciações, fornecendo embasamento para a segunda fase da pesquisa.

4.3 Segunda fase da pesquisa

Na segunda fase da pesquisa, de posse do primeiro artefato construído e validado foi aplicada a metodologia BIM. O desenvolvimento dessa fase da pesquisa seguiu a mesma estrutura da primeira, sendo dividido em cinco fases: Identificação do problema, entendimento do tema, desenvolvimento, avaliação e agregação de valor/conclusão.

Um dos fatores preponderantes para a construção desse artefato foram os decretos em níveis federais e estaduais para o uso e implementação do BIM para todo e qualquer projeto de engenharia. A aplicação dessa metodologia na fase de projeto visa aprimorar detalhes,

informações e interoperabilidade nas fases iniciais da elaboração de projetos. A seguir são apresentadas essas etapas e atividades da segunda fase do projeto de pesquisa.

4.3.1 Etapa 01 - Identificação do problema (Fase 02)

Na primeira etapa da segunda fase foram realizados estudos aprofundados sobre a aplicação da metodologia BIM na fase de desenvolvimento de projetos com o intuito de aprofundar o entendimento no tema proposto.

No contexto atual, dada a necessidade de um fluxo de processos para o desenvolvimento de projetos viários urbanos, considerando os decretos federais e estaduais como os nº 9.983/2019 e 10.306/2022 que preveem a obrigatoriedade do uso de BIM em nos projetos de engenharia, é necessário estabelecer diretrizes para implantação dessa metodologia para introdução do BIM nos PVU.

Com base na fundamentação teórica, foi diagnosticado como um problema atual e relevante que a pesquisa objetiva-se solucionar “um fluxo de processos no desenvolvimento dos projetos viários urbanos utilizando a metodologia BIM”.

4.3.2 Revisão Sistemática da Literatura

A revisão sistemática da literatura sobre BIM na etapa de projetos viários urbanos tendo como base artigos científicos e anais de eventos publicados em inglês, delimitando o período de publicação nos últimos 10 anos e no ano corrente.

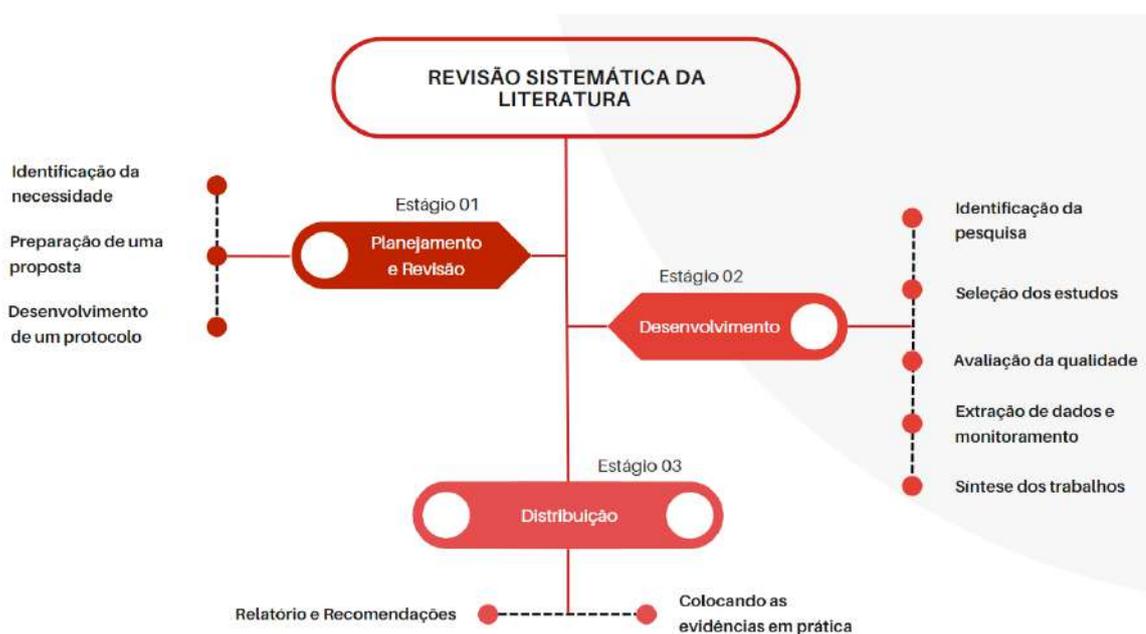
4.3.2.1 Procedimento metodológico da RSL

A revisão sistemática da literatura (RSL) é considerada um método abrangente e replicável para identificar, analisar e compilar as pesquisas existentes, realizando uma síntese dos trabalhos completos e registrados produzidos por pesquisadores e profissionais, a fim de consolidar o conhecimento existente na área de estudo (Okoli *et al.*, 2019). A RSL é considerada um meio de mapear pesquisas acadêmicas, que permite aos pesquisadores criar uma síntese do conhecimento disponível acerca do tema estudado (De Almeida Biolchini *et al.*, 2007).

4.3.2.2 Etapas para realização da RSL

A pesquisa foi realizada adotando a abordagem proposta por Tranfield, Denyer e Smart (2003), os autores realizaram estudo comparativo entre revisões de algumas áreas e apresentaram uma abordagem para a elaboração desse tipo de estudo, delineando em 3 estágios e 9 etapas no total, para realização de uma RSL. Os autores sugerem um método que envolve o desenvolvimento das etapas a seguir:

Figura 19 - Estágios e fases da revisão sistemática da literatura



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

- Estágio 01- Planejamento e revisão;
- Etapa 01- Identificação da necessidade de se realizar uma revisão sistemática da literatura;
- Etapa 02- Preparação de proposta de revisão, onde são definidos seus objetivos e as fontes de busca dos trabalhos;
- Etapa 03- Desenvolvimento de protocolo, onde são escolhidos os critérios e protocolos que devem ser observados no momento de realizar as buscas pelos trabalhos.
- Estágio 02 - Desenvolvimento
- Etapa 04 - Identificação da pesquisa, onde são realizadas a busca pelos trabalhos, usando palavras-chaves determinadas e *strings* de pesquisa nas bases de dados selecionados;

- Etapa 05- Seleção dos estudos, etapa onde são estabelecidos critérios de inclusão e exclusão de trabalhos;
- Etapa 06- Avaliação da relevância das pesquisas;
- Etapa 07- Extração dos dados e monitoramento, etapa onde informações são extraídas durante a tomada de decisão no processo e fornece a base para inclusão no trabalho.
- Estágio 03 - Distribuição
- Etapa 08- Relatórios e disseminação, estrutura de relatório onde são disponibilizados para divulgação dos resultados encontrados;
- Etapa 09 - Evidências na prática, processo colaborativo e orientado para a aplicação prática do tema do trabalho.

4.3.2.3 Etapa 1: Identificação da necessidade de uma RSL

Foi observada a necessidade de investigar artigos publicados em revistas científicas e anais de eventos relacionados a elaboração de projetos viários urbanos utilizando BIM. A pergunta que essa pesquisa objetiva responder é: Como remodelar o fluxo de processos tradicionais de atividades no desenvolvimento de projetos viários urbanos utilizando a metodologia *Building Information Modeling*?

Para isso foi realizada análise preliminar nas bases disponíveis no portal de periódicos da CAPES utilizando a base de dados da Scopus em um primeiro momento. Foi aplicado filtro para encontrar pesquisas realizadas nos últimos dez anos e no ano recorrente e que foram escritas no idioma inglês. Ao utilizar os termos: "*urban street design*", "*road design*", "*urban street*" e "*municipal design*" and "*BIM*" foram encontrados 29 trabalhos. Decidimos incluir alguns termos relacionados ao BIM e também "*highway*" e "*highway design*" nos termos.

4.3.2.4 Etapa 2: Preparação de uma proposta de revisão

A revisão tem como objetivo entender como são realizadas a elaboração de projetos viários urbanos, utilizando BIM, quais os fluxos de trabalhos são aplicados, como esses projetos são validados para fundamentar o fluxo que será criado para validação por profissionais da área. Para obter uma visão atualizada do estado da arte, os estudos analisados devem ser relevantes e recentes. Foi determinado que o processo de busca se daria nas bases

de dados disponíveis no portal de periódicos da CAPES. Em seguida, os dados coletados seriam extraídos utilizando as funcionalidades do pacote *Bibliometrix*.

O *Bibliometrix* é um pacote de software para pesquisa em bibliometria, ele é desenvolvido na linguagem de programação R, fornecendo um conjunto de ferramentas para analisar e quantificar aspectos da produção científica. Com o *Bibliometrix* é possível extrair informações relevantes a partir do banco de dados que contém os dados bibliométricos, filtrar o conjunto de documentos e exportar os dados, além de realizar análises exploratórias além de criar visualizações gráficas (Aria e Cuccurullo, 2017).

4.3.2.5 Etapa 3: Desenvolvimento de um protocolo para realizar a revisão

Nessa etapa foram determinados os procedimentos para as próximas etapas, assim como os critérios que deveriam ser obedecidos. O protocolo é um plano que auxilia na proteção da objetividade, e fornece descrições claras das próximas etapas que deverão ser seguidas. O desenvolvimento de um protocolo engloba informações abordadas no trabalho, a amostra que é o foco da pesquisa, estratégias para identificar quais trabalhos são relevantes, além de critérios como inclusão e exclusão na RSL.

Com o objetivo de realizar a análise investigativa e cumprir os propósitos da revisão sistemática da literatura foram escolhidos artigos publicados em revistas acadêmicas e anais de eventos e conferências indexadas acessado pelo portal de periódicos da CAPES utilizando a base no banco de dados das bases da *Scopus* e *Web Of Science* por serem referências na área da engenharia.

No estágio 02 do processo da revisão sistemática da literatura, acontece a condução efetiva da revisão, nessa fase estão contidas a identificação da pesquisa, a seleção dos estudos e a avaliação da sua qualidade, além da extração das informações e a síntese das informações.

4.3.2.6 Etapa 4: Identificação da pesquisa

Nos bancos de dados da *Web of Science* e da *Scopus* foram aplicados os seguintes critérios de buscas:

Período de publicação: foram os últimos dez anos de janeiro de 2013 a dezembro de 2022 e o ano recorrente, que sucede em poucos meses a data de conclusão da pesquisa;

- O idioma definido foi inglês;
- Os tipos de publicações: foram os artigos em periódicos (jornal article) e artigos em conferências.

Foi filtrado em artigos, títulos, resumo e palavras chaves (keywords), as palavras utilizadas foram: (“*Building Information Modeling*” OR “*Construction Information Modeling*” OR “*Civil Integrated Management*” OR “*Civil Information Modeling*” OR “CIM” OR “BIM” OR “CiM” AND “*urban street design*” OR “*urban mobility project*” OR “*highway design*” OR “*road design*” OR “*urban street*” OR “*highway*” OR “*municipal design*”)

Na base da Scopus foram encontrados 276 artigos com 32 variáveis, exportamos os metadados em formato.bib para melhor análise do *Bibliometrix*. Na base da *Web of Science* foram selecionados 74 artigos com 55 variáveis, foi exportado os dados em formato.bib, foram obtidos 350 artigos das duas bases de pesquisa.

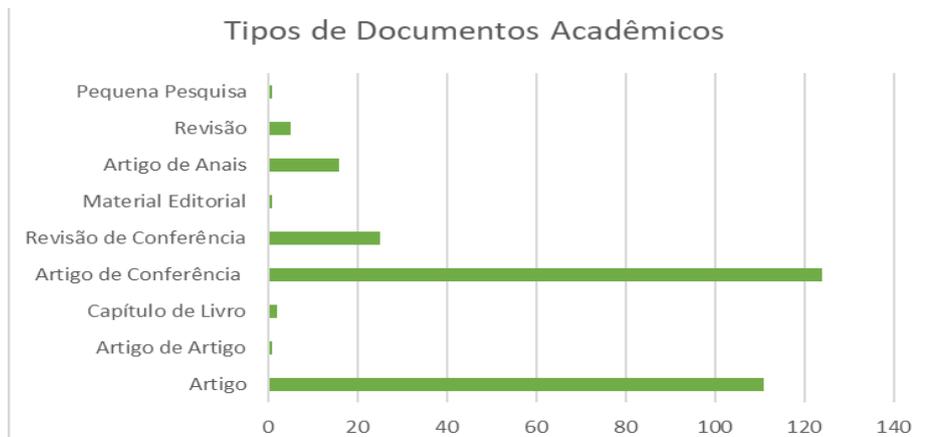
4.3.2.7 Etapa 5: Seleção dos estudos

No primeiro passo para o início da análise dos artigos encontrados foi necessário baixar e instalar o aplicativo Rstudio o pacote R mais recente e instalar o pacote *Bibliometrix* através do comando: `install.packages("bibliometrix")`. Após a instalação do pacote foi necessário converter os arquivos obtidos para a extensão *bib* que é um padrão do *software*, pois é o formato que o pacote trabalha.

Após carregar as variáveis das duas bases, foi necessário unificar as bases excluindo os arquivos duplicados através do comando no código “*mergeDbSources*”. Após rodar esse *script* 64 documentos duplicados foram removidos, unificando os 286 documentos com 29 variáveis comuns, através do comando `write.table`. foi criado um arquivo (.csv) para análise dos documentos selecionados.

Em uma análise geral dos artigos foram identificados 286 documentos e quais eram os seus tipos, sendo 111 os números de artigos, e 124 artigos em congressos e conferências conforme Gráfico 1.

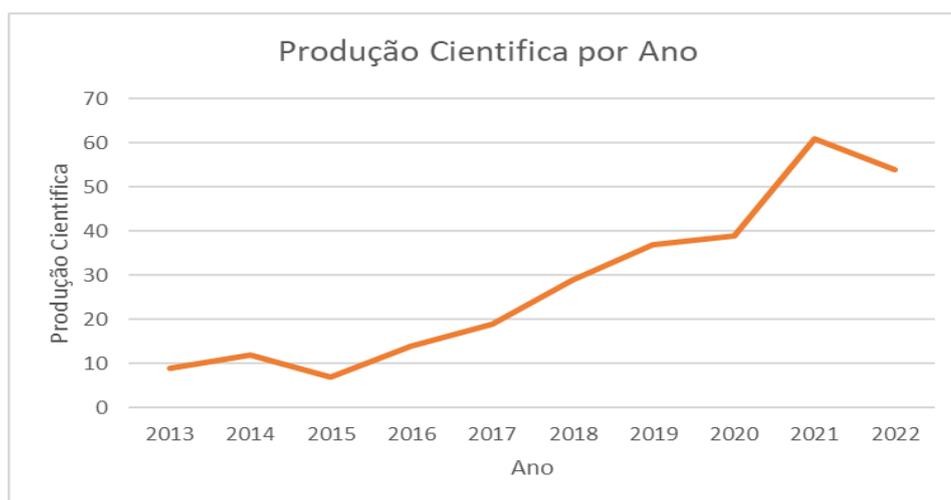
Gráfico 1 - Tipos de documentos acadêmicos encontrados na RSL



Fonte: *Bibliometrix* (2023).

O *Bibliometrix* realizou uma análise dos 286 documentos conforme Gráfico 2, a produção científica por ano e descartou 5 dados que foram artigo de artigo, capítulo de livro, material editorial e pequena pesquisa, pode-se observar um crescimento nos últimos dez anos na produção de pesquisa na área, sendo o ano de 2021 o pico com 61 artigos e uma redução de 11,47% em 2022 em relação ao ano de 2021.

Gráfico 2 - Produção científica por ano

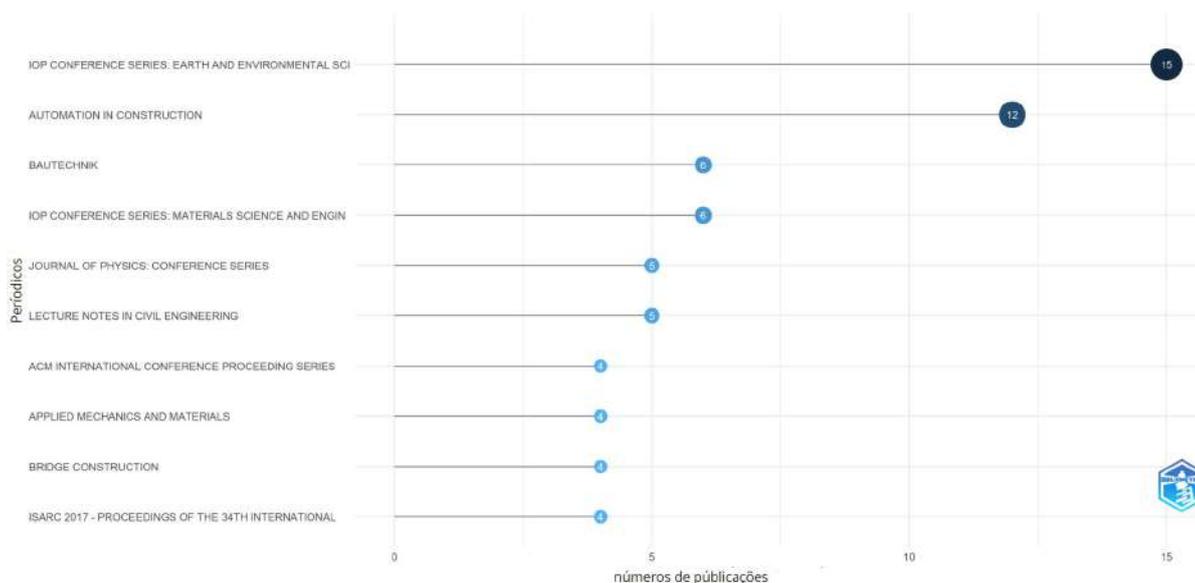


Fonte: *Bibliometrix* (2023).

O Gráfico 3 mostra os principais periódicos que publicaram sobre BIM de acordo com a pesquisa desenvolvida e a quantidade de publicação que cada periódico possui em ordem

decrecente, pelo *Bibliometrix* foi possível extrair a tabela onde apresentamos os 10 principais resultados. Pode-se observar que a *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* foi o periódico com mais quantidade de publicação no total 15, seguido pela *Automation in Construction* com 12 publicações. 125 periódicos publicaram uma única vez.

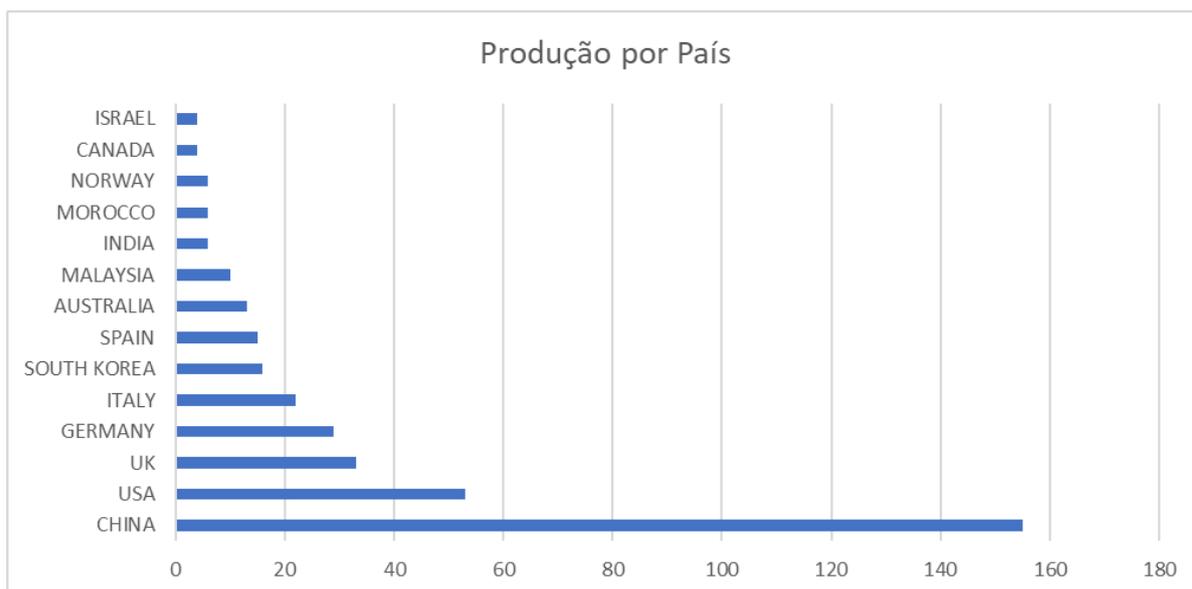
Gráfico 3 - Principais periódicos



Fonte *Bibliometrix* (2023).

O Gráfico 4 ilustra a produção científica dos países onde verifica-se que a China tem demonstrado um grande potencial na área, cerca de 54% das produções foram feitas nesse país, seguido pelos Estados Unidos com 53 publicações, Reino Unido com 33, Itália com 22, Coreia do Sul com 16, e o Brasil aparece na vigésima posição com 2 produções conforme Tabela 1.

Gráfico 4 - Produção por país



Fonte *Bibliometrix* (2023).

Tabela 1 - Produção por país

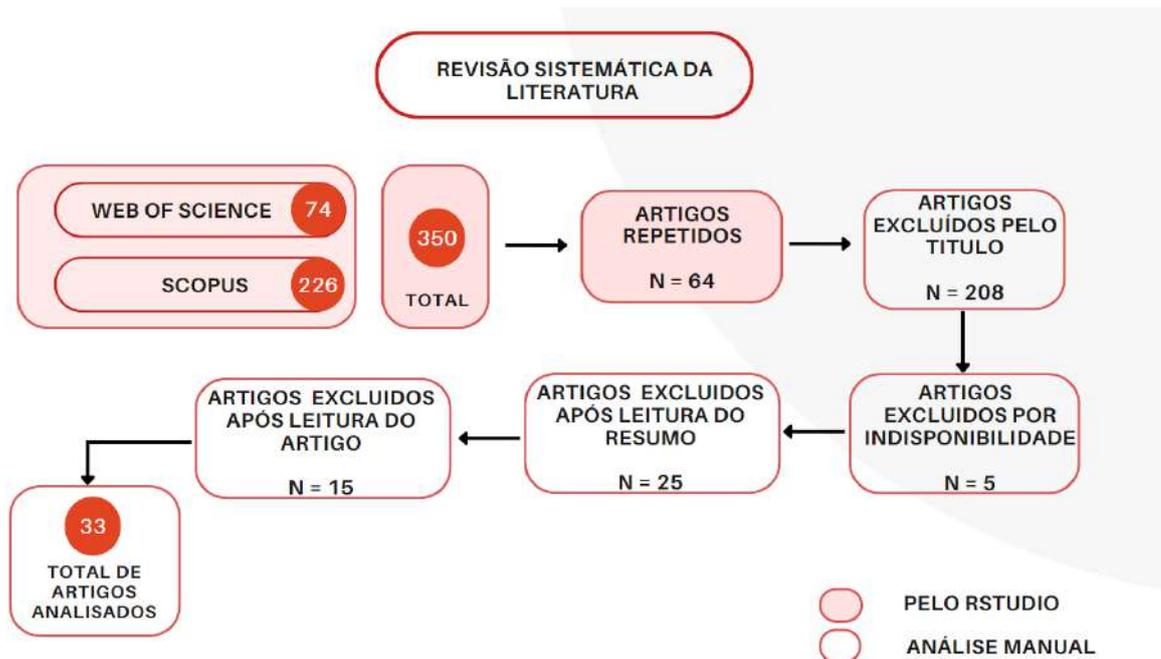
Ordem	País	Publicações
1	CHINA	155
2	USA	53
3	UK	33
4	GERMANY	29
5	ITALY	22
6	SOUTH KOREA	16
7	SPAIN	15
8	AUSTRALIA	13
9	MALAYSIA	10
10	INDIA	6
11	MOROCCO	6
12	NORWAY	6
13	CANADA	4
14	ISRAEL	4
15	PAKISTAN	4
16	POLAND	4
17	FRANCE	3
18	SLOVENIA	3
19	BELGIUM	2
20	BRAZIL	2

Fonte: *Bibliometrix* (2023).

4.3.2.8 Etapa 6: Avaliação da relevância

Após essa primeira análise para a seleção dos artigos usando o RStudio foi exportado o arquivo em (.csv) através do comando `write.table(M, "D:/desktop 2023/dissertacao/artigos.bibtex", sep = ";", row.names = FALSE)`. Nessa fase inicial, as buscas por artigos foram conduzidas, envolvendo a leitura e análise dos títulos dos trabalhos. Após essa triagem inicial, cinco artigos estavam indisponíveis para acesso. De um total preliminar de 73 artigos, os resumos e palavras-chave de cada um foram minuciosamente examinados, resultando na identificação de 48 trabalhos selecionados. Posteriormente, uma análise mais detalhada levou à exclusão de mais 15 artigos que não abordavam a fase de projeto, careciam de descrições de fluxos de processos ou estavam focados em modos de transporte distintos, ou em estruturas como pontes, viadutos e túneis, que não se enquadraram na fase de elaboração dos projetos conforme framework representado pela Figura 20:

Figura 20 - Framework da seleção dos artigos



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

4.3.2.9 Etapa 7: Extração dos dados

A próxima etapa, de acordo com a abordagem adotada pelos autores Tranfield, Denyer e Smart (2003) estabelece a necessidade de realizar a leitura dos trabalhos selecionados para

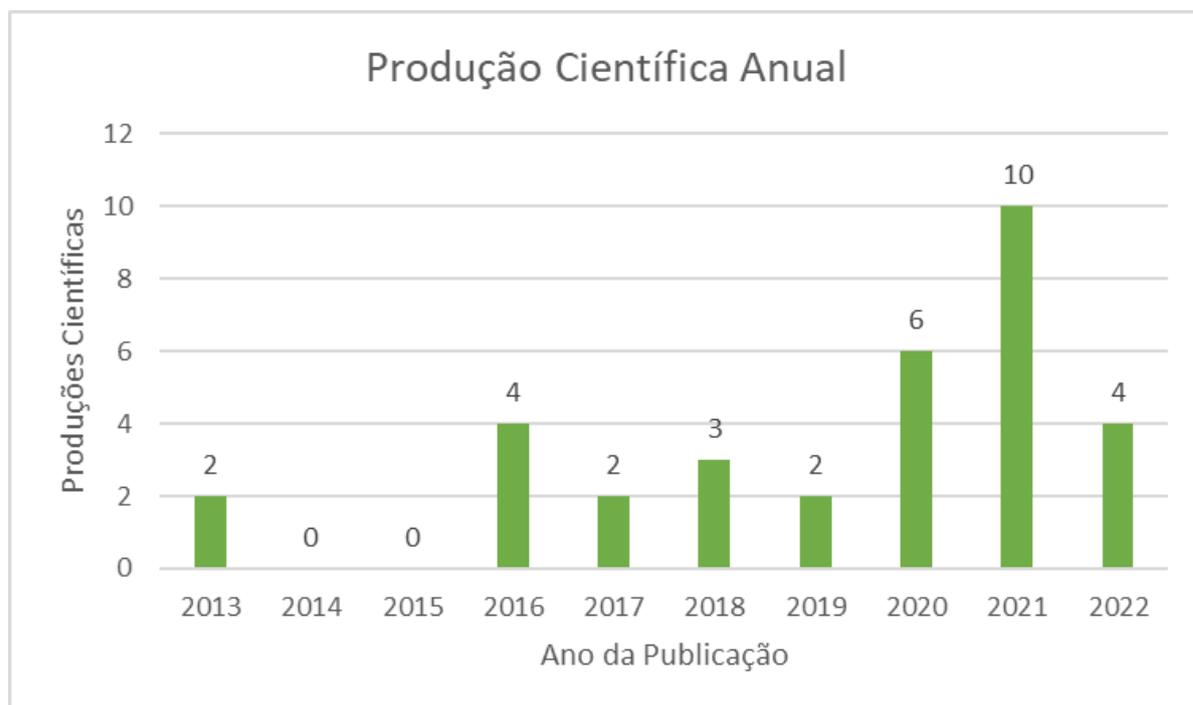
alcançar o estado da arte do problema levantado. Nesse contexto, o foco se direciona a identificar fluxos de processos em BIM durante a fase de elaboração de projetos viários, com especial atenção aos projetos urbanos.

De posse dos 33 artigos selecionados foi possível realizar a análise detalhada desses estudos por meio do ambiente RStudio. Para realizar essa análise, foi utilizado o *Biblioshiny*, uma ferramenta de interface gráfica integrada ao *Bibliometrix*. Essa ferramenta funcional é capaz de importar os dados obtidos no *RStudio*, permitindo a geração de gráficos e tabelas para analisar diversas métricas, como fontes de referência, autores, documentos relacionados, citações relevantes, entre outros aspectos relevantes (Aria e Cuccurullo, 2017).

4.3.2.9.1 Publicações anuais

A partir do intervalo de tempo delimitado para busca na literatura foi possível observar a tendência de estudos relacionados ao tema BIM na fase de elaboração de projetos viários, assim pode-se observar a quantidade de publicações por ano em gráficos sendo que no ano de 2014 e 2015 não houveram publicações. O ano de 2021 foi o ano que houve um maior crescimento, cerca de 30%. É plausível associar esse fenômeno à influência da pandemia de COVID-19, que fez com que as pessoas passassem mais tempo em casa e possivelmente possibilitou o crescimento na participação em congressos e eventos on-line e consequentemente houve o aumento de submissão de artigos em revistas.

Gráfico 5 - Produções científicas por ano



Fonte: *Bibliometrix* (2023).

4.3.2.9.2 Citações médias por ano

Os dados abaixo representam as citações médias por artigo ao longo do período analisado e oferecem um entendimento sobre a relevância e impacto das publicações em cada ano. Conforme demonstrado na Tabela 2, é possível observar que no ano de 2013, foram produzidos apenas 2 artigos, resultando em uma média de citações baixas. Porém em 2016 a média de citações aumentou consideravelmente para 10,75 o que indica um maior impacto e reconhecimento das publicações. As citações médias anuais também aumentaram, o que evidencia um aumento gradual na relevância desses trabalhos ao longo do tempo.

No ano de 2020 houve uma média de citações por artigo baixas. Essa queda pode ter acontecido por diversos fatores como início da pandemia da COVID-19, e a adequação do mundo a uma nova rotina, incluindo os trabalhos acadêmicos. Diferente do ano de 2021 a média de citações aumentou para 3,80, acompanhada por um crescimento de trabalhos produzidos, o que pode ter sido ocasionado pelo interesse dos pesquisadores em estudar durante a fase de adaptação da pandemia.

Tabela 2 - Citações médias por ano

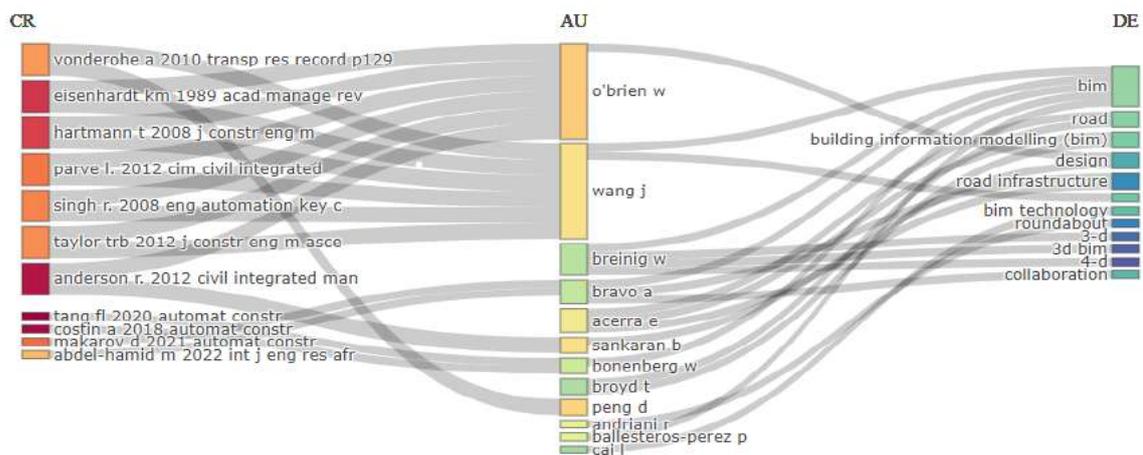
Citações médias por ano				
Ano	Média de Citações por Art	Artigos Produzidos	Média de citações por ano	Anos citados
2013	4	2,00	0,36	11
2016	10,75	4,00	1,34	8
2017	3,5	2,00	0,50	7
2018	4,67	3,00	0,78	6
2019	0,5	2,00	0,10	5
2020	0,67	6,00	0,17	4
2021	3,8	10,00	1,27	3
2022	0,75	4,00	0,38	2

Fonte: *Bibliometrix* (2023).

4.3.2.9.3 Gráfico de três campos

Conforme apresentado no Gráfico 6 foi realizada uma análise de coocorrência de termos, em que o campo médio representa os autores listados de acordo com suas interações e colaborações, o campo da esquerda representa as referências que foram citadas nos trabalhos dos autores e no campo da direita as principais palavras que aparecem nos documentos. A proximidade entre palavras-chaves significa que podem ocorrer em momentos simultâneos, os Autores Wang J e O'Brien W foram os autores que mais citaram referências em seus trabalhos, e as palavras chaves mais extraídas foram os termos BIM, 3D BIM, Road, BIM Information Modeling, Design (Projeto), transporte.

Gráfico 6 - Correlações autores x referências x palavras-chaves

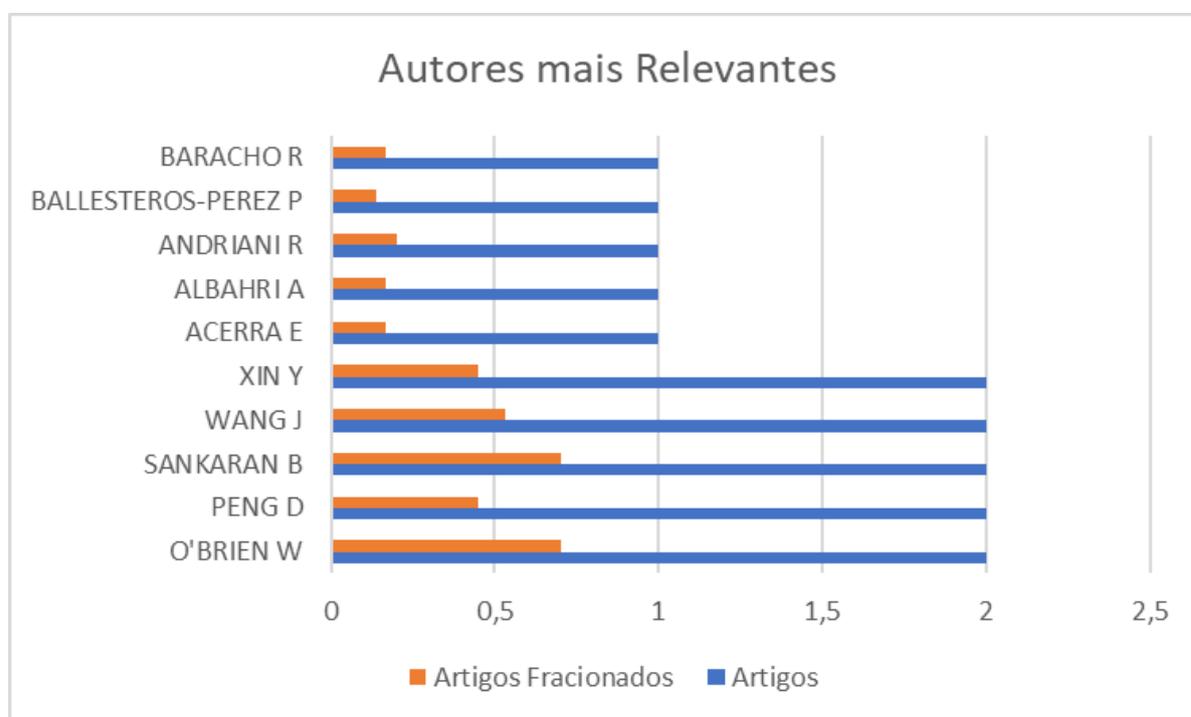


Fonte: *Bibliometrix* (2023)

4.3.2.9.4 Autores mais relevantes

O Gráfico 7 mostra os autores presentes na base de artigo analisada e a quantidade de publicação que cada um realizou, no total foram 126 autores dos 33 trabalhos analisados. O'Brien W, Peng D, Sankaran B, Wang J e Xin Y foram os autores que mais publicaram, totalizando duas publicações e os demais com um documento elaborado. Pode-se observar nessa análise que os autores praticamente não repetem, não há um especialista que já trabalha por exemplo fluxos de processos em projetos viários urbanos, o que pode-se aferir que a maioria dos trabalhos são novidades na área.

Gráfico 7 - Autores mais relevantes



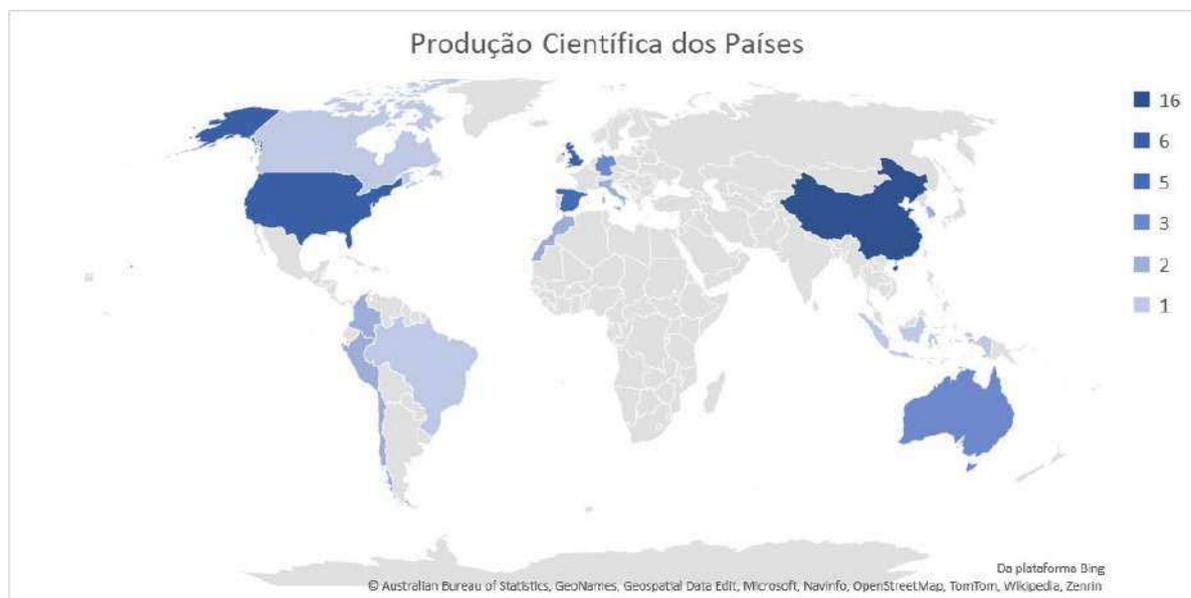
Fonte: *Bibliometrix* (2023).

4.3.2.9.5 Produção científica dos países

Com a análise feita através do *Bibliometrix* foi possível compreender os principais locais onde as pesquisas sobre BIM na fase de projeto têm ocorrido no âmbito acadêmico. A partir dos dados coletados e exportados para o Excel foi possível gerar um mapa monocromático para facilitar a visualização dos dados. De acordo com a Figura 21 a maioria dos trabalhos foram produzidos na China, no total 16 publicações, seguido do Reino Unido e dos Estados Unidos com 6 publicações cada, Espanha com 5 trabalhos, Austrália e Alemanha

com 3 trabalhos e o Brasil com apenas 1 trabalho produzido até a data de análise. A China foi o país que mais se destacou, produzindo aproximadamente 48,50% dos trabalhos.

Figura 21 - Locais de produção de trabalhos e a quantidade por país

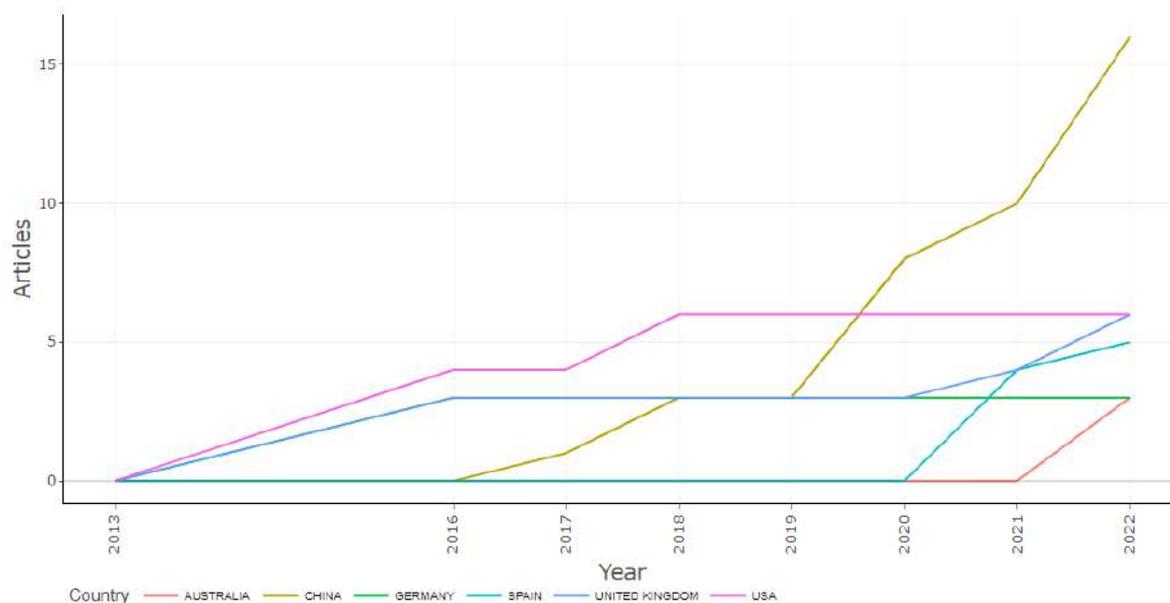


Fonte: *Bibliometrix* (2023).

4.3.2.9.6 Produção dos países ao longo dos anos

O Gráfico 8 ilustra a evolução da produção acadêmica dos países ao longo dos últimos dez anos. É evidente no gráfico, que os Estados Unidos lideraram as pesquisas nas pesquisas até 2019, entretanto a partir de 2020 a China despontou nas produções acadêmicas se tornando protagonista, houve um crescimento significativo na produção enquanto os Estados Unidos se mantiveram estável.

Gráfico 8 - Produção dos países ao longo dos anos

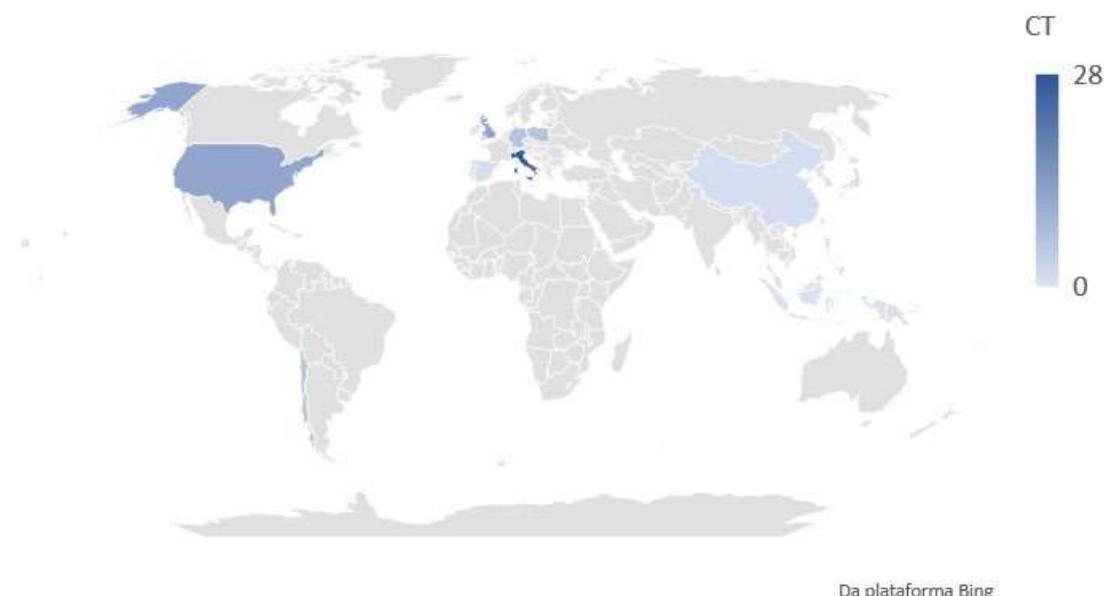


Fonte: *Bibliometrix* (2023).

4.3.2.9.7 Países mais citados

Os países mais citados nos trabalhos revelam quais são os principais impulsionadores das pesquisas, suas contribuições e impactos dos trabalhos no campo de aplicação conforme Tabela 3. A Itália obteve 28 citações e destaca-se com pesquisas relevantes advindas desse país, a Coreia aparece em segundo lugar com 21 citações, o Reino Unido com 13, os Estados Unidos com 12, Chile, Alemanha e Polônia com 6 cada, China e Espanha com 1 citação conforme Figura 22

Figura 22 - Países mais citados nos trabalhos



Fonte: *Bibliometrix* (2023).

Tabela 3 - Países mais citados nos trabalhos e média de citações de artigos

País	Citações	Média de citações de artigos
ITÁLIA	28	14,00
CORÉIA	21	10,50
REINO UNIDO	13	6,50
ESTADOS UNIDOS	12	6,00
CHILE	6	6,00
ALEMANHA	6	6,00
POLÔNIA	6	6,00
CHINA	1	0,20
ESPAÑA	1	1,00
INDONESIA	0	0,00

Fonte: *Bibliometrix* (2023)

4.3.2.9.8 Palavras mais frequentes

A Figura 23 mostra uma nuvem de palavras mais frequentes citadas nos trabalhos, os tamanhos são proporcionais à frequência, ou seja, quanto maior o tamanho mais vezes essas palavras aparecem nos trabalhos pesquisados.

Ao analisar os dados fornecidos pelo pacote *Biblioshiny* do *Bibliometrix*, foi possível verificar que foram encontradas 265 ocorrências de palavras. No entanto, os termos "BIM", "Modelagem da Informação da Construção", "Modelagem da Informação" e "Tecnologia

BIM" estavam dispersos devido à variedade de formas de escrita. Por exemplo: "Building Information Model - BIM" apareceu 5 vezes, "BIM technologies" 4 vezes, "Building Information Modelling" 4 vezes, "Information Modeling - BIM" 1 vez, "Information Modeling BIM" 1 vez, e assim por diante.

Foi preciso exportar o arquivo no formato (.csv) e conduzir uma análise minuciosa para unificar certos termos, como "Modelagem da Informação da Construção", cuja soma se destacou em primeiro lugar com 27 ocorrências. Em seguida, vieram os projetos arquitetônicos, com 22 ocorrências, seguidos pelas etapas de projeto, também com 22. Desenhos tridimensionais totalizaram 11 ocorrências, estradas e vias registraram 10. Outras palavras que se destacaram foi o termo "Urbano" com 4 ocorrências e "CAD" com 3 ocorrências.

Figura 23- Palavras mais frequentes

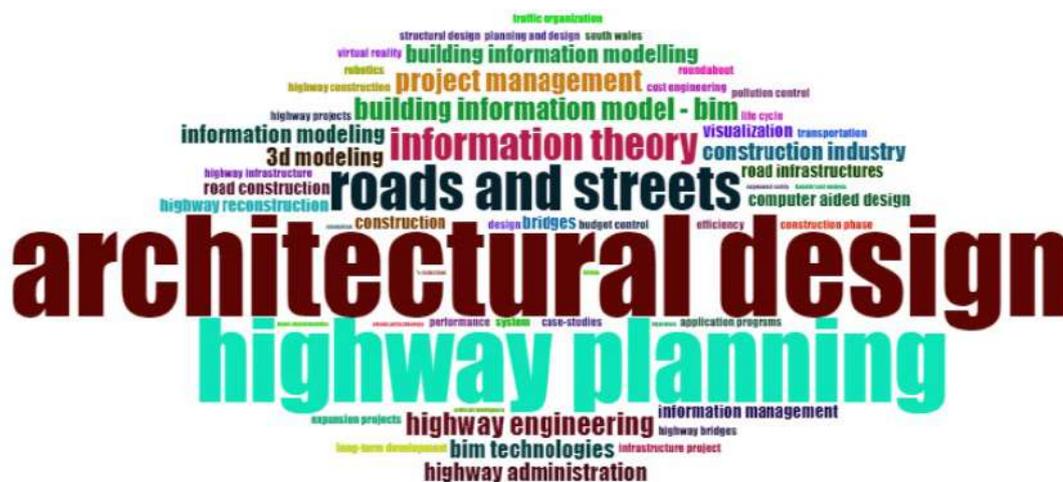


Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

4.3.2.9.9 Nuvem de palavras

Na Figura 24 é possível analisar as principais palavras-chaves das publicações, onde novamente os tamanhos das palavras são proporcionais às suas frequências, nessa parte não foi realizada um novo estudo das palavras, mas é possível verificar na imagem vários termos relacionados ao BIM e que se unificados, esses termos estariam em segundo lugar em destaque como pode-se observar na tabela 4 com os 15 principais termos.

Figura 24 - Nuvem de palavras



Fonte: *Bibliometrix* (2023).

Tabela 4 - Nuvem de palavras

Núvens de Palavras	
Termos	Frequência
Projeto Arquitetônico	22
Planejamento Rodoviário	18
Estradas e Ruas	10
Teoria da Informação	7
Modelo da Informação da Construção - BIM	5
Engenharia Rodoviária	5
Gerenciamento de Projetos	5
Modelagem 3D	4
Tecnologias BIM	4
Modelagem da Informação da Construção	4
Indústria da Construção	4
Administração Rodoviária	4
Modelagem da Informação	4
Pontes	3
CAD - Desenho Assistido Por Computador	3

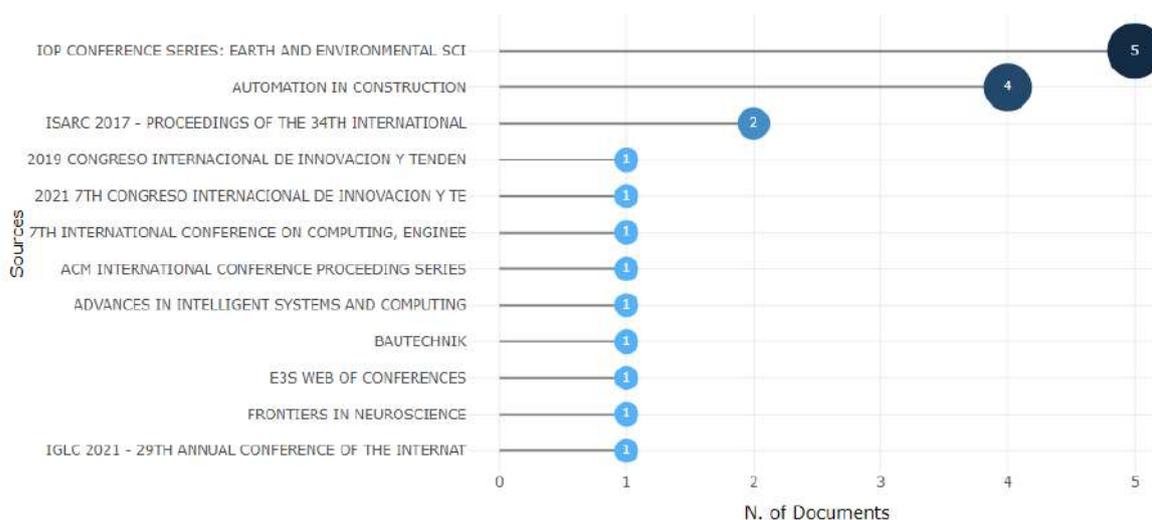
Fonte: *Bibliometrix* (2023).

4.3.2.9.10 Eventos e periódicos

Os trabalhos selecionados foram compostos de artigos, apenas três trabalhos são diferentes, pode-se observar no Gráfico 9 uma notável variedade nas fontes de publicações no total foram 25 diferentes veículos, como por exemplo as conferências. Quanto a publicações

em revista acadêmica destaca-se a revista “*Automation in Construction*” com a publicação de quatro artigos.

Gráfico 9 - Publicações por eventos e periódicos



Fonte: Bibliometrix (2023).

4.3.2.10 Etapa 8: Síntese dos trabalhos

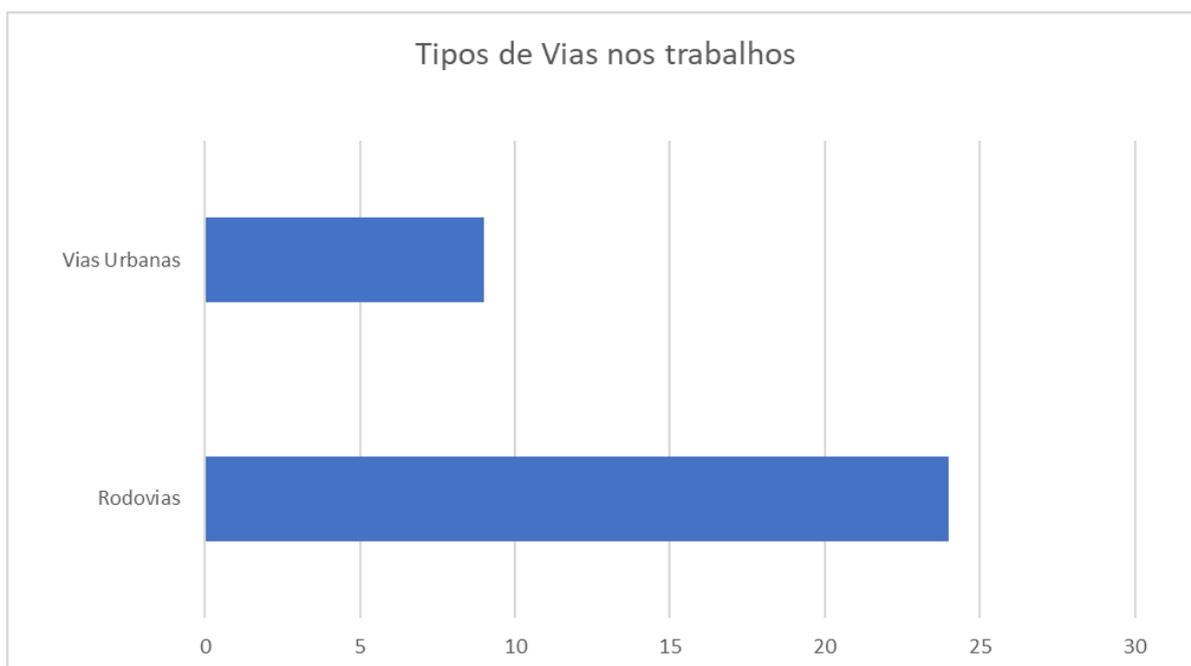
De acordo com a etapa 7 do protocolo criado por Tranfield, Denyer e Smart (2003), é necessária a leitura, análise e síntese dos estudos selecionados conforme abordado nos próximos tópicos desse trabalho. Primeiro é apresentado uma tabulação de dados dos artigos selecionados, por tipos de vias nos trabalhos, fluxos de processo em BIM e fluxos de processo na etapa de projeto em BIM. Posteriormente é apresentado uma síntese dos principais trabalhos provenientes dos artigos selecionados, organizados em diferentes temas:

- Terminologia relacionada ao CIM (Modelagem da Informação da Construção)
- Fluxos de processos nas etapas de projeto
- Utilização do GIS durante a fase de desenvolvimento do modelo
- Simulação de tráfego utilizando o BIM
- Entrevistas avaliativas
- Cooperação técnica e acadêmica

4.3.2.10.1 Tipos de vias analisadas nos trabalhos

O Gráfico 10 apresenta as categorias de projetos relacionados a vias. Entre os 33 trabalhos analisados, 24 têm o seu foco em projetos rodoviários, enquanto 9 abordaram trabalhos relacionados às vias urbanas. Notadamente, as vias urbanas constituem 27% dos estudos voltados para a fase de elaboração de projetos urbanos utilizando a metodologia BIM.

Gráfico 10 - Tipos de vias nos trabalhos analisados



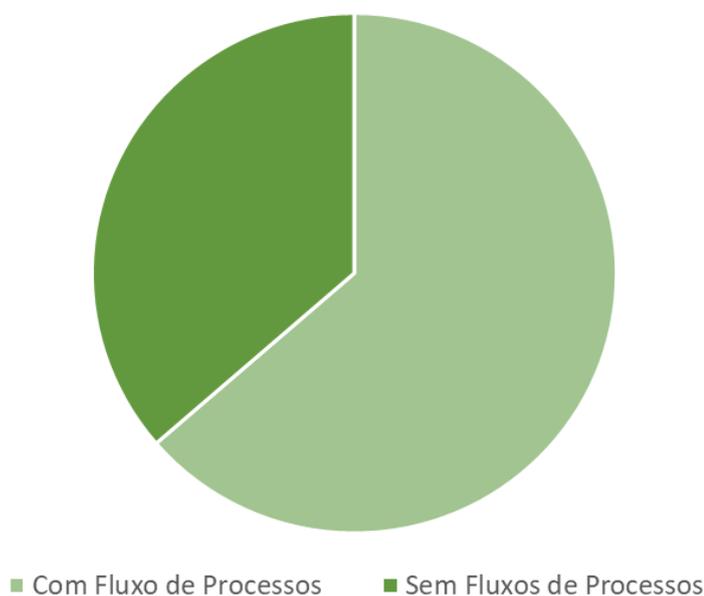
Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.2.10.2 Fluxo de processos nos trabalhos analisados

O Gráfico 11 demonstra a quantidade de trabalhos que elaboraram fluxos para demonstrar as etapas propostas na fase de projeto, dos 33 trabalhos analisados 21 apresentavam representações através de algum tipo de fluxo, enquanto 12 trabalhos não incluíam esse tipo de representação em seus processos.

Gráfico 11 - Trabalhos que possuem fluxos de processos

Fluxo de Processos nos Trabalhos Analisados



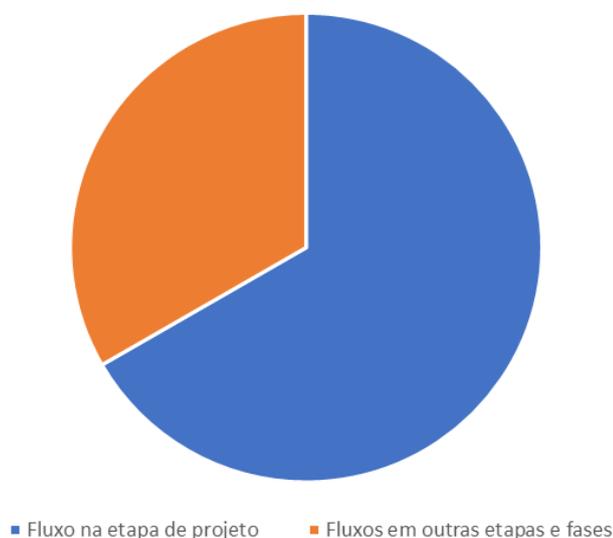
Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

4.3.2.10.3 Fluxo de processos na etapa de projeto

O Gráfico 12 ilustra a quantidade de trabalhos que possuem fluxo de processos direcionados à fase de elaboração de projeto. Nesta investigação foram considerados fluxos que abrangem áreas específicas de projeto como o traçado geométrico das vias, a etapa de terraplenagem, simulações, realidade virtual, bem como fluxos mais abrangentes onde os dados do tráfego são integrados com informações das disciplinas envolvidas na etapa de projeto. Dos 21 trabalhos identificados com fluxos de processos 14 possuem fluxo em alguma etapa do projeto.

Gráfico 12 - Trabalhos que possuem fluxos de processos na etapa de projeto

Fluxo de Processos na etapa de Projeto



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.2.10.4 Terminologia relacionada ao BIM

Sankaran *et al.*, (2016), conduziram um estudo que explorou a implementação de práticas de gestão civil integrada (CIM) em quatro diferentes estudos de casos, documentando as lições aprendidas para aprimorar a implantação do CIM nos processos de entrega de projeto. No estudo, foi enfatizado o papel crucial desempenhado por padrões e processos na utilização do CIM para a coordenação e gerenciamento de projetos.

A Modelagem da Informação da Construção (CIM) é um termo aplicado a diversas práticas e ferramentas digitais usadas para organização e gerenciamento de informações digitais em projetos rodoviários, abrangendo também a metodologia BIM e uma abordagem voltada para fluxos de trabalhos e métodos avançados de etapas de projetos como levantamento, projetos baseados em modelos, controle automatizado de máquinas e arquivos digitais para o gerenciamento de ativos (Sankaran e O'brien, 2018).

Liau e Lin (2017) propuseram um estudo de revisão baseada na abordagem do CIM, que posteriormente foi aplicado a uma rodovia em Taiwan para demonstrar sua eficácia prática. Eles destacam que, embora tanto o BIM quanto o CIM compartilhem processos semelhantes, existem diferenças significativas entre os dois métodos.

Uma das diferenças principais reside na detecção de conflitos. Enquanto no BIM a detecção de conflitos geralmente ocorre entre elementos, no CIM ela ocorre entre o ambiente

e os elementos. Além disso, a análise do ambiente é uma diferença crucial, exigindo uma avaliação mais profunda nos projetos de infraestrutura. Por fim, outra diferença importante é a consideração da logística de tráfego durante a fase de construção.

4.3.2.10.5 Fluxos de processos nas etapas de projeto

Hochmuth e Breinig (2016), demonstrou os benefícios BIM ao mapear um projeto piloto para a implementação de processos de projeto com a incorporação da metodologia BIM. Esse trabalho envolveu o desenvolvimento de um modelo completo e coordenado em que todas as demais disciplinas e seus respectivos objetos de modelos foram acrescentados no modelo. Isso permitiu detectar falhas e defeitos e melhorar a qualidade da visualização do projeto. Além disso, a abordagem viabilizou a elaboração de um cronograma com base no modelo e a realização de análises gerais como custos, prazos, detecção de interferências e outros.

Para isso foi criado um plano de execução BIM para definição de competências, responsabilidades e processos BIM. Desenvolveu-se um fluxo de processos conforme Figura 25 onde apresenta o processo de trabalho em equipe desde o planejamento até o arquivamento dos dados, para verificação e validação dos dados e o processo de modelagem BIM que é atualizado periodicamente pelo coordenador do projeto.

Figura 25 - Ambiente de dados comuns e processo de modelagem BIM



Fonte:

adaptado de Hochmuth e Breinig (2016).

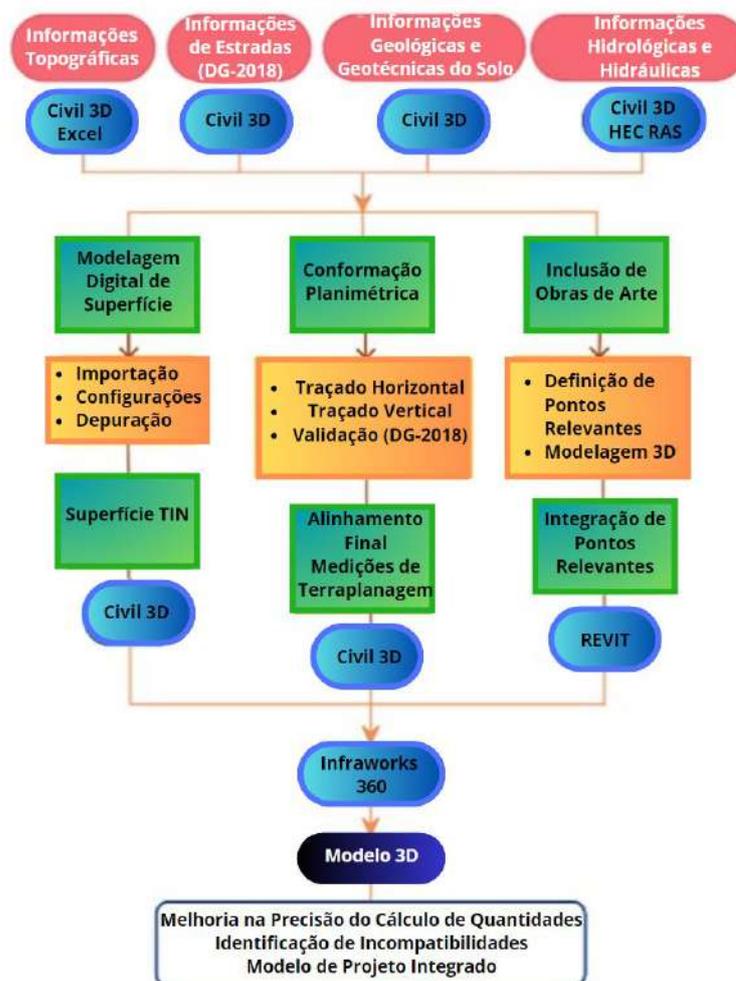
Porto *et al.*, (2019), desenvolveram um trabalho na área de sinalização horizontal com base nos projetos geométricos das vias utilizando BIM, o objetivo foi a criação de um plugin para um software BIM para automatizar o processo de verificação da conformidade da sinalização com as normas vigentes no país, essa verificação é de extrema importância pois uma sinalização incorreta pode gerar acidentes de trânsito.

Para esse trabalho foi desenvolvido um programa em ambiente BIM que realizou o mapeamento dos requisitos da sinalização viária de forma a automatizar a distância de visibilidade e a visibilidade de ultrapassagem. Essas verificações são importantes, por diminuir tempo de execução do code-check, diminuir a probabilidade de erros e violações das normas, reduzindo retrabalhos e custos no final do projeto.

Díaz *et al.*, (2019) falam da importância de um bom projeto rodoviário para integrar regiões, serviços e pessoas que na área econômica pode aumentar o comércio interno e externo dos países, e é necessário desenvolver novas rodovias no país. Essa pesquisa focou na metodologia BIM como uma maneira ideal para desenvolver estradas otimizando tempo e custo dos projetos, o que os autores comprovaram foi que é possível reduzir dias e redução de custos que chegaram a 1 milhão de dólares se comparado à construção tradicional.

Na modelagem na área de infraestrutura de estradas e rodovias, os autores ressaltam que são necessárias informações topográficas, informações da área onde será construída a estrada como regulamentos, normas técnicas, informações do solo e estudos geotécnicos, informações hidrológicas e de drenagem, também é necessário o uso de softwares para verificar se os arquivos estão georreferenciados e se os dados são úteis para o projeto. Após essa etapa é fundamental conformar a superfície integrando os projetos, primeiro a topografia e os dados geológicos, a construção da geometria da estrada, depois os elementos de drenagem e obras de artes. A próxima etapa é a integração dos modelos em um único modelo através de um software, conforme Figura 26.

Figura 26 - Fluxo de processos para aplicação do BIM em um projeto rodoviário



Fonte: adaptado de Chen (2019).

Laila *et al.*, (2020), desenvolveram um processo BIM na área de infraestrutura, focado na manutenção de vias urbanas onde foram desenvolvidos modelos com o objetivo de potencializar a colaboração entre os responsáveis pela manutenção das vias urbanas. Os autores realizaram duas modelagens ricas em informações semânticas, em softwares distintos, um voltado ao BIM e a outra voltada para a área de infraestrutura, na modelagem BIM.

O objetivo da primeira modelagem foi criar um modelo BIM que abordasse a modelagem geométrica, semântica e topológica da via urbana, foi realizada a modelagem paramétrica manual para criar os diversos elementos da via.

Na segunda modelagem voltada para o BIM na infraestrutura o processo começa com a modelagem paramétrica e organizando nas bibliotecas todos os elementos necessários no modelo como (árvores, sinalização, iluminação pública dentre outros). Para modelagem da via foi usado um algoritmo de extração que reconhece elementos geométricos na nuvem de ponto e modelado por triangulação. Para extração dos equipamentos viários urbanos foi utilizado

algoritmos e foram atribuídos aos objetos modelados para finalizar o modelo cada elemento foi atribuído suas informações semânticas.

Para integrar os dados para futuras manutenções no modelo, os autores escolheram uma plataforma em que permitem que a equipe modifique o modelo geometricamente ou semanticamente sobre a supervisão de um coordenador, essa plataforma também oferece a possibilidade de inserir comentários, por exemplo caso a equipe técnica detecte uma patologia no pavimento, ela precisa comunicar a equipe de manutenção, que deve atualizar o modelo e informar na plataforma as modificações feitas.

Jian (2020), analisou a aplicação do BIM no gerenciamento de segurança em rodovias e pontes, com o objetivo de melhorar a qualidade e eficiência das medidas de gerenciamento de segurança de construção. O autor descreve que a aplicação prática do BIM se baseia no conteúdo dos desenhos CAD, com o uso do BIM é possível construir e gerir todas as informações do projeto para compartilhamento, tomada de decisões e difusão dos dados para promover por exemplo a segurança na etapa da construção. À medida que o projeto avança, a complexidade do modelo aumenta e cresce o número de informações para gerenciar.

O autor elaborou um processo, que começa com a criação do modelo 3D, seguido pela aplicação do BIM em uma sequência lógica onde é detectado colisões, detalhamento do projeto e construção virtual, é possível até avaliar desastres e respostas a emergência dependendo do local da aplicação, outro ponto importante a destacar é que todas as etapas são centralizadas em uma plataforma de compartilhamento da informação.

O autor também desenvolveu um processo com o auxílio do modelo BIM, onde diversas informações relevantes da etapa da construção são compiladas e os dados pertinentes podem ser acessados, é feita uma simulação da etapa da construção, onde é possível desenvolver vários cenários e comparações em tempo real. Essas análises permitem tomadas de decisões para o orçamento, custos, transportes de materiais. É possível realizar modificações em tempo real nos cronogramas e custos para otimização na etapa da construção das rodovias e pontes (Jian, 2020).

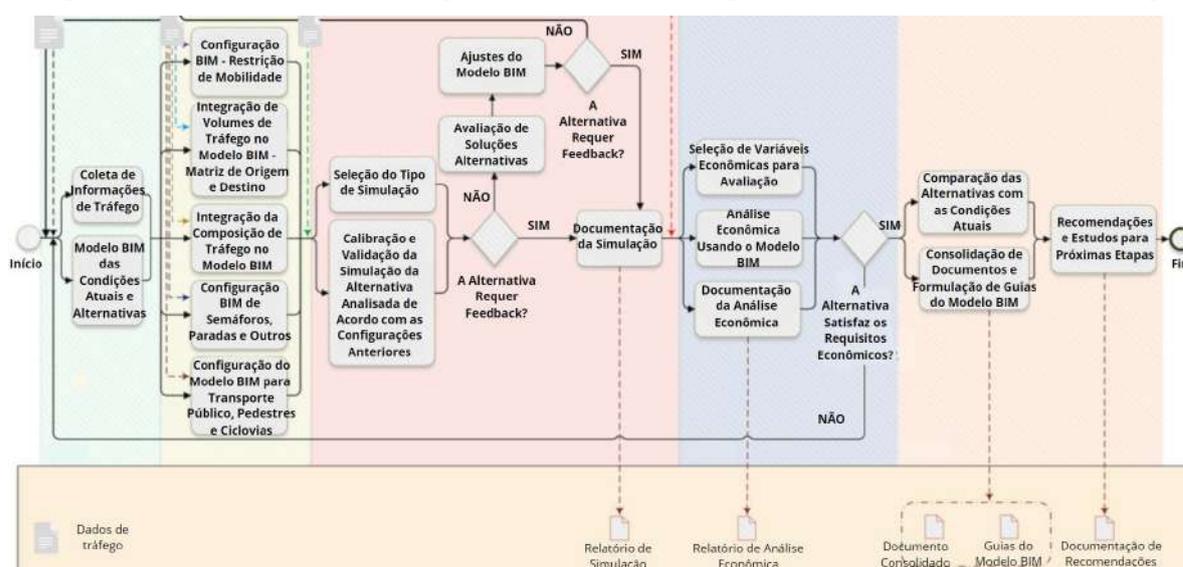
Leisheng *et al.*, (2020) estudaram a aplicação da metodologia BIM no desenvolvimento do projeto, e afirmam que o BIM desempenha um papel importante em todas as fases da construção desde o planejamento, levantamento de dados, projeto, construção e no gerenciamento, melhorando a etapa de projeto e o nível de gerenciamento. O método proposto pelos autores foi aplicado em um projeto de requalificação e expansão de uma rodovia, com soluções de modelagem BIM paramétrica, automática e iterável. No início do projeto é o momento em que acontecem as principais definições do projeto e o trabalho de

colaboração acontece entre diferentes profissionais no desenvolvimento de um modelo padrão.

O método de elaboração de projeto proposto pelos autores é aplicável ao modelo BIM desde a fase de levantamento de dados até o detalhamento da construção, pois o projeto é atualizado e detalhado gradualmente em diferentes etapas, o objetivo do processo de elaboração do projeto e a qualidade do modelo são integrados. Os autores usaram um software de modelagem para automatizar a modelagem e para gerar automaticamente o eixo da estrada, para isso os mesmos propuseram um método utilizando a linguagem EKL com o objetivo de criar superfícies e substituir modelos melhorando efetivamente a eficiência da modelagem e retrabalhos.

Castañeda *et al.*, (2021) propõem uma abordagem metodológica para o uso do BIM na etapa de análise de tráfego, simulação e melhoria na elaboração dos projetos viários urbanos. O fluxo de processo proposto pelos autores integra dados do tráfego com informações das disciplinas envolvidas na etapa de projeto e possuem cinco etapas como: Modelagem BIM e levantamento de dados, configuração do modelo BIM, simulação BIM, análise e documentação de custos do projeto, comparação de alternativas e ressaltam que o uso do BIM simplifica os processos e reduz o tempo para elaboração dos projetos.

Figura 27 - Estrutura metodológica baseada em BIM para análise e simulação de tráfego

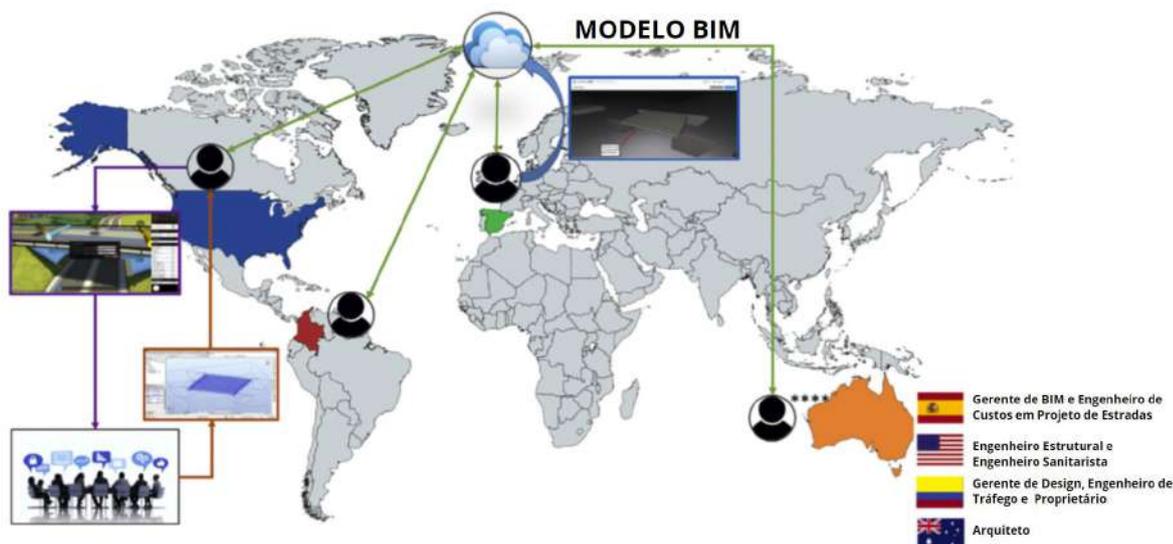


Fonte: adaptado de Castañeda *et al.*, (2021).

Os autores ressaltam que o aprimoramento do modelo BIM oferece vantagens notáveis graças à adoção do fluxo de trabalho colaborativo. Os processos para tomada de decisões

importantes no projeto tiveram a participação de vários stakeholders localizados em diversos países, que propunham alterações importantes e que eram debatidas e aprimoradas ao longo do projeto através do modelo compartilhado em nuvem. Um exemplo que descreve essa dinâmica colaborativa foi uma observação levantada pelo projetista da estrada que ao ser compartilhada com o engenheiro estrutural ocasionou melhorias no projeto, conforme Figura 28.

Figura 28 - Esquema de trabalho colaborativo



Fonte: adaptado de Castañeda *et al.*, (2021).

A aplicação dessa metodologia demonstra o potencial do uso do BIM para melhorar os processos de análise de tráfego em interseções. Com o modelo BIM elaborado por outras disciplinas do projeto com a simulação, não é necessário criar um modelo separado para a simulação, o que ocasiona uma integração de informações e redução de erros em diversos aspectos da fase de projeto. A integração em um único banco de dados proporciona comunicação eficiente, definições claras do escopo do projeto, melhor compreensão e rapidez no desenvolvimento do projeto (Castañeda *et al.*, 2021).

Duan (2021), em sua pesquisa investigou a aplicação do BIM na gestão da construção de rodovias na China, ressaltou que além de ser complexa, exige muitos requisitos técnicos e integração de diversas disciplinas. O autor faz um comparativo sobre o método de elaboração tradicional e o uso de modelos BIM e aponta diversos ganhos como a visualização do modelo, melhor planejamento, projeto e acompanhamento da construção. O autor relata que apesar de

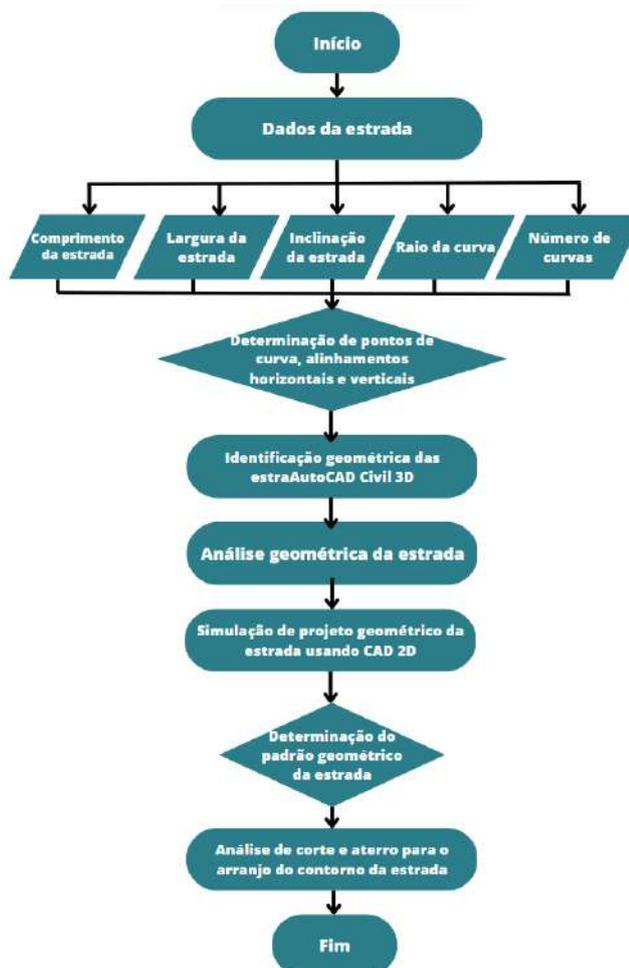
todos os esforços a metodologia BIM ainda não é madura e será necessário uma plataforma de integração dos dados para alcançar êxito no processo efetivo da implementação do BIM.

Para mapear como tem sido a implantação e domínio do BIM no setor rodoviário chinês, o autor distribuiu 431 questionários sendo validados 340, através de um método de múltipla escolha para entender a situação atual do BIM, dificuldades de trabalho, obstáculos, expectativas e outros. Na análise dos resultados pode-se observar que mais da metade dos entrevistados nunca trabalharam com BIM e apenas 6% possuem domínio com a metodologia, e muitos especialistas acreditam que o BIM é um tipo de software e o autor relata a dificuldade que as empresas têm na aplicação do BIM e na elaboração de projetos (Duan, 2021).

Andriani *et al.*, (2021) empregaram um estudo de caso para estabelecer um padrão geométrico em áreas de relevo com montanhas. Eles utilizaram tanto os métodos tradicionais de elaboração quanto a metodologia BIM. No âmbito dessa pesquisa, estradas que não atendiam aos padrões estabelecidos de alinhamento horizontal e vertical eram sujeitas as adequações. O estudo selecionou uma rodovia na Indonésia, caracterizada por curvas acentuadas e situada em uma região montanhosa com declividades íngremes, onde veículos pesados são proibidos de transitar. A análise abordou diversos aspectos rodoviários, incluindo velocidade, acostamento, faixas, curvas, drenagem, aterros e pavimentação.

O fluxo de processos para o desenvolvimento desse padrão envolveu diversas etapas. Primeiramente, foi necessário compreender o processo de projeto BIM e coletar informações sobre as vias existentes, como comprimento, largura, inclinação de curvas, raios de curvatura, pontos de curva, pontos de tangência, aclives e declives. A partir desses dados, foi possível identificar os alinhamentos horizontais, verticais e inclinações que não estavam em conformidade com os padrões locais. Em seguida, ocorreu a simulação e criação do modelo, bem como a análise dos alinhamentos. Foram desenvolvidos projetos de transição de inclinação, curvas em espiral e a simulação do projeto geométrico da estrada, empregando a tecnologia CAD-2D. O novo projeto geométrico foi definido com base nas análises de cortes e aterros, resultando na configuração final da estrada, conforme ilustrado na Figura 29.

Figura 29 - Fluxo de processos do modelo proposto por Andriani



Fonte: adaptado de Andriani *et al.*, (2022).

Zhang *et al.*, (2020), estudaram conceitos BIM em uma aplicação em projetos rodoviários comparado aos métodos de elaboração tradicionais, alguns pontos levantados na etapa de elaboração dos desenhos foram: a) a visualização o autor descreve que a aplicação BIM é excelente para visualização do projeto, b) a cooperação entre os projetistas para redução de retrabalhos, c) a importância da simulação para entender antecipadamente os problemas que podem ser encontrados de modo a reduzir impactos, d) a possibilidade de realização de levantamento de quantitativos e cálculos de custos, softwares usados na área e seus potenciais.

O autor ressalta que comparado aos métodos anteriores a eficiência do trabalho pode ser melhorada em mais de 150%. Na etapa de elaboração do modelo central, os projetos viários possuem diversas disciplinas e é necessário identificar colisões entre os modelos elaborados, caso seja detectado um conflito é necessário comunicar as informações, desenvolver os ajustes reduzindo significativamente alterações durante a execução do projeto.

Vignali *et al.*, (2021), através de um estudo de caso na Itália desenvolveu um projeto BIM desde as etapas iniciais de requalificação de vias urbanas de modo a reduzir congestionamentos no local, o projeto envolveu a criação de uma nova via e as etapas de desenho funcional e geométrico ligando a rede viária existente, criando uma rotatória e no local onde existia um cruzamento ferroviário foi desenvolvida uma trincheira além de uma ciclovia.

As etapas realizadas no estudo de caso foram a modelagem da área urbana através do modelo digital do terreno em 3D a partir de nuvens de pontos, criação da geometria das vias através dos alinhamentos horizontais e verticais e seções transversais, modelagem do túnel, criação da modelagem da rotatória, desenvolvimento do modelo paramétrico 3D da estrada e simulação.

O fluxo proposto trouxe grandes ganhos, na visualização do projeto e verificação de interferências, algumas dificuldades também foram encontradas pelos autores como extração dos custos do projeto para a avaliação, para isso foi criado um plugin que permitia desenvolver essa análise sem que fosse necessário fazer manualmente.

Cantisani *et al.*, (2022), realizaram um estudo de caso em uma rotatória urbana na Itália de 260 metros de diâmetro, local com mais de 130 pontos de conflito onde trafegam mais de 13.000 veículos na hora pico. Os autores descrevem a importância das intervenções urbanas para reduzir problemas que vão desde atrasos de viagens, tráfego congestionados, colisões até mortes, o que reflete nos custos sociais e impactos ambientais, os autores ressaltam que acidentes em cruzamentos representam mais de 50% dos acidentes no trânsito o que requer da equipe de engenharia de tráfego atenção crescente em soluções de projeto que podem vir desde uma melhoria nas sinalizações existentes até requalificação das vias.

Para isso quatro diferentes cenários geométricos e funcionais foram propostos, usando software de modelagem BIM, o modelo forneceu quantitativos e orçamento, após a modelagem foi realizada a simulação de tráfego através do software de modelagem para uma análise do nível de serviço e um período estimado de 30 anos. A análise econômica levou em consideração os custos envolvidos na etapa de construção e manutenção da infraestrutura modelada e o impacto econômico devido às filas de tráfego ao longo dos 30 anos de projeto. E por fim um estudo de emissões de poluentes atmosféricos através de um software onde foi permitido análise do desempenho ambiental.

O Modelo BIM do trabalho se mostrou eficaz para otimizar e validar projetos rodoviários sob várias disciplinas e etapas como elaboração do projeto, levantamento de

dados, projeto geométrico, projeto de sinalização, simulação de tráfego, análises econômicas e ambientais.

Hinostroza, Granados e Bravos, (2021), propuseram fluxos de processos na etapa de projeto e planejamento para o uso do BIM em projetos rodoviários. Aplicar a metodologia BIM em projetos viários tem sido um grande desafio devido à falta de métodos e padrões definidos, somado à falta de fluxos de trabalhos consolidados. Os autores desenvolveram fluxos de processos na etapa de trabalho colaborativo, na fase do projeto conceitual, fluxo na fase do projeto detalhado e na fase do planejamento.

O estudo de caso abrangeu uma rodovia no sul do Peru e houveram ganhos através dessa metodologia como a melhoria da modelagem, visualização do escopo do projeto, aumento da capacidade colaborativa, interoperabilidade através de um ambiente único e compartilhado, redução de retrabalhos, custos e tempo de trabalho. Ressalte-se que apesar de todos os benefícios foram identificadas algumas perdas de dados na interoperabilidade visto que não se tem um padrão de formato adequado para a área de infraestrutura.

Khalil, Mohamed e Smail (2021), realizaram um estudo para demonstrar a importância do BIM nos projetos de infraestrutura, os autores fazem um comparativo entre a elaboração do projeto tradicional e utilizando BIM, através de um estudo de caso de uma estrada rural em Marrocos em que o objetivo era melhorar os níveis de serviço, os autores também realizam uma estimativa de custo dos projetos e afirmam que 70% do custo total da implantação dos projetos rodoviários englobam a etapa de terraplenagem por esse motivo é importante desenvolver projetos precisos, interoperáveis e colaborativos que são alguns dos benefícios da metodologia BIM.

Pedo *et al.*, (2021) realizaram um estudo exploratório com o objetivo de analisar as contribuições que o Lean teriam nos processos BIM, o Lean é uma combinação de princípios, ferramentas e técnicas para reduzir desperdícios e aumentar o valor de um processo e ajudar nas resoluções de conflitos, os autores abordaram essa análise em três etapas em uma empresa e na etapa de workshop foi apontado que as equipes gerenciavam os conflitos por meio de um processo informal, ocasião em que não possuíam uma sequência de atividades claras e não haviam responsáveis.

No processo de desenvolvimento de projeto e revisão de um processo de detecção e resolução de conflitos em apenas dois momentos a equipe de design participava, primeiro na geração do modelo e preparação das disciplinas para o arquivo federado e na revisão, para resolver os problemas que foram detectados, as demais foram relacionadas a equipe BIM entre os stakeholders. Para mensurar o valor das melhorias BIM com a Lean, é importante que

os membros interessados na empresa mapeiem e compreendam as ineficiências nos processos existentes.

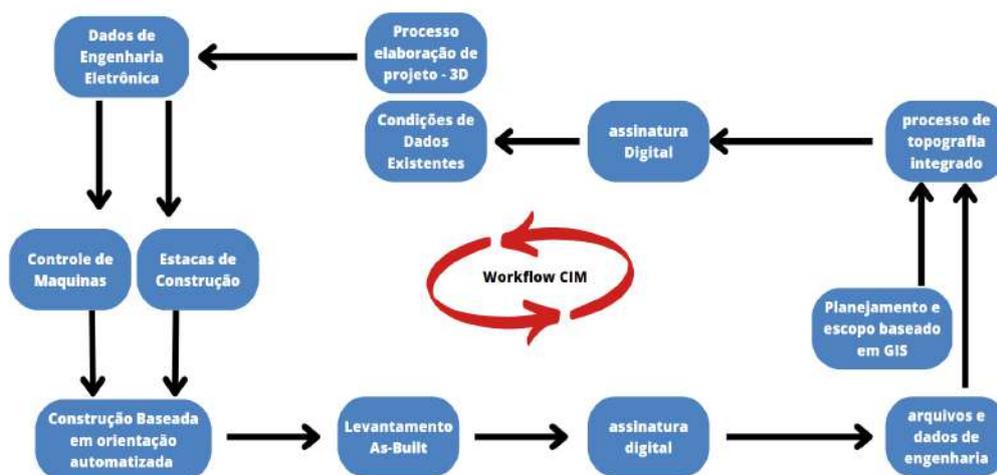
Chen *et al.*, (2022) desenvolveram uma pesquisa relacionada a todo o processo de métodos de construção digital e um sistema de gerenciamento da informação voltado ao projeto de vias expressas, eles ressaltam que todas as pesquisas realizadas foram fragmentadas, e para isso realizaram uma pesquisa bibliográfica e entrevistas semiestruturadas para entender o processo.

Na área de desenvolvimento dos projetos o papel ainda é o meio principal de entrega e no setor da infraestrutura a entrega digital é menor ainda, isso resulta em muitas dificuldades no estabelecimento de um modelo BIM, perda de dados, falta de coordenação e não compartilhamento de informações importantes. A abordagem permite coordenar e controlar a elaboração do projeto, qualidade, produção e tratamento de dados, tornando possível a interoperabilidade e a eficiência das informações em todo o ciclo de vida da construção.

4.3.2.10.6 Utilização do GIS durante a fase de desenvolvimento do modelo

Sankaran *et al.*, (2016), ressalta que a abordagem tradicional de entrega de projetos, baseada em documentos, tem se mostrado desafiadora para as partes envolvidas, devido à disponibilidade e ao acesso limitado a dados de qualidade para o gerenciamento de projetos. Os autores adaptaram um fluxo de trabalho CIM ao processo de entrega do projeto e em seu artigo demonstram diversos benefícios obtidos por meio do uso da documentação virtual um destaque e o planejamento e desenvolvimento do escopo do projeto baseado em GIS integrando com os dados de engenharia para o desenvolvimento do levantamento topográfico, conforme demonstrado na Figura 30.

Figura 30 - Fluxo de trabalho CIM para o processo de entrega de projetos



Fonte: Adaptado pelo autor de Sankaran *et al.*, (2016)

Os projetos selecionados evidenciaram uma integração sólida com as práticas do CIM, conforme apontado pelos resultados da análise. Os autores enfatizaram que a contribuição chave desta pesquisa reside na compreensão de que a fase de projeto fundamentada em modelos deve ser uniformizada em todas as empresas e agências, necessitando de um fluxo de trabalho padronizado em todas as disciplinas.

Chen, Zhou e Xia (2020), realizaram um estudo focado na modelagem dos terrenos com base na plataforma GIS, os autores ressaltaram que a maior parte dos estudos focaram em áreas pequenas, por esse motivo eles fizeram o levantamento e modelaram uma extensão de mais de 230,00 km, este processamento teve o objetivo de deixar os arquivos leves, ocupando menos memórias e facilitando para cálculos e funcionamento efetivo do modelo no computador. A plataforma GIS é utilizada para criar um terreno em dados raster DSM, permitindo análises importantes do terreno como distâncias, retas, direção do fluxo, bacias, classificação dos rios, terrenos, vias e outros.

Jiang *et al.*, (2022) desenvolveram um fluxo de trabalho baseado em BIM para estimar economicamente a demolição de edificações para alargamento de vias urbanas, para isso foi necessário coletar, recriar e interpretar dados das vias e das edificações existentes. A maioria dos projetos urbanos não possuem dados e documentos digitais, muitas das vezes os projetos estão em PDF 2D ou desenhos baseados no papel, o que torna um desafio para auxiliar no desenvolvimento dos modelos e planejamento do projeto.

Para isso, os autores desenvolveram um modelo BIM dos edifícios e das vias já existentes utilizando dados de fontes online de mapas, diretrizes e dados do governo sem

levantamento de campo e desenvolvendo o modelo BIM para a estrada reconstruída com base no modelo BIM da via existente através de imagens digitais processadas, e processamento de dados GIS.

Os autores ressaltam que ao desenvolver modelos BIM das edificações não são necessários LoDs altos não sendo necessário colocar portas, janelas, telhados, pois o objetivo das edificações são os atributos relacionados a volume, altura, área, custo da demolição e para detecção de conflitos através do clash detection na fase da análise do modelo da nova via (Jiang *et al.*, 2022).

4.3.2.10.7 Simulação utilizando o BIM

Sibert (2013), mostrou os benefícios do BIM na fase de elaboração de um projeto rodoviário e as lições aprendidas no desenvolvimento, o plano adotado abrangeu etapas de trabalho, modelo, elementos do modelo, sistema de arquivo e a revisão do projeto. A consultora contratada desenvolveu um modelo completo da estrada e um vídeo para facilitar a comunicação com a população na fase de elaboração. O autor afirma que essa fase de simulação teve a capacidade de beneficiar o cliente e o empreiteiro. Na fase de projeto o autor explicou que cada disciplina usou um pacote software diferente, e que é necessário melhoria na interoperabilidade e não restrição de uso de softwares e que é necessária melhoria na modelagem dos objetos para auxiliar no planejamento da etapa da construção.

Wei *et al.*, (2017) realizaram um estudo voltado a aplicação BIM no planejamento urbano, com o crescimento das cidades e o estilo de vida complexo, é preciso novas ferramentas pois a maioria das cidades atualmente apresentam uma idade avançada, são estreitas, possuem uma densidade alta, congestionadas e pouco eficiente. Para superar todos os obstáculos no setor do planejamento é necessário resolver diversos conflitos como a colaboração entre as disciplinas para gerenciamento de todas as informações digitais do planejamento, projetos fáceis de realizar ajustes e gerenciáveis, um arquivo de análise de processos de claro entendimento e de visualização, simulação e outros.

Os autores realizaram um estudo de caso, foi construído um modelo, onde foram desenvolvidas as simulações posteriormente integradas sobre as edificações urbanas, com o objetivo de construir um modelo que fornecesse todas as informações relevantes integrando a simulação e análise, para se chegar nesse objetivo foram analisados tempo de incidência de luz solar e da iluminação, fluxo do ar no microambiente modelado, análise da paisagem de forma a analisar o paisagismo e análise de ruído para isolamentos acústico. O trabalho

demonstrou em seus resultados que o BIM se mostrou uma ferramenta eficaz para o planejamento e o projeto urbano das cidades.

Wu *et al.*, (2018), desenvolveram um trabalho de realidade virtual para interagir com modelos BIM de vias através da percepção humana para melhoria do desenvolvimento do projeto. Os autores ressaltam que o BIM rompe com o fluxo de elaboração de desenho tradicional e dá espaço para o trabalho colaborativo e projetos em 3D, essa nova forma de trabalho contribui para a criação de novos fluxos de trabalho.

O uso da realidade virtual no fluxo de trabalho na etapa de elaboração do projeto proporciona maior eficiência e qualidade do desenho, onde os avaliadores podem avaliar vários aspectos relacionados à percepção humana como sinalização, segurança do tráfego, iluminação, distâncias, velocidades e outros. Na pesquisa diversos softwares de realidade virtual foram aplicados como direção virtual, voo virtual, imagem holográfica dentre outros.

O fluxo BIM integrado à realidade virtual, onde o modelo é desenvolvido de acordo com as características do projeto, em segundo lugar são usados programas de simulação para simular e desenvolver análises em todos os aspectos do projeto, logo após essas análises são aplicados os sistemas de realidade virtual, os resultados dessa avaliação são retroalimentados para melhoria do projeto.

Peng *et al.*, (2020), em seu estudo propuseram a aplicação do BIM na etapa de simulação 4D como organização da requalificação da estrada, simulação e organização do tráfego com uma plataforma de gerenciamento colaborativo de projeto para romper com as barreiras do método de gerenciamento tradicional. A tecnologia BIM otimiza o suporte técnico para uma construção enxuta do projeto desenvolvido, otimizando a organização da construção e do tráfego, integra dados e reduz a cadeia de gerenciamento para melhor compartilhamento de informações, coordenação, gerenciamento e melhorias na qualidade e eficiência da construção.

A integração da simulação de tráfego com o BIM 4D permite a visualização, configuração e resolução de diferentes aspectos antes do início da construção do projeto. Dols *et al.*, (2021), propõem um framework para recriar virtualmente as vias através da simulação para tomada de decisões importantes, no projeto através da metodologia BIM é possível recriar cenários mais rápidos utilizando um arquivo de troca de dados no formato IFC, e ressalta os benefícios de estudar os aspectos relacionados ao desenho geométrico da via com o uso dos simuladores sendo possível analisar os alinhamentos horizontais e verticais, interseções, velocidade de operação, seções transversais, percurso nas curvas horizontais, distâncias de visibilidade, medidas de segurança viária, sinalização e outros..

Os autores, para testar o modelo através da metodologia BIM escolheram três cenários e os resultados apontaram que o tempo de desenvolvimento dos cenários virtuais somados os tempos de edição, programação e processamento dos dados são diferentes dependendo do método aplicado, por exemplo o método tradicional para um mesmo modelo gastaria mais de 50 horas por quilômetro se usado o BIM o tempo de edição através do IFC gastaria menos de 15 horas por quilômetro (Dols *et al.*, 2021).

Chaoming *et al.*, (2021), explorou uma nova abordagem de melhoria da organização do tráfego através do BIM e da simulação 3D, é a primeira vez que essas duas tecnologias são integradas em projetos de requalificação e expansão de vias, permitindo uma avaliação visual para tomada de decisões através de uma mesa de areia eletrônica. Os estudos mostraram que a integração BIM + simulação de tráfego em 3D durante o planejamento oferece uma visão mais clara da capacidade das estradas para elaboração de projetos técnicos e efetivos.

Os autores criaram um fluxo de processos, para integração dos softwares de simulação e BIM, primeiramente é desenvolvido o modelo da via, após é desenvolvido o modelo do terreno para conectar com o modelo desenvolvido da via, a seguir acontece a interação dos dados entre os softwares de simulação e o BIM para isso o modelo BIM é importado para o software de simulação através do arquivo INPX, isso permite a simulação real da via, incluindo dados reais de fluxo de tráfego, é avaliado a capacidade de tráfego, é realizado a integração dos dados obtidos no programa de simulação através de softwares como LmenRT ou Microstation e finalmente a visualização 3D da organização do tráfego no modelo BIM integrando informações do modelo e tráfego, facilitando tomada de decisões e otimização dos projetos rodoviários (Chaoming *et al.*, 2021).

Cai, Dong e Yu (2022), desenvolveram um estudo sobre a fase de operação de implantação de um projeto viário de um viaduto em que foi necessário fechar uma área para construção, para minimizar os congestionamentos nas vias urbanas afetadas indiretamente pelo projeto é importante realizar rotas alternativas, avaliar diversos parâmetros, como níveis de serviços, fluxos de tráfegos, rotas e outros dados integrados e simulados, os fluxos elaborados pelos autores fornecem uma referência para futuras construções viárias para desvio de rotas.

4.3.2.10.8 Entrevistas avaliativas do BIM

Omoregie e Turnbull (2016), realizaram um estudo comparativo em dois segmentos de uma rodovia no Reino Unido em que foram usados os métodos de elaboração de projeto

tradicional e o uso do BIM. Os autores realizaram uma pesquisa qualitativa por meio de um questionário com o objetivo de que os profissionais selecionados que participaram do projeto falassem sobre suas percepções e compreensão analisando os dois métodos.

Os especialistas entrevistados afirmaram que os métodos tradicionais fornecem uma contribuição importante no projeto e ainda preferem esse método apesar do BIM ter proporcionado muitas melhorias e benefícios, além de esclarecer as dúvidas e dificuldades encontradas no método tradicional, portanto os métodos se complementam. E quanto à percepção dos decretos para uso do BIM, os especialistas acreditam que não será possível se adequar a implementação, devido à falta de treinamento e conscientização, além dos custos altos para implantar o BIM em pequenas empresas.

Sankaran e O'brien (2017) realizaram estudo de caso mapeando treze projetos para analisar a implementação do CIM e as melhorias observadas em cada caso, através de entrevistas semiestruturadas e documentos os autores fizeram uma análise comparativa qualitativa, apesar de um número limitado a pesquisa mostrou-se significativa pois o CIM é uma prática que está em ascensão no setor rodoviário.

A utilização de um fluxo de trabalho digital evitaria repetições, melhoraria a qualidade da informação e os dados continuariam sendo um dos pontos principais na entrega dos projetos, o investimento nos projetos em 3D e tecnologias CIM têm grande potencial para melhorar o desempenho de elaboração de projetos, reduzindo redundância no fluxo de processos e potencializar o uso dos dados para as partes envolvidas (Sankaran e O'brien, 2017).

4.3.2.10.9 Cooperação técnica e acadêmica

Tian, Jiang e Wang (2020), abordaram a importância do processo de elaboração dos desenhos do projeto e que a elaboração dos modelos é uma das características mais importantes do BIM. Os autores relatam que o BIM vai transformar a forma de ensinar, usando como exemplo a construção ou ampliação de uma rodovia que pode levar anos, com isso seria muito difícil para os estudantes participarem de todo o processo e com essa metodologia nova seria interessante para ampliar e aumentar o conhecimento dos alunos. Os modelos estimulam a aprendizagem e melhoram o nível de leitura dos desenhos, promovem a compreensão e o domínio do conhecimento, isso trará melhorias significativas no processo do ensino.

Outro fato importante desse trabalho é a cooperação escola-empresa, foi abordada a importância da integração e intercâmbio entre a área acadêmica e as empresas para aprimoramento dos processos de trabalho, modelagem, aplicação do BIM, desenvolvimento de biblioteca de modelos e outros fatores, para os professores essa cooperação trará conhecimento e enriquecerá o ensino, com isso os estudantes conseguirão ampliar os seus conhecimentos e podem gerar oportunidades e ganhos para todos.

4.3.2.11 Etapa 9: Relatório e recomendações

Tranfield, Denyer e Smart (2003), recomenda que seja produzido um relatório com os resultados obtidos e trabalhados e a divulgação da pesquisa, o objetivo desta revisão sistemática da literatura é verificar o estado da arte para entender como os pesquisadores tem desenvolvido processos na etapa de elaboração dos projetos viários urbanos utilizando a metodologia BIM. A divulgação está acontecendo com a elaboração desse trabalho e em futuros artigos extraídos dela.

4.3.2.12 Etapa 10: Buscando a evidência na prática

Como demonstrado através da revisão sistemática da literatura, os trabalhos que estudam BIM na etapa de projetos viários têm aumentado no decorrer dos últimos dez anos, a grande parte deles no âmbito rodoviário. Porém poucos são os estudos que trabalham na etapa de projeto viário urbano destacando-se o trabalho de Castañeda *et al.*, 2021 que serviu como referência visto que aborda um fluxo de elaboração de projetos utilizando fases de levantamento de dados, estudos de tráfego, elaboração de projetos e análise de custos voltado para um fluxo na área de transporte e trânsito, o que converge com o objetivo deste trabalho, visto que nosso foco está na requalificação de vias urbanas e os estudos de tráfegos e simulação são essenciais para auxiliar nas melhores soluções de projetos.

O trabalho de Hochmuth e Breinig (2016) foi importante para o desenvolvimento do fluxo de processos também, pois além de incorporar a metodologia BIM, desenvolvendo um modelo, os autores desenvolveram um plano de execução BIM (PEB), que serviu como base para implementação dos processos no projeto.

O trabalho de Díaz *et al.*, (2019) foi importante para o desenvolvimento dessa pesquisa, visto que os autores ressaltam a importância da informação dos dados e documentos para o desenvolvimento de projetos, e na parte do desenvolvimento de um modelo BIM, é

demonstrado um caminho lógico a se seguir para o desenvolvimento de um modelo com as disciplinas de topografia, geometria e disciplinas complementares.

A pesquisa de Jian (2020) foi importante para o desenvolvimento dessa pesquisa, visto que o autor, ao criar o modelo federado BIM, instrui em seu trabalho a importância de checar e detectar colisões, realizar e realizar o detalhamento do projeto.

O trabalho de Andriani *et al.*, (2021) foi importante para compreender a etapa de desenvolver modelos existentes, onde todas as informações atreladas a ele são importantes, como por exemplo, larguras, declividades, raios, dentre outros, para o desenvolvimento de novos projetos e correções necessárias nas vias.

A pesquisa de Vignali *et al.*, (2021) foi desenvolvida em vias urbanas e foi essencial para entender como os autores conectaram uma via existente à via nova planejada para o projeto, onde foram realizadas etapas que auxiliaram na construção do segundo artefato desenvolvido.

A pesquisa de Omoregie e Turnbull (2016) e Sankaran e O'brien (2017) foram importantes para o desenvolvimento das entrevistas com especialistas BIM; os últimos autores realizaram entrevistas semiestruturadas e análise de documentos para avaliar a metodologia BIM.

Considerando o crescimento das cidades urbanas, há a necessidade de intervenções viárias para melhoria da mobilidade, sendo necessárias intervenções em locais existentes e todos os benefícios que o uso da metodologia BIM pode trazer para o processo de elaboração de projetos essa pesquisa se faz necessária e para isso foi estabelecido como objetivo principal deste trabalho a confecção de um fluxo de processos para elaboração de projeto viário urbano utilizando a metodologia BIM. Esse fluxo de processos poderá auxiliar professores e pesquisadores na área e também a indústria com um método para auxiliá-los a se adequarem aos decretos federais e começarem a trabalhar com a metodologia BIM.

4.3.3 Etapa 02 - Entendimento do problema (Fase 02)

Na segunda etapa foram realizadas as análises de todas as informações coletadas para a interpretação do problema, sendo desenvolvido uma revisão sistemática da literatura que serviu como base teórica, e também para identificação do estado da arte. concomitantemente com a revisão sistemática, conduziu-se um estudo exploratório com o objetivo de adquirir conhecimentos, competências e habilidades, através de cadernos técnicos, coletâneas, Guias, Manuais que abordam BIM, documentos, leis e decretos para uso e disseminação do BIM. A

partir dessas investigações percebeu-se uma lacuna de pesquisa na área associada ao BIM e projetos viários, e uma lacuna maior ainda se considerado projetos viários urbanos.

De posse de todas as informações e dados levantados nas entrevistas, bibliografia e outros documentos foi essencial e contribuiu para a elaboração do segundo artefato, para isso o método escolhido foi o abdução para elaborar possíveis soluções do problema levantado.

4.3.4 Etapa 03 - Desenvolvimento do segundo artefato (Fase 02)

Essa etapa envolveu o desenvolvimento do segundo artefato proposto, utilizando o primeiro artefato validado e com os conhecimentos adquiridos na etapa de entendimento do problema. A proposição elaborada como solução do segundo artefato foi a criação de um fluxo de processos utilizando a metodologia BIM para desenvolver projetos viários urbanos em suas diferentes disciplinas. Isso visou tornar o processo colaborativo de forma que as disciplinas trabalhem simultaneamente com o propósito de atender os objetivos específicos 02 e 03 e consequentemente o objetivo Geral da pesquisa.

Através da tabulação e análise dos dados coletados que foram levantados no estudo empírico, que incluiu a realização de entrevistas, documentações técnicas, revisão sistemática da literatura e observações foi possível o desenvolvimento de um estudo diagnóstico, que foram fontes de evidência na pesquisa conforme Quadro 3:

Quadro 3 - Fontes de evidências - BIM

Tipos de Evidência	Diagnósticos	Principais Fontes
Documentação	Funcionamento do atual fluxo de processos para elaboração de projetos em BIM, mapa de processos, dados de produção de projetos dos especialistas, guias, cadernos, manuais técnicos, leis e decretos BIM.	Documentos elaborados pelos especialistas entrevistados, leis que padronizam e estabelecem critérios para o desenvolvimento dos projetos BIM.
Literatura	Artigos, dissertações, livros, monografias, teses na área de estudo.	Google acadêmico e Portal Capes
Entrevistas	Entrevista com uma amostra de profissionais que desenvolvem projetos em BIM.	Profissionais com cinco anos de experiência como: arquitetos, engenheiros civis e de transporte e trânsito, técnicos e com pós graduação na área de mobilidade e transportes, construção civil e arquitetura

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

4.3.5 Avaliação da solução (Fase 02)

Nessa etapa ocorreu a avaliação do segundo artefato proposto e à análise de aplicabilidade da sua solução. Dada a impossibilidade de testar o fluxo em um projeto modelo devido ao tempo de elaboração da pesquisa, foi proposto uma avaliação do fluxo de processos por especialistas, que desenvolvem a etapa de projeto em BIM. Esses especialistas desempenham funções como BIM Manager e Coordenador BIM possuindo no mínimo três anos de experiência na área, e preferencialmente, participação em implementações BIM em empresas e processos de projeto.

O Artefato construído foi apresentado aos especialistas convidados, em uma entrevista semiestruturada e avaliativa, realizada com os dez profissionais BIM. A entrevista seguiu um roteiro pré-estabelecido com o uso de um questionário para guiar a entrevista, conforme

apresentado no APÊNDICE V – Questionário especialistas BIM, Alguns trechos estão transcritos conforme autorização prévia dos entrevistados para gravação.

A partir das análises críticas e sugestões dos especialistas nas suas avaliações foi desenvolvida uma reflexão sobre o artefato e suas instanciações, proporcionando oportunidades de pesquisas para futuros pesquisadores explorarem novas áreas de estudos e trazer suas contribuições.

4.3.6 Agregação de valor/conclusão

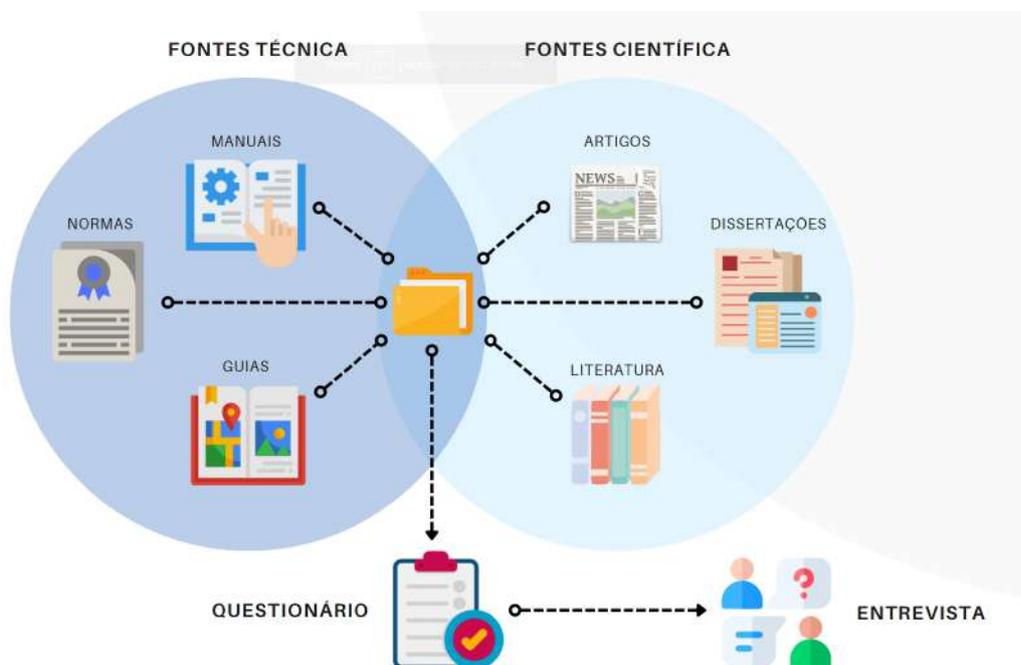
A etapa final para conclusão da pesquisa, seguindo a abordagem do DSR, envolveu a comunicação dos resultados observados, avaliação e apresentação das contribuições teóricas e práticas do modelo final do artefato. Foram apresentadas as limitações da pesquisa, a eficácia do artefato proposto, a compilação e organização dos resultados para atingir o objetivo final, além de indicar possíveis direções para pesquisas futuras.

5 DESENVOLVIMENTO

Neste capítulo, é apresentado o desenvolvimento da pesquisa, abordando a construção dos artefatos para esse trabalho, as entrevistas com os especialistas PVU, empresas e especialistas BIM. São destacadas suas sugestões, contribuições e avaliações dos artefatos propostos, conduzidas por meio de entrevistas semiestruturadas. Ao final, são apresentadas as sequências de processos dos dois artefatos, destacando suas semelhanças, diferenças e considerações relevantes.

Para a elaboração do questionário utilizado nas entrevistas semiestruturadas com os especialistas, foi desenvolvido um modelo de busca de artigos científicos, dissertações e livros de autores renomados em cada etapa de elaboração do projeto viário urbano. Foram consultadas fontes técnicas, como manuais, normas, guias e planilhas, com o objetivo de obter uma compreensão mais aprofundada do problema estudado, conforme ilustrado na Figura 31.

Figura 31 - Fontes para elaboração das entrevistas



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Para realização das entrevistas com os especialistas foi considerada uma amostragem orientada de acordo com (Bryman, 2012). Essa abordagem é uma forma não probabilística que tem o objetivo de selecionar os entrevistados de forma estratégica e que atendam os objetivos do estudo. O objetivo da pesquisa qualitativa é selecionar participantes que possam

responder às perguntas da pesquisa e que representem de forma estratégica os parâmetros estudados (Given, 2012).

5.1 Seleção dos especialistas

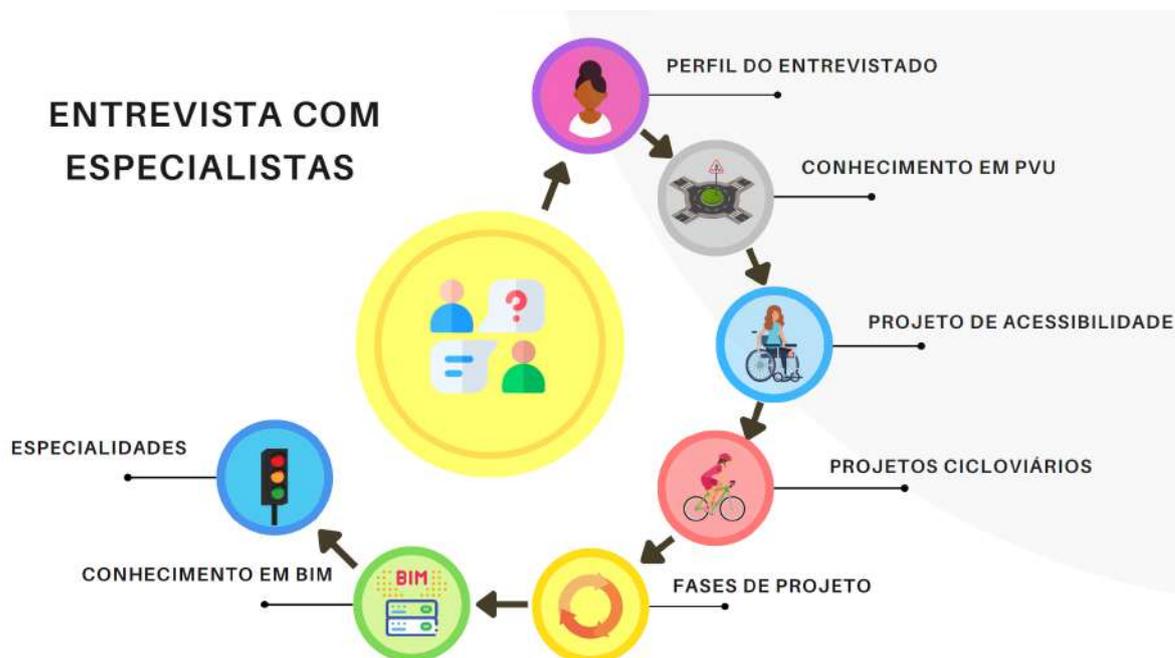
Para a escolha dos participantes das entrevistas, considerou-se especialistas que desenvolvem projetos viários urbanos, possuindo mais de cinco anos de atuação na área, com formação técnica e acadêmica e que residam no Brasil. A partir dos primeiros especialistas identificados foi utilizado o método de Bola de Neve, onde foi solicitado aos entrevistados que indicassem outros especialistas relevantes à pesquisa e pertencentes ao mesmo grupo. No total foram entrevistados 25 especialistas que elaboram projeto viário urbano.

5.2 Entrevistas com especialistas

As entrevistas foram conduzidas com o objetivo de compreender como esses profissionais desenvolvem os PVU. Buscou-se explorar possíveis melhorias para a elaboração dos projetos. O objetivo era entender o processo de elaboração dos projetos, suas etapas e coletar informações relevantes para a construção do primeiro artefato.

Para as entrevistas semiestruturadas, foi elaborado um questionário com perguntas conforme apresentado no fluxograma mostrado na Figura 32 e as questões disponíveis no APÊNDICE II – Questionário especialistas PVU. Essas questões foram aplicadas de maneira presencial e online, para nortear a construção do primeiro artefato.

Figura 32 - Fluxograma para entrevistas com especialistas PVU



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

5.3 Tabulação dos dados

Após a realização das entrevistas, foram desenvolvidas as tabulações e análises dos dados coletados, com o objetivo de mapear o perfil dos entrevistados, suas áreas de conhecimentos e tempo de experiência profissional. Na segunda fase das entrevistas, o foco direcionou-se para o desenvolvimento e elaboração dos projetos, enquanto a terceira parte abordou o conhecimento em BIM.

5.3.1 Perfil dos entrevistados

Dos 25 especialistas entrevistados envolvidos no desenvolvimento dos projetos viários urbanos, foi observado uma distribuição equitativa nos gêneros dos entrevistados com 52% de mulheres e 48% de homens.

Gráfico 13 - Gênero dos entrevistados



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

O Gráfico 14 mostra que 48% dos profissionais são engenheiros civis, 44% são arquitetos e urbanistas. Um entrevistado, embora possua ampla experiência na área, possui formação técnica e está concluindo sua graduação, enquanto outro é engenheiro eletricista com mais de 40 anos de atuação em projetos viários urbanos. Além disso, 72% possuem algum tipo de especialização, como pós-graduação, MBA ou mestrado conforme ilustração do Gráfico 15.

Gráfico 14 - Formação acadêmica



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 15 - Nível de escolaridade



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Dentre os 18 profissionais que responderam que possuem especialização na área. O que demonstra elevado nível de capacitação profissional dos entrevistados. No total nove possuem especialização em engenharia de transportes, dois possuem em planejamento ambiental e urbano, dois em gerenciamento de projetos e os outros possuem respectivamente

em orçamento, urbanismo, pavimentação, engenharia de tráfego e mobilidade urbana e infraestrutura conforme Gráfico 16.

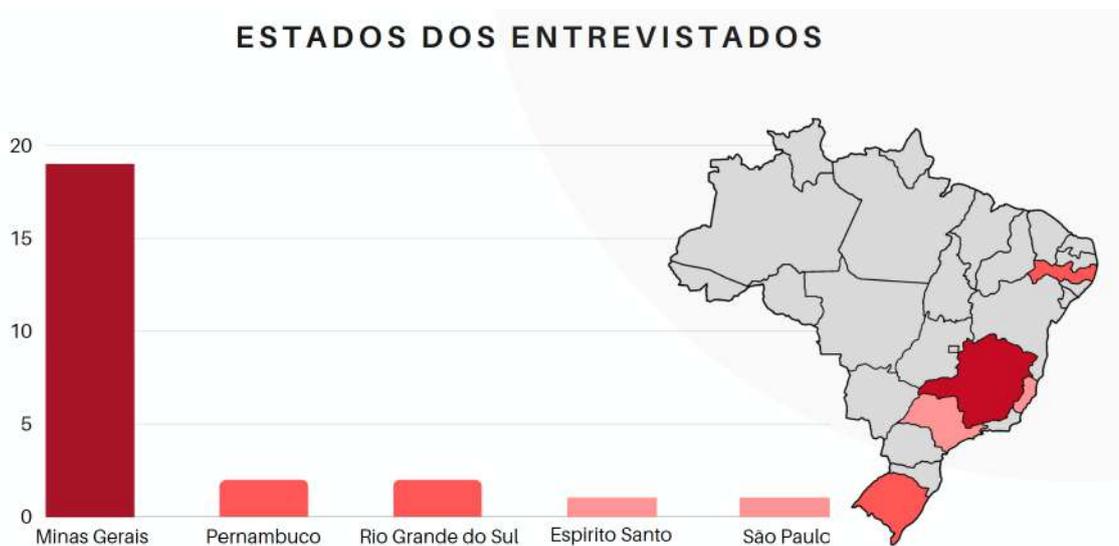
Gráfico 16 - Especialização na área



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Dos 25 especialistas entrevistados, 19 residem atualmente em Minas Gerais, 2 no estado de Pernambuco, 2 no Rio Grande do Sul, 1 no Espírito Santo e 1 em São Paulo, representando três regiões do Brasil: Nordeste, Sudeste e Sul.

Gráfico 17 - Estado dos entrevistados



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Os profissionais entrevistados não apenas apresentam uma sólida formação acadêmica, mas também possuem uma vasta experiência profissional. Para essa primeira entrevista foram selecionados profissionais com mais de cinco anos de atuação profissional na área. Os resultados indicam que apenas 8% possuem exatamente 5 anos de experiência profissional, 28% têm entre 5 e 10 anos, 24% acumulam entre 10 e 15 anos, enquanto 40% dos especialistas possuem mais de 15 anos de atuação profissional na área, conforme Gráfico 18.

Além disso, foram perguntados em que tipo de empresa os profissionais estão inseridos atualmente. Da amostra total, 72% trabalham em empresas privadas, 16% em organizações não governamentais internacionais e 12% atuam de maneira independente desenvolvendo projetos conforme o Gráfico 19.

Gráfico 18 - Tempo de experiência profissional



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 19 - Tipo de empresa inserida no momento



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Foi perguntado para os profissionais se eles já haviam trabalhado em órgãos públicos, considerando que a aprovação de muitos projetos viários urbanos requer a interação com entidades governamentais, 52% dos entrevistados responderam que já atuaram em empresas, órgãos, superintendências no âmbito público.

Gráfico 20 - Atuação em empresa ou órgão público



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Com os dados obtidos nas perguntas acima destacam a elevada qualificação técnica dos profissionais entrevistados, o extenso tempo de atuação no mercado, e a busca por aprimorar seus conhecimentos na área de trabalho através de especializações. Todos esses elementos fundamentam e justificam a escolha desses profissionais para mapear as informações necessárias para construção do primeiro artefato.

5.3.2 Elaboração do Projeto Viário Urbano

Após a obtenção do perfil profissional dos entrevistados, foi realizada uma sessão mais técnica, com o objetivo de explorar o desenvolvimento do projeto viário urbano, abordando disciplinas em que esses profissionais atuam no processo de elaboração do projeto, etapas de projeto e softwares utilizados.

O Gráfico 21 apresenta os softwares mais utilizados pelos profissionais na elaboração dos seus projetos. Todos os entrevistados responderam que utilizam o AutoCAD, 18 mencionaram a utilização do Civil 3D, 4 utilizam o Revit, 4 utilizam o Infracad, 3 utilizam o MicroStation e 2 utilizam ArchiCAD. Esses dados evidenciam a predominância dos softwares da Autodesk na área pesquisada.

Gráfico 21 - Softwares utilizados para elaboração dos projetos



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Na indagação sobre as disciplinas consideradas essenciais para o desenvolvimento do projeto viário urbano, todos os entrevistados, de forma unânime, afirmaram que todas as disciplinas listadas são fundamentais na elaboração de seus projetos, conforme indicado no Gráfico 22.

Foram perguntados aos profissionais também se eles consideravam alguma outra disciplina essencial que não foi citada na pergunta, alguns especialistas destacaram perspectivas relevantes. O Especialista 02 citou que considerava o projeto arquitetônico, principalmente ao se analisar a disciplina de acessibilidade. O Especialista 15 enfatizou a relevância do paisagismo. Os Especialistas 14, 20, 21, 24 e 25 mencionaram a disciplina de segurança viária como essencial, ressaltando que, embora em projetos rodoviários ela já está bem difundida, essa área está começando a receber maior ênfase no âmbito urbano, respaldada inclusive pela norma NBR 15486/2020

Gráfico 22 - Disciplinas consideradas para elaboração do PVU



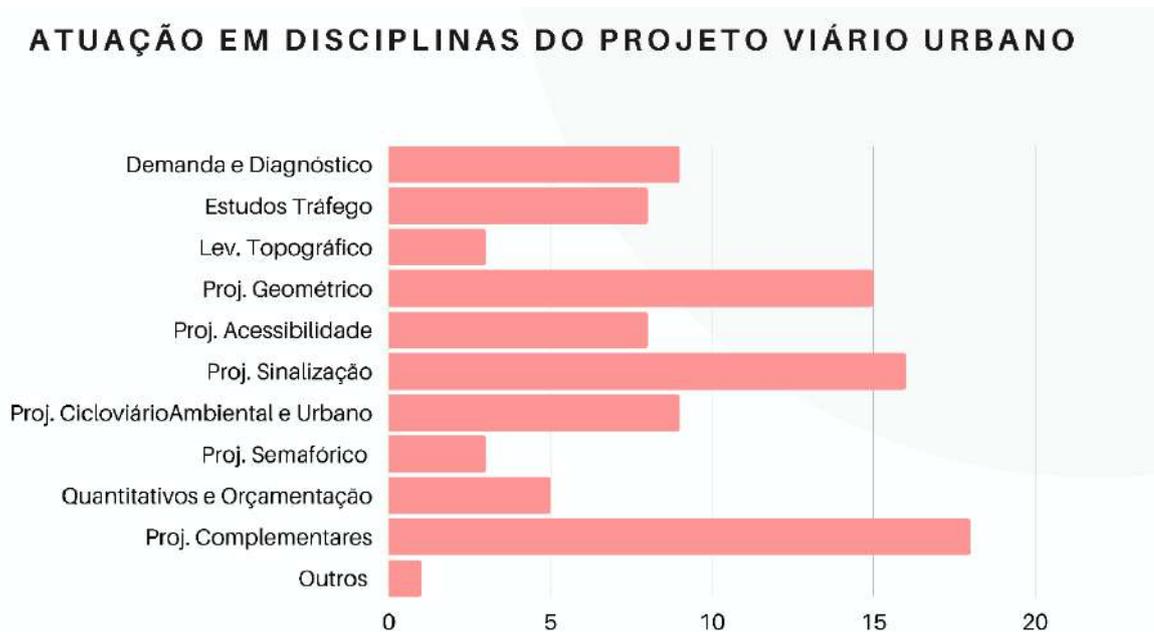
Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Para otimizar as entrevistas e poder entender as dificuldades, desafios, as interações entre disciplinas, bem como mapear os dados de entradas e saídas de cada uma, foi solicitado aos profissionais que indicassem até 4 áreas em que possuíam maior conhecimento e domínio no tema, conforme evidenciado no Gráfico 23. As disciplinas em que os profissionais revelaram maior conhecimento foram, respectivamente: geometria, sinalização, projeto ciclovitário, diagnóstico, estudo de tráfego e acessibilidade. Vale ressaltar que o Especialista 06 afirmou que seu maior conhecimento no âmbito dos projetos viários urbanos é na área de

estudos hidrológicos e projetos de drenagem que compõem a disciplina de projetos complementares.

Aos especialistas que assinalaram projetos de sinalização como sua especialidade, foi solicitado que indicassem a área específica de atuação. Unanimemente, todos os profissionais que trabalham com a disciplina de sinalização, abrangendo áreas como sinalização horizontal, vertical de regulamentação e advertência e sinalização indicativa, afirmaram possuir conhecimento em todas as 4 áreas mencionadas, conforme ilustrado no Gráfico 24.

Gráfico 23 - Atuação em disciplinas do PVU



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 24 - Área de atuação nos projetos de sinalização



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Os especialistas entrevistados que possuem expertise em disciplinas complementares, foram questionados em quais áreas eles possuem amplo conhecimento: Terraplenagem e projetos urbanísticos se destacaram, drenagem, pavimentação e estudos de greides, perfis e seções também se destacaram. Muitos desses profissionais também trabalham com projetos rodoviários, desenvolvendo novas vias, disciplinas essenciais para elaboração desse tipo de projeto, embora seja considerado complementar no contexto urbano. É importante mencionar que muitos projetos não demandam essas disciplinas, e quando necessário, especialistas externos e da equipe de rodovias, são solicitados.

Foram perguntados aos especialistas se além dessas disciplinas eles elaboraram outra disciplina de projetos complementares. Os Especialistas 04 e 14 destacaram a importância de considerar as disciplinas de segurança viária, e o Especialista 05 ressaltou novamente a importância dos estudos ambientais e hidrológicos no âmbito urbano.

Gráfico 25 - Atuação em disciplinas complementares



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

5.3.3 Acessibilidade como disciplina do PVU

Nos últimos anos a acessibilidade se consolidou como um dos projetos essenciais no âmbito urbano, com o objetivo de propiciar uma cidade mais inclusiva, e garantir o direito de ir e vir a todas as pessoas. As normas de acessibilidade e de sinalização tátil foram essenciais para auxiliar na elaboração dos projetos e requalificação das calçadas e passeios e também serviu de auxílio para elaboração de diversas cartilhas pelas mais diversas prefeituras do país.

Por esses motivos e pela expertises dos profissionais, foram perguntados se eles consideravam a acessibilidade uma disciplina do PVU ou apenas uma etapa da disciplina do projeto geométrico, 92% consideram uma disciplina do projeto e 8% consideram uma etapa conforme mostrado no Gráfico 26.

Gráfico 26 - Acessibilidade como disciplina de PVU



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Alguns especialistas realizaram comentários sobre suas vivências práticas sobre a acessibilidade como uma disciplina no desenvolvimento dos projetos. O Especialista 01 enfatizou sua ampla experiência com as diversas disciplinas do projeto viário urbano, mas ressaltou a importância da disciplina de acessibilidade para o PVU, e ressaltou que sua especialização concentra-se na área de acessibilidade. Ele realizou cursos, participou de conferências e congressos, direcionando seu foco principal para os projetos de acessibilidade urbana.

O Especialista 04 ressaltou que a acessibilidade influencia diretamente em todos os aspectos do PVU, enquanto o Especialista 05 afirmou que hoje não se desenvolve um projeto viário urbano completo sem contemplar a acessibilidade completa da área de abrangência. O Especialista 07 destacou a diversidade de soluções ao redor do mundo quando o quesito são projetos de acessibilidade.

O Especialista 09 ao comentar sobre a disciplina de acessibilidade, destacou que embora o termo esteja em destaque na atualidade, há uma necessidade de que os profissionais façam uma abordagem correta e criteriosa. Foi ilustrado como um exemplo: quantas prefeituras afirmam que são favoráveis a acessibilidade, mas quantos semáforos para pedestres realmente existem em uma grande área hospitalar? Os semáforos que existem estão com tempo suficiente para que idosos, pessoas com mobilidade reduzida consigam atravessar? As faixas de travessia de pedestres necessitam de semáforos que atendam às

necessidades locais, o ideal seria que o condutor priorizasse os pedestres dando preferência, contudo, lamentavelmente, essa não é a cultura predominante em nosso país. A acessibilidade é ampla e abrange diversos aspectos, sendo necessário pensar em soluções que vão além das questões geométricas, incluindo projetos de sinalização semafórica e sinalização viária.

O Especialista 13 observou que, em seus projetos, a acessibilidade normalmente está integrada ao projeto geométrico. Por outro lado, o Especialista 20 ressaltou que os projetos de acessibilidade envolvem muitos detalhes e nuances, demandando a expertise de um especialista para realizar todas as inserções ou modificações nas vias existentes. O Especialista 25 enfatizou que devido a complexidade de elaboração desses projetos, é necessário contar com um profissional na equipe com competência para realizar análises e desenvolver projetos com total atenção.

Sobre os projetos de acessibilidade, também foi questionado se houveram mudanças nos responsáveis pelo desenvolvimento desses projetos, sendo que 92% dos entrevistados consideram que houveram mudanças, enquanto 8% acreditam que os profissionais responsáveis pela geometria urbana, desenvolvem a acessibilidade, conforme gráfico 26.

O Especialista 01 ressaltou a necessidade de um profissional capacitado para elaborar as melhores soluções em acessibilidade e também para compatibilizar o projeto com disciplinas como geometria, sinalização e sinalização semafórica. O Especialista 03 mencionou que quando o profissional se concentra em uma área específica como a acessibilidade, é possível aprofundar-se e encontrar novas soluções de projetos, em relação a um profissional na nossa área que não se aprimorou, não consegue chegar em soluções tão técnicas e refinadas. Tenho trabalhado com profissionais dedicados a oferecer soluções em acessibilidade, resultando em melhorias significativas em nossos trabalhos.

O Especialista 06 comentou que a partir do momento que foi incluída a disciplina de acessibilidade na formatação e transformação das cidades, foi necessária uma capacitação específica, seja para os profissionais que desenvolvem projeto geométrico, quanto para equipes especializadas em acessibilidade. Ele ressaltou que ambas as formas são eficazes, destacando a necessidade de adotar ferramentas como alargamento de calçadas, rampas e pisos táteis, resultando em mudanças nas soluções de projeto.

O Especialista 16 considera que ocorreram mudanças significativas, principalmente devido a atualização das normativas. Ele ressaltou que atualmente os próprios órgãos passaram a exigir que os projetos sejam práticos e racionais. Atualmente, existem cartilhas que abordam a compatibilização de projetos, tratando questões como a interferência entre postes de iluminação com as rampas de acessibilidade.

5.3.4 Intervenções cicloviárias como disciplina do PVU

A Lei Federal nº 12.587/2012, que institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana, impulsionou o crescimento no uso dos modos ativos de transportes, como o uso de bicicleta. Recentemente o Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN publicou o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, Vol. VIII - Sinalização Cicloviária. Muitas prefeituras em todo o país começaram a elaborar planos cicloviários estabelecendo metas para a construção de ciclovias, ciclorrotas, faixas compartilhadas, ciclofaixas e outras soluções visando a expansão da malha cicloviária como parte de seus objetivos.

Diante desse contexto e considerando as expertises dos profissionais, foi perguntado se eles consideram os projetos cicloviários uma disciplina do PVU ou apenas uma das etapas das disciplinas dos projetos de sinalização e geometria, conforme apresentado no Gráfico 27. Dos 25 especialistas entrevistados, 72% consideram como uma disciplina do projeto, enquanto 18% consideram como uma etapa do processo.

Gráfico 27 - Projeto cicloviário, uma disciplina de PVU



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Alguns especialistas compartilharam suas experiências práticas em relação às intervenções cicloviárias enquanto disciplina no desenvolvimento dos projetos. O Especialista 02 ressaltou que considera essa abordagem como uma etapa, pois é necessária uma

compatibilização com as diversas disciplinas como sinalização, geometria e acessibilidade. O Especialista 06 enfatizou a importância de contar com uma equipe especializada em projetos cicloviários, ressaltou que ao incluir no escopo o projeto cicloviário, todo o desenvolvimento do projeto passa por mudanças que podem modificar toda a configuração da via, é necessário profissionais que tenham expertise nesses tipos de soluções. O Especialista 16 considera em partes, em alguns casos os órgãos competentes solicitam que haja um tratamento para os ciclistas, os projetos passam pelas outras disciplinas como geometria e sinalização mas com enfoque nas necessidades dos ciclistas. Já o Especialista 23 considera que as intervenções cicloviárias podem ser tratadas como uma disciplina, embora não sejam aplicáveis a todos os projetos, pois nem todos são necessários tratamento cicloviário.

Sobre os projetos cicloviários, também foi questionado se houve mudanças nos responsáveis pelo desenvolvimento dos projetos. De acordo com a pesquisa, 88% dos entrevistados consideram que ocorreram mudanças, enquanto 12% acreditam que os profissionais responsáveis pela geometria urbana e sinalização, desenvolvem o projeto cicloviário dependendo do tipo de solução, conforme mostrado no Gráfico 27.

O Especialista 02 ressaltou que houve mudanças nos responsáveis, principalmente nos últimos anos. Os profissionais capacitados conseguem desenvolver soluções, principalmente em intercessões, que especialistas que se concentram apenas na sinalização ou na geometria como um todo podem não conseguem desenvolver. O Especialista 04 destacou que, embora não considere os projetos cicloviários como uma disciplina, atualmente as prefeituras e órgãos competentes estão exigindo tratamento específico, que antes não eram tão olhados, envolvendo diversos profissionais, tornando-se uma especialidade.

O Especialista 06 afirmou que muitas das vezes é necessário ajustar larguras de faixas de rolamento, realizar mudanças na circulação viária, reconfigurar geometrias das interseções, realizar o planejamento de novos focos semaforicos e buscar elementos de segregação para estrutura cicloviária, incorporando novas ferramentas de desenho no desenvolvimento dos projetos.

O Especialista 07 ressaltou que ocorreram muitas mudanças, destacando o lançamento do manual brasileiro de sinalização cicloviária e diversos manuais internacionais que trazem soluções inteligentes e respaldam o desenvolvimento de projetos cicloviários.

O Especialista 15 confirmou que aconteceram mudanças. Na grande maioria dos municípios do Brasil a parte da gestão cicloviária anteriormente ficava sob a responsabilidade de diferentes secretarias, como a de turismo. Atualmente, os planos cicloviários estão integrados aos setores de planejamento e obras e transporte e trânsito.

O Especialista 22 ressaltou que houveram grandes mudanças, como desenvolvimento de rotas cicláveis e a integração com outros tipos de modais de transporte. Ele destacou a grande adesão dos profissionais do setor público, que estão estudando mais. O fruto dessa evolução foi a elaboração do manual nacional em que padroniza as normas indicando uma tendência crescente nesse cenário.

5.3.5 Fases de desenvolvimento de projeto

Foi apresentado aos entrevistados um macro fluxo, conforme Figura 33, das fases no desenvolvimento dos projetos viários urbanos e foi perguntado aos especialistas se eles concordavam, se faziam alguma alteração ou acrescentariam alguma informação.

Figura 33 - Fases no desenvolvimento dos PVU



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Dos 25 entrevistados, os especialistas 01, 03, 07, 11, 12, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24 e 25 expressaram grande satisfação com o primeiro macrofluxo apresentado, afirmando que não mudariam nem acrescentariam nada, pois são essas as fases vivenciadas no desenvolvimento do projeto tradicional.

Considerando as entrevistas com os especialistas em diferentes estados e regiões do país, identificamos algumas variações conceituais utilizadas em determinados locais. Por exemplo, termos como projeto conceitual e projeto funcional, anteprojeto e projeto básico, projeto executivo e detalhamento são considerados mesmos acrônimos. Por esse motivo, o macrofluxo desenhado incorpora os dois termos comumente utilizados em cada processo.

O especialista 02 destacou a importância do projeto conceitual/funcional pois é o momento em que as soluções advindas dos estudos técnicos, como os estudos de tráfego, são testadas. Frequentemente esse especialista entrega o projeto funcional/conceitual para os clientes para validação técnica e financeira, antes de iniciar a elaboração do projeto básico/anteprojeto.

Como exemplo, o especialista 04 ressaltou a importância do projeto funcional/conceitual ao abranger toda a fase de planejamento e estudo, desenvolvendo um pré-desenho de como funcionaria a área e o que é importante analisar no fluxo de tráfego e na geometria da via, realmente desenvolvendo a concepção. Ele mencionou que após a aprovação da concepção, inicia-se o desenvolvimento do projeto básico e suas disciplinas como, geometria e acessibilidade, e verificar se é necessário desenvolver disciplinas complementares, caso após os estudos e definições do projeto conceitual se mostrou necessário. Colocaria o projeto executivo/detalhamento na mesma caixa, para não confundir a pessoa mais leiga para entender o fluxo. O especialista 05 indicou possuir um macrofluxo diferente, mas reconheceu que o macrofluxo apresentado faz todo o sentido para entendimento de como é o processo de elaboração de um projeto viário urbano.

O especialista 06 ressaltou que a estrutura conceitual está bem alinhada, mencionando um projeto challenge desenvolvido pela União Europeia, no desenvolvimento dos planos de mobilidade urbana sustentável. Nesse projeto eles colocaram como uma etapa crucial do planejamento a realização de uma consulta pública. Durante a fase do desenvolvimento de projeto esse especialista elaborou mudanças de workplan, na sua gerência, ele integrava os projetistas de geometria, sinalização, drenagem, luminotécnico e outros. Atualmente, ao desenvolver o projeto geométrico ele identifica as necessidades de desenvolver outros projetos complementares, ou outras disciplinas do projeto, uma vez desenvolvido o geométrico ele reúne a equipe e autoriza o desenvolvimento das outras especialidades.

O especialista 08 ressaltou que o fluxo está bem aplicado, e que no escopo do projeto ele realiza a análise das disciplinas que serão necessárias. Destacou que nem as macros fases ocorrem em todos os projetos. Os estudos de tráfegos chamados de estudos técnicos direcionam o desenvolvimento da maioria dos projetos. Às vezes o especialista é contratado e desenvolve apenas os estudos de tráfego, em outras situações é responsável pelo projeto sem necessidade de elaborar estudos. O diagnóstico desenvolvido serviria apenas como guia para o desenvolvimento do projeto.

O especialista 09 sugeriu trocar o nome da fase de “projetação” para “projeto” e acrescentaria uma etapa de estudos de diretrizes urbanas. O Especialista 10 achou interessante

o fluxo compartilhando uma experiência que desenvolveu um projeto geométrico no qual o escopo do projeto de terraplenagem não incluído, visto que era intervenções urbanas locais. O cliente solicitou posteriormente essa disciplina complementar, como se fosse algo contratado, o que gerou um grande volume de trabalho. Ele propôs colocar essa interação com o cliente na fase do planejamento.

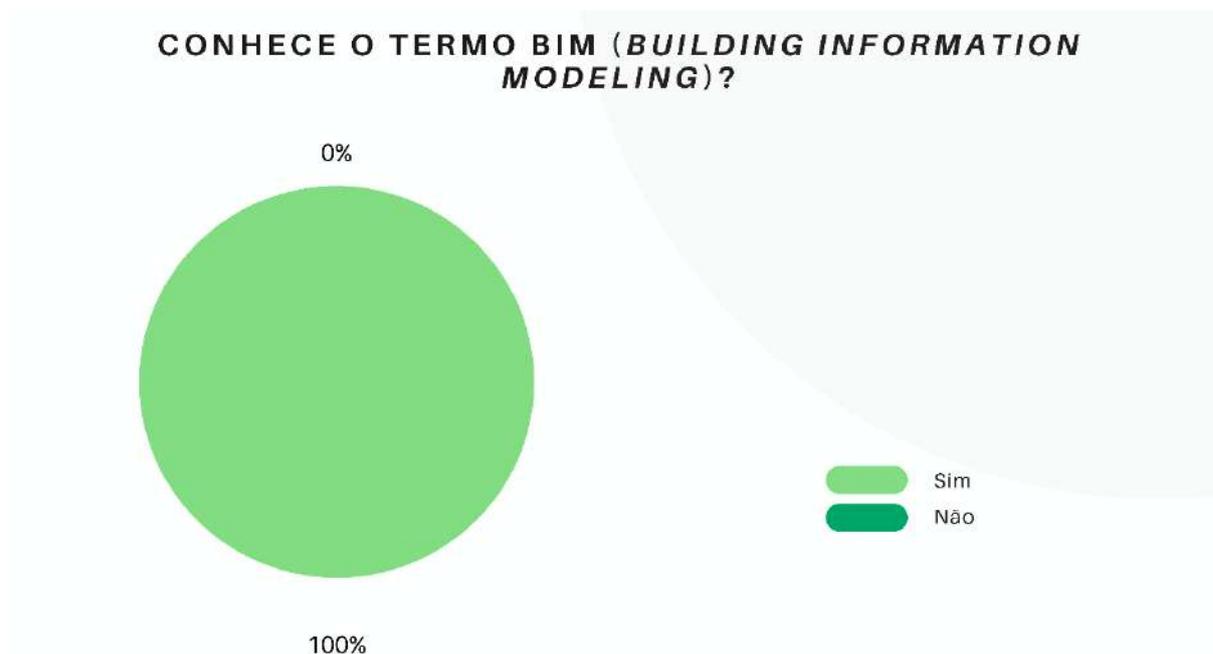
O especialista 14 mencionou que o fluxo atenderia bem, mas sugeriu destrinchar cada uma das micro fases para facilitar compreensão dos participantes. Ele indicou a importância de antes do projeto básico ter o projeto funcional, seguindo uma abordagem do tipo brainstorming para estudar alternativas e com a alternativa escolhida desenvolver o projeto básico/anteprojeto. Esse método frequentemente é solicitado pelos órgãos competentes.

O especialista 15, apesar de concordar com o fluxo, propôs adicionar uma etapa no planejamento como consulta pública/oficina para uma participação da sociedade no desenvolvimento das soluções de projetos, principalmente os que englobam soluções urbanas que trazem impactos nas ruas e bairros.

5.3.6 Conhecimento em BIM

Com o objetivo de desenvolver um fluxo de processos para elaboração do projeto viário urbano utilizando BIM, os Gráficos 28 ao 35 foram desenvolvidos para mapear o conhecimento dos especialistas nessa área. Os elementos avaliados incluem a familiaridade com o termo BIM, o conhecimento dos decretos federais que regem o uso e a disseminação do BIM, bem como a participação prévia desses profissionais em projetos BIM.

Gráfico 28 - Conhece o termo BIM

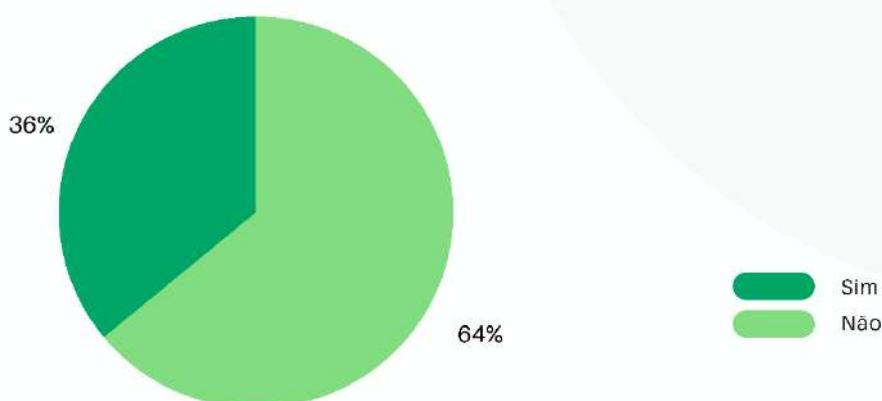


Fonte: elaborado pelo autor (2023).

O Gráfico 28 evidencia que todos os 25 respondentes têm conhecimento do termo BIM. No Gráfico 29, foi perguntado aos especialistas se eles possuíam conhecimento dos decretos nº 9.983/2019 e 10.306/2022. Dentre a amostra, 64% afirmaram conhecer os decretos, enquanto 36% não conheciam. Dessas pessoas a grande maioria se mostrou interessado em estudar e compreender os decretos.

Gráfico 29 - Conhece os decretos do BIM

CONHECE OS DECRETOS FEDERAIS Nº 9983 E 10306 PARA INVESTIMENTO, UTILIZAÇÃO, CAPACITAÇÃO E EXPANSÃO DO BIM NOS PROJETOS DE ENGENHARIA?

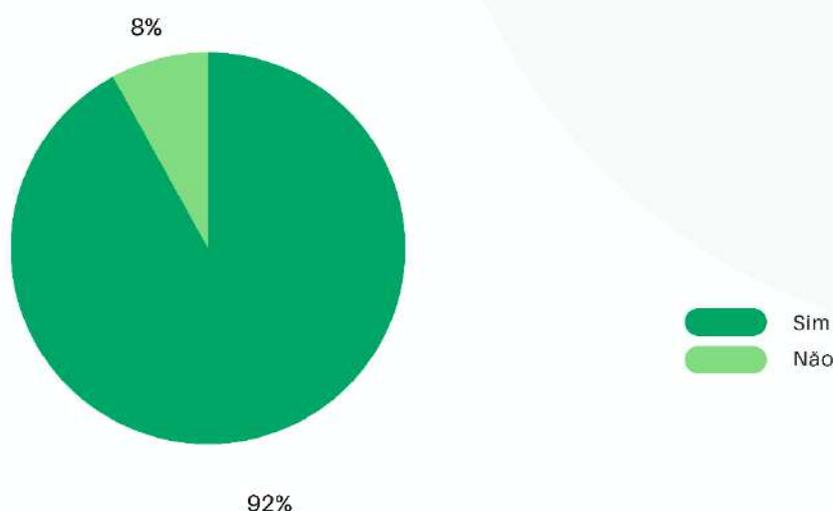


Fonte: elaborado pelo autor (2023).

O Gráfico 30 revela que 92% dos entrevistados têm a intenção de se aprofundar em BIM, conhecendo a metodologia e a tecnologia para elaboração dos projetos. Em contraste, 8% dos entrevistados não têm planos de aprofundar-se no tema. Por exemplo, o especialista 09 cujo foco está nos estudos de tráfego, e o especialista 23 por ter uma abordagem mais técnica em soluções de projetos.

Gráfico 30 - Pretende conhecer ou aprofundar em BIM

PRETENDE CONHECER OU APROFUNDAR EM BIM PARA ELABORAR PROJETOS VIÁRIOS URBANOS UTILIZANDO ESSA METODOLOGIA



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Foi perguntado aos especialistas se já fizeram uso do BIM ou se, na empresa em que estão inseridos atualmente já realizaram algum trabalho utilizando essa metodologia, conforme apresentado no Gráfico 31, dentre os especialistas, 44% afirmaram não utilizar BIM, enquanto 14 especialistas, totalizando 56% já realizaram uso do BIM em algum momento. Caso o especialista não tivesse experiência com o BIM, encerramos essa parte da entrevista dando continuidade apenas com aqueles que já tivessem utilizado o BIM.

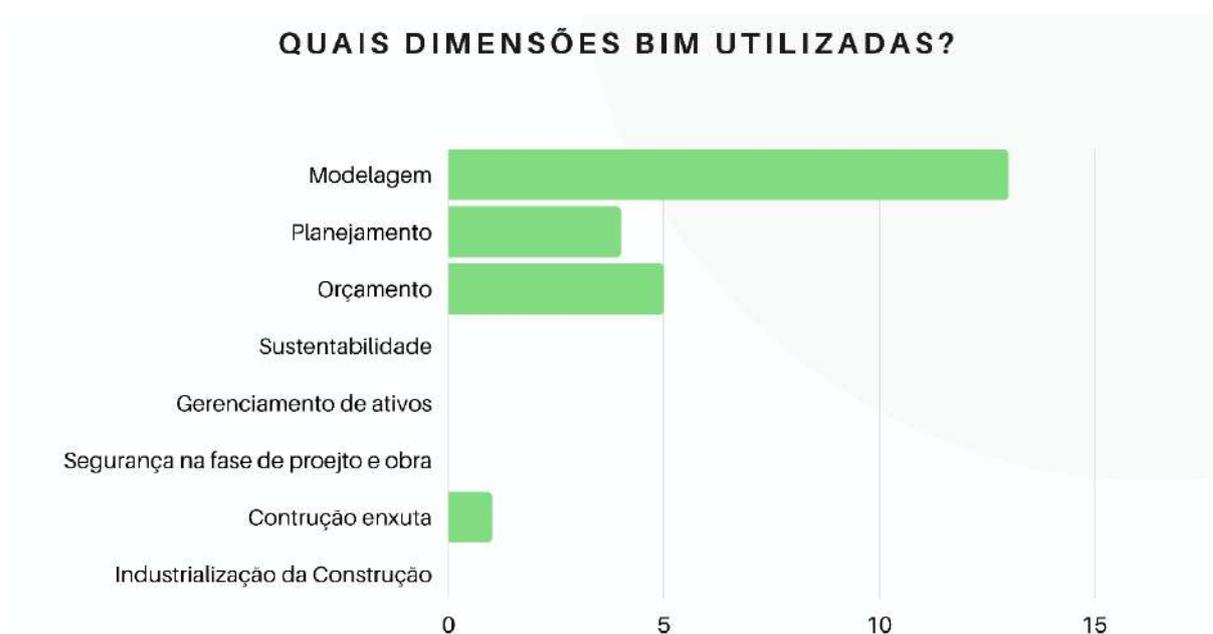
Observa-se, no Gráfico 32, as dimensões utilizadas em BIM, a etapa de modelagem, orçamentação e construção enxuta. Os especialistas já realizaram algum tipo de trabalho, seja experimental como um projeto piloto, ou modelagens desenvolvidas para entregas. Alguns especialistas citaram que os casos BIM que houveram suas participações foram de projetos rodoviários, e não em projetos urbanos. O que aponta uma necessidade de começar a utilizar o BIM nesses projetos.

Gráfico 31 - Já fez o uso do BIM



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

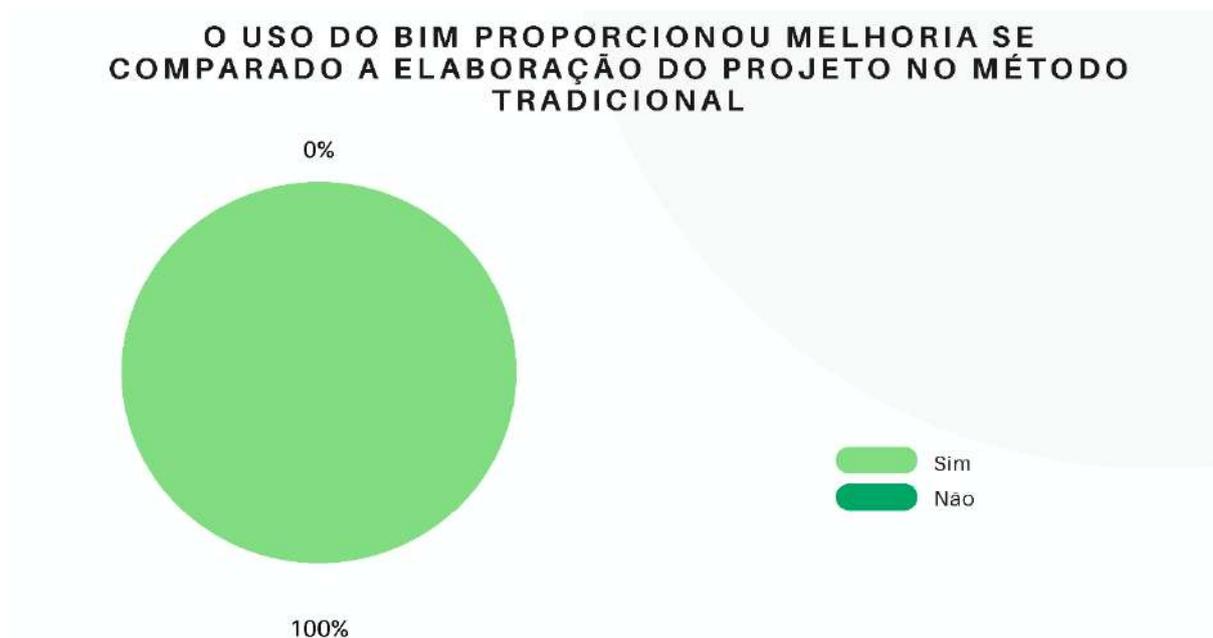
Gráfico 32 - Quais dimensões BIM utilizadas



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Observa-se conforme o Gráfico 33, que unanimemente todos os especialistas afirmaram que o uso do BIM proporcionou melhorias, em comparação com a elaboração do projeto no método tradicional. Essas melhorias incluem a visualização do projeto, a extração de quantitativos, materiais e a facilitação das trocas de informações.

Gráfico 33 - O uso do BIM proporcionou melhoria



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

No Gráfico 34 foi perguntado aos 14 especialistas, se houve ganho de tempo na elaboração dos projetos e 21,40% da amostra (3 especialistas) afirmaram que não. Isso se deve em grande parte a metodologia ser nova, principalmente na fase de modelagem e criação de objetos. Como é algo novo, não foi possível mensurar redução de tempo na elaboração. Foi perguntado também se a modelagem facilitou a compatibilização das disciplinas, apenas 1 respondente afirmou que não, explicando que o projeto trabalhado era experimental e faltou uma coordenação para ajudar nos processos e entendimento do projeto como um todo.

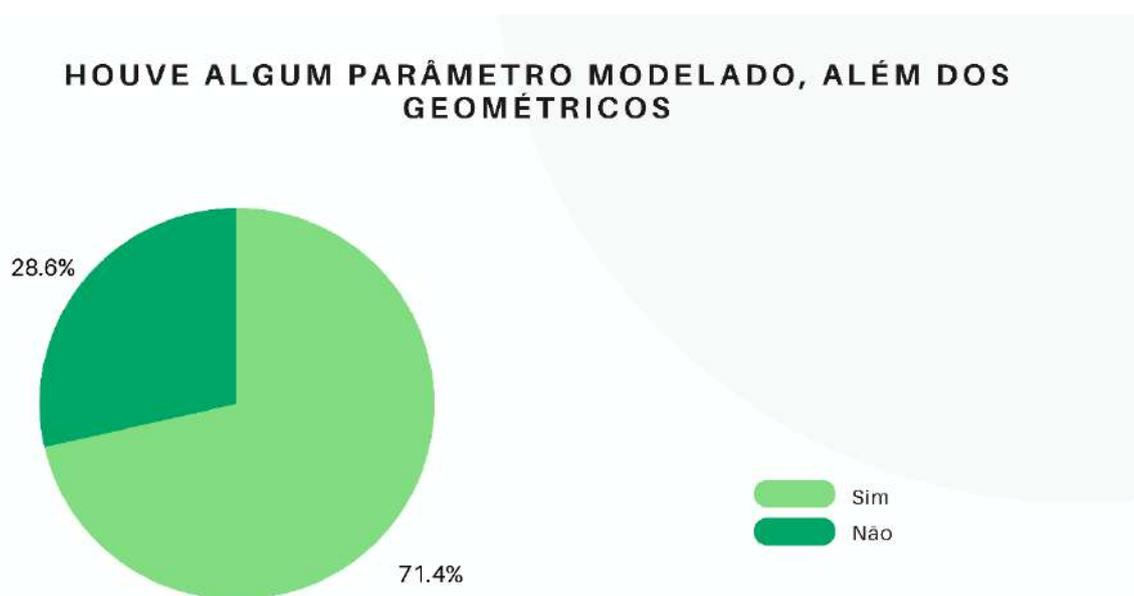
Gráfico 34 - Houve ganho de tempo na elaboração do projeto



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

No Gráfico 35 foi perguntado aos especialistas que participaram de projetos com o uso do BIM se houve algum parâmetro modelado além da disciplina de geometria, 71,40% afirmaram que sim, incluindo as disciplinas como drenagem, sinalização e pavimentação. O Especialista 12 destaca que um dos benefícios notáveis é a capacidade de permitir que pessoas sem habilidades técnicas visualizem e compreendam o projeto. O Especialista 14 afirmou que nos projetos em 2D, é difícil identificar problemas de incompatibilidade, enquanto em projetos 3D utilizando BIM, foi possível identificar problemas, como os relacionados à drenagem com a instalação de dispositivos de segurança viária. O Especialista 20 ressaltou que a checagem de compatibilização entre as disciplinas de drenagem, geometria, sinalização e pavimentação foi um dos grandes ganhos proporcionados pelo uso do BIM.

Gráfico 35 - Houve algum parâmetro modelado além dos geométricos



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

5.3.7 Especialidade por disciplina

Conforme mostrado na Figura 34, cada especialista tinha a opção de marcar até quatro áreas de maior expertise no desenvolvimento de um PVU. Os dados revelaram que a disciplina na qual os especialistas apresentam maior conhecimento é de geometria, totalizando 15 marcações dentre os 25 especialistas, seguida por sinalização que obteve 13 marcações dentre os 25 especialistas.

Figura 34 - Especialistas por disciplina

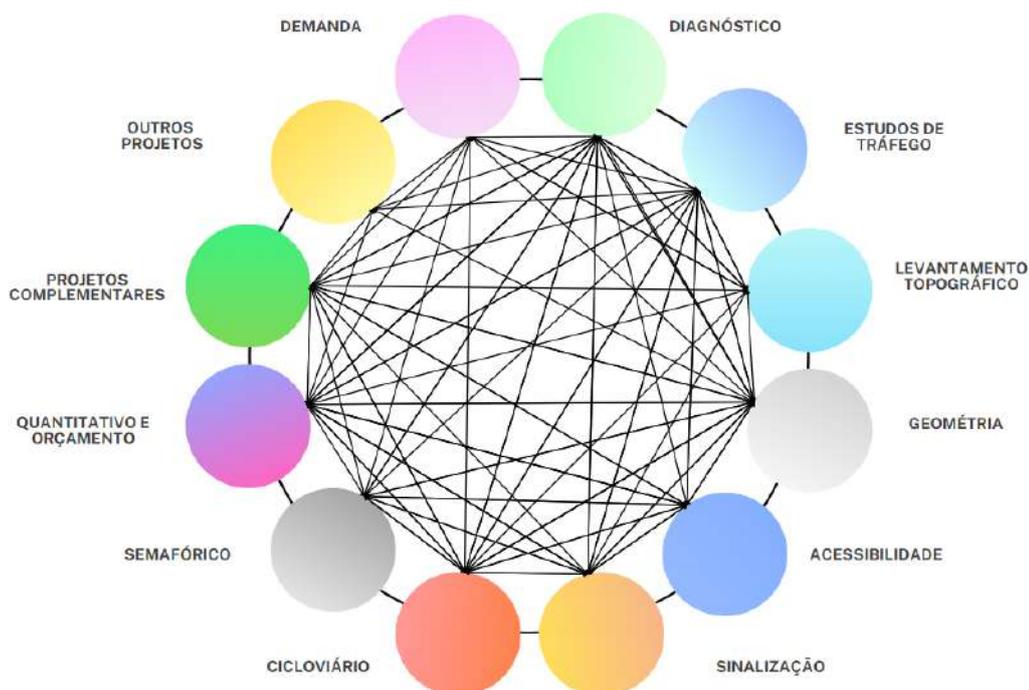


Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Cada especialista poderia indicar até quatro disciplinas nas quais possuía um conhecimento mais aprofundado no desenvolvimento em sua área, seja por competência técnica ou por trabalhar mais experiência prática com essas disciplinas. Foram formuladas perguntas específicas para compreender como cada disciplina se integrava no processo de desenvolvimento dos projetos, incluindo questionamento sobre quais disciplinas precisavam haver troca de informações e compatibilização durante o desenvolvimento do projeto.

As respostas foram ilustradas na Figura 35, onde cada disciplina está conectada com aquelas com as quais realizam interação durante o desenvolvimento dos projetos. Este mapeamento evidencia uma fragmentação na informação e uma complexidade como foi definido pela CBIC na Figura 10.

Figura 35 - Troca de informações entre disciplinas do projeto tradicional



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

5.3.8 Dados de entrada e saída de cada disciplina do projeto

Os dados de entradas e saídas, bem como os produtos de cada disciplina, foram detalhadamente mapeados conforme ilustrado nos Quadros 4 até o 17, onde foram levantados informações de entrada (*inputs*) e saídas (*outputs*) de todos os projetos. Os dados relacionados nos questionários, apresentados nos quadros abaixo, foram apresentados com fundamento nas experiências práticas do autor, documentos técnicos e literatura consultada, como o Manual de Elaboração de Projetos Viários para o Município de Belo Horizonte, Caderno de Instruções para Elaboração, Apresentação e Aprovação de Projetos Geométricos Viários Urbanos, Manual de Sinalização Rodoviária, Manual de Estudos de Tráfego, Estradas: Projeto Geométrico e de Terraplenagem e os Manuais Brasileiros de Sinalização de Trânsito do CONTRAN. Os acréscimos provenientes das experiências práticas dos entrevistados estão destacados em cinza claro e identificado no final da frase por parênteses e indicados com a letra “E” para indicar o especialista correspondente.

Quadro 4 - Dados de entrada e saída da demanda

Projeto Viário Urbano		
Disciplina Demanda		
Dados de Entrada	Processo	Dados de Saída
Matricula do imóvel		Termo de abertura de projeto
Registo de imóvel		Roteiro para elaboração de relatório
Projeto arquitetônico		Ponderações/Parecer técnicos (as) de análise de impacto na circulação
Área do projeto		
Tipo de empreendimento		
Parecer Técnico do órgão público para elaboração do projeto (E01)		
Diretrizes urbanas locais (E09)		
Motivo inicial do poder público (E13)		
Levantamento topográfico existente (E13)		

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Quadro 5 - Dados de entrada e saída do diagnóstico

Projeto Viário Urbano Disciplina Diagnósticos		
Dados de Entrada	Processo	Dados de Saída
Identificação de problemas		Mapas do sistema viário (classificação viária e velocidade regulamentada)
Vistoria In Loco		Mapas da rede cicloviária
Conversa com usuários, moradores e comerciantes locais		Resultado de pesquisas das condições das calçadas
Conversa com poder público (projetos em andamento na área do projeto)		Mapas da rede semafórica
Levantamento de dados do local para diagnóstico de problemas		Definição dos estudos e relatórios técnicos a serem desenvolvidos
Dados e mapa de acidentes na área		Definição das disciplinas de projetos a serem desenvolvidos
Estudos das características locais		Possíveis soluções (geométrico, acessibilidade, geotécnico, infraestrutura, sinalização, iluminação outros)
Mapeamento dos equipamentos públicos		Desenvolvimento do projeto viário urbano
Mapeamento das condições das sinalizações existentes		
Mapeamento das calçadas, rebaxos, PEDS, mobiliários urbanos		
Mapa de circulação viária na área de abrangência		Relatório com o resultado do diagnóstico completo com todas as informações necessárias para elaboração do projeto contratado (E04 e E023)
Mapeamento da rede cicloviária e condições		
Diagnóstico da rede pública transporte (micro, meso e macro acessibilidade)		
Mapeamento da rede semafórica e análises		
Definição das disciplinas que serão projetadas		
Estudar soluções - propósito do projeto		
Estudos hidrológicos, mapeamento do sistema de drenagem existente (E05)		
Projetos em desenvolvimento na área, dados existentes, e projetos existentes (E06)		
Layout uma concepção um estudo preliminar, localização kmz, topografia (E12)		
Reunião com cliente para analisar as necessidades e especificidades do projeto (E17)		

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Quadro 6 - Dados de entrada e saída do estudo de tráfego

Projeto Viário Urbano Disciplina Estudos de Tráfego		
Dados de Entrada	Processo	Dados de Saída
Pesquisas metodológicas reconhecidas (OD, contagem volumétrica de veículos, velocidade e retardamento dentre outros)		Possíveis soluções (geométrico, geotécnico, infraestrutura, sinalização, iluminação e outros)
Projeção das demandas geradas pelo empreendimento (não aplicável em alguns casos como requalificações)		Definição das disciplinas de projetos a serem desenvolvidos
Definição da área de impacto do empreendimento		Relatórios técnicos detalhados de prestação de serviços de elaboração e desenvolvimento de estudos técnicos
Classificação viária e mapeamento das velocidades regulamentadas		Estudos de acessibilidade ao local
Mapas e dados de índice de acidentes		Estudos da operação do transporte coletivo (linhas, PED, baía de ônibus, corredores, faixas exclusivas, preferências, estações, terminais dentre outros)
Mapeamento de áreas de estacionamento, rede cicloviária e transporte coletivo.		Estudo da rede cicloviária (ciclovía, ciclofaixa, ciclorrota, faixa compartilhada, dentre outros)
Mapeamento de equipamentos públicos como: escolas, parques e postos de saúde)		Estudo das medidas de traffic calming
Mapas temáticos do local estudado		Projeto funcional (básico)
Lei de uso e ocupação do solo e outros documentos municipais importantes		Levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral
Micro, meso e macrossimulação de tráfego na área de influência		Estudo da área a ser requalificada, ou da área de impacto do empreendimento
Definição da rede semafórica a ser modificada/implantada		Estudos Técnicos (E09)
Definição dos locais para acessibilidade ao local		Estudos de Alternativas (E20)
Dados de uso de transporte local para definição da rede cicloviária, transporte público dentre outros (tipos de intervenções)		Relatórios (E23)
Dados IBGE para características fundamentais de composição do tráfego, idade, dados de renda, deslocamentos)		
Dados das redes de infraestrutura da área do projeto do sistema viário. Exemplo, rede elétrica, rede subterrânea de esgoto, pluvial, telefonia, dentre outros. (E06)		
As condições operacionais, fornecidas pelo Google, por exemplo, incluem informações sobre os usuários da via e sua participação no sistema viário (pedestres, motoristas, ciclistas). Essa análise estima a distribuição por localização (interseção, polo ou periferia), identifica áreas carentes de pesquisa, realiza regressões e avalia o volume de tráfego por hora. (E09)		
Estudos e dados de geologia, geotécnica e hidrológicos (E20)		
Dados de limite orçamentário para desenvolvimento do projeto também de eventos extremos climáticos não esperados chuvas fortes e alagamentos. (E23)		

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Quadro 7 - Dados de entrada e saída do levantamento topográfico

Projeto Viário Urbano		
Disciplina Levantamento Topográfico Planialtimétrico e Cadastral		
Dados de Entrada	Processo	Dados de Saída
Área a ser requalificada, ou área de impacto do empreendimento.		Identificação das vias (nomes dos logradouros)
Extensões longitudinais e transversais das vias definidas para o projeto.		Sentido de circulação das vias existentes
Cadernos ou manuais com padrões da prefeitura para desenvolvimento do levantamento.		Norte magnético
Sistema de coordenada será trabalhado e quantidade de marcos topográficos implantados em loco. (E04)		Referências urbanas (direções e orientações - bairro - centro)
O cadastro de mobiliário urbano E a qualidade do pavimento, uma vez que esta impacta a seleção apropriada do tipo de tinta a ser aplicada. (E16)		Equipamentos públicos (escolas, hospitais, praças)
		Largura das vias, sarjetas, calçadas, canteiro central, ilhas
		Todo mobiliário urbano existente (abrigos, pontos de ônibus, postes, lixeiras, dentre outros)
		Tipos de revestimento de calçadas
		Tipos de pavimentação existente
		Todos os dispositivos auxiliares
		Toda a sinalização horizontal existe e suas condições
		Toda a sinalização vertical existente e suas condições
		Altura dos meio-fio e rebaixamentos par garagem
		todos os rebaixos, pisos táteis e direcionais
		toda a vegetação existente (árvores e áreas verdes)
		Toda a sinalização semafórica existente (controladores, tipos de semáforos, grupos focais)
		Toda sinalização indicativa (cores, tipos de placas, dimensões)
		Elementos de topografia (estacas, curvas de níveis, malhas de coordenadas, taludes dentre outros)
		Arquivos digitais em formato dwg, dgn com representação gráfica, curvas de níveis altimetria e outros
		Registros fotográfico (E04)
		Drenagem existente. (E12)
		Informações qualitativas como: qualidade dos rebaixos e da sinalização do local (E16)

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Quadro 9 - Dados de entrada e saída do projeto de acessibilidade

Projeto Viário Urbano Disciplina Projeto Acessibilidade		
Dados de Entrada	Processo	Dados de Saída
Diagnóstico		Larguras dos passeios
Estudos de Tráfego		Inclinações transversais da calçada
Levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral		Inclinações Longitudinais da calçada
Projeto geométrico		Tipos de revestimentos nas calçadas
Projeto Arquitetônico do empreendimento		Pisos táteis (direcional e ou alerta)
Visita em campo presencial ou virtual		Característica das calçadas (faixa livre, faixa de serviço ou acesso)
Projeto Urbanístico		Áreas de drenagem
Projetos complementares		Áreas urbanísticas e paisagísticas
Reuniões com o poder público para análise de projetos em andamentos ou futuros		Tipos de rebaixos - I - M e remover ou regularizar
Pesquisa de calçada (diagnóstico) - aplicativo - largura de calçada		Largura das abas dos rebaixos
Análise das características locais da população (ex. escolas, bairro de pessoas mais idosas)		Áreas a regularizar calçadas seja por más condições, declividades e outros
Consulta aos dados do IBGE		Necessidade de realocar ou remover sinalização vertical
Parecer técnico/ certidão de diretrizes		Áreas paisagísticas - floreiras - jardins boleáveis - árvores a - I, M e R
Estudar os desejos de caminamento dos pedestres atuais		Definição de novas rotas acessíveis
Verificar necessidade de manutenção dos revestimentos devido às condições calçadas		Arquivos digitais em formato dwg, dgn, pdf e outros compatíveis para análise e desenvolvimento de outras disciplinas
Consultar detalhamentos executivos de calçadas e passeios dos municípios		Acesso de veículos (entrada e saída de garagens) (E20)
Consultar Projetos existentes para compatibilizações e análises		
Projeção das faixas de pedestres (onde as faixas de travessias estarão locadas para que o órgão veja onde vai ser locado exatamente o projeto de acessibilidade) (E16)		

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Quadro 10 - Dados de entrada e saída de projeto de sinalização horizontal

Projeto Viário Urbano		
Disciplina Projeto de Sinalização Horizontal		
Dados de Entrada	Processo	Dados de Saída
Diagnóstico		Largura das linhas (0,10m, 0,15m, 0,20m ou outros), suas extensões e áreas
Estudos de Tráfego		Cadência, traço e/ou espaçamento
Levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral		Largura das faixas mínimas ou desejáveis
Projeto geométrico		Largura das marcas transversais e suas extensões
Projeto de acessibilidade		Larguras e comprimentos das FTPS
Informação do tipo de projeto (temporário ou permanente)		Dimensões de marcação de áreas de conflito (MAC)
Estudo do volume e classificação do tráfego e velocidade das vias		larguras e espaçamentos dos ZPAS (zebrado de preenchimento da área de pavimento não utilizável), áreas e extensões
Relatório de frequência de manutenção e vida útil do pavimento		Larguras das marcas de estacionamento regulamentado
Estudo para ordenação e canalização dos fluxos de veículos		Área das setas direcionais PEM - MOF - IMC
Estudo para orientação do fluxo de pedestres		Comprimento das setas direcionais PEM - MOF - IMC
Informações de deslocamento de veículos pelas condições físicas da via como: geometrias em geral, topografia e outros		Distâncias das setas direcionais PEM - MOF - IMC
Estudo para melhor aproveitamento do espaço viário disponível		Tipos de dispositivos auxiliares a serem utilizados
Estudo das mensagens a serem implantadas nas vias para condutores, ciclistas e pedestres		Áreas das legendas e símbolos
Estudo das curvas para distâncias de visibilidade		Detalhes dos símbolos, legendas e setas
Informações das marcas longitudinais e transversais a serem projetadas		Detalhes padrões de interseções
Informações das marcas de canalização a serem projetadas		Tipo de tinta a ser usada (pavimento flexível, concreto)
Informações das marcas de delimitação e controle de parada e/ou estacionamento		Espessura das sinalizações
Informações das vias de mão dupla e mão única para definições de soluções		Áreas a remover sinalização
Informações das obras de artes para análise de sinalização horizontal a implantar		Arquivos digitais em formato dwg, dgn, pdf e outros compatíveis para análise e desenvolvimento de outras disciplinas
Estudo das inscrições no pavimento (setas, símbolos e legendas) para complementação da sinalização vertical		Comprimento das linhas (E01)
Estudo dos dispositivos auxiliares para segurança viária		Tipos e detalhamentos de dispositivos auxiliares e seus quantitativos (E04)
Velocidade regulamentadas, velocidade ideal porque ela define o tipo de linha, altura da letra, tipo de placa e estudos de moderação de tráfego. (E02)		Especificação técnica dos materiais (E13)
Tipo do pavimento na via (E06)		
Estudo da vegetação do local para não haver conflito de visibilidade (E13)		

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Quadro 11 - Dados de entrada e saída de projeto de sinalização vertical de regulamentação

Projeto Viário Urbano Disciplina Projeto de Sinalização Vertical de Regulamentação		
Dados de Entrada	Processo	Dados de Saída
Diagnóstico		Tipo de suporte, diâmetro, material e altura (tubo de aço galvanizado, madeira)
Estudos de Tráfego		Tipo de material da placas (aço, alumínio, plástico reforçado)
Levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral		Material para confecção dos sinais (tintas e películas) plásticas (não retrorefletivas)
Projeto geométrico		Retrorefletividade: esferas inclusas, de esferas encapsuladas ou de lentes prismáticas
Projeto de acessibilidade		Espessura das placas
Projeto de sinalização horizontal		Cores das placas padronizadas com os manuais do CONTRAN
Informações das preferência de passagem das vias e regulamentação das velocidades		Placas a implantar, manter, remover e realocar
Mapa dos sentidos de circulação		Suporte em postes, semáforos ou braços projetados existentes - implantar, manter e remover
Mapa dos movimentos de circulação proibitivos e obrigatórios		Amarração (cotagem) de toda a sinalização vertical de regulamentação
Informações sobre as normas especiais de circulação: proibições de ultrapassagens, mudanças de faixas,		Detalhamento das dimensões de todas as placas desenvolvidas diferente do que é estabelecido pelo CONTRAN
Informações sobre as restrições de trânsito por espécies e categoria de veículos (verificar perfis longitudinais aclives e declives)		Arquivos digitais em formato .dwg, .dgn, .pdf e outros compatíveis para análise e desenvolvimento de outras disciplinas
Obras de artes e impedâncias para controle das características dos veículos que transitam na via		
Áreas de regulamentação de estacionamento, paradas e locais proibidos, existentes, novos ou a remover		
Estudo dos trechos do projeto de regulamentação de estacionamentos especiais como: veículos oficiais, viaturas policiais, PCD, estacionamento rotativo, estacionamento de curta duração, motos dentre outros que necessite de dimensões especiais		
Mapa das áreas de pedestres e ciclistas (modo ativo)		
Compatibilização com disciplinas da topografia, geometria e acessibilidade para substituição de placas com péssimo estado de conservação sem retro refletância, ou locadas em áreas de calçadas a remover, ou em locais de implantação de rebaixos		
Compatibilização com a equipe de sinalização horizontal dos raios de giro junto para definição das marcas de canalizações e zebrações		
Avaliação de necessidade de mensagens complementares às placas que serão projetadas		

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Quadro 12 - Dados de entrada e saída de projeto de sinalização vertical de advertência

Projeto Viário Urbano		
Disciplina Projeto de Sinalização Vertical de Advertência		
Dados de Entrada	Processo	Dados de Saída
Diagnóstico		Tipo de suporte, diâmetro, material e altura (tubo de aço galvanizado, madeira)
Estudos de Tráfego		Tipo de material da placas (aço, alumínio, plástico reforçado)
Levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral		Material para confecção dos sinais (tintas e películas) plásticas (não retrorrefletivas)
Projeto geométrico		Retrorrefletividade: esferas inclusas, de esferas encapsuladas ou de lentes prismáticas
Projeto de acessibilidade		Espessura das placas
Projeto de sinalização horizontal		Cores das placas padronizadas com os manuais do CONTRAN
Projeto de sinalização vertical de regulamentação		Placas a implantar, manter, remover e realocar
Analisar necessidade de advertir os condutores sobre condições de riscos existentes, obstáculos ou restrições na via		Suporte em postes, semáforos ou braços projetados existentes - implantar, manter e remover
Analisar necessidade de implantação de sinalização especial de advertência como início de pistas exclusivas de ônibus, áreas de pedestres e outras pertinentes		Amarração (cotagem) de toda a sinalização vertical de regulamentação
Analisar curvas e sequências de curvas		Detalhamento das dimensões de todas as placas desenvolvidas diferente do que é estabelecido pelo CONTRAN
Analisar necessidade de advertir interseções como cruzamentos, vias laterais, interseções em T ou Y, dentre outras		Arquivos digitais em formato .dwg, .dgn, .pdf e outros compatíveis para análise e desenvolvimento de outras disciplinas
Analisar necessidade de advertir controle de tráfegos: paradas obrigatórias e semáforos		
Analisar necessidade de advertir interferência de transportes		
Analisar necessidade de advertir condições das vias		
Analisar perfis longitudinais aclives e declives		
Analisar projeto geométrico para verificações de locais de estreitamento, alargamento de pistas, ruas sem saídas, dentre outras		
Analisar necessidade de advertir sentidos de circulação		
Analisar necessidade de advertir modo ativo de transportes: ciclovia, ciclofaixas, área escolar, crianças, trânsito de pedestres e áreas		
Analisar necessidade de advertir restrições de dimensões de veículos		
Os dados de segurança viária (E03)		
Compatibilização com o projeto semaforico (E04)		
Verificar a necessidade de advertir rotatórias (E11)		

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Quadro 13 - Dados de entrada e saída de projeto de sinalização indicativa

Projeto Viário Urbano Disciplina Projeto de Sinalização Indicativa		
Dados de Entrada	Processo	Dados de Saída
Diagnóstico		Diagramação das placas com altura das letras, setas, pictogramas, cor de fundo
Estudos de Tráfego		Tipo de suporte, diâmetro, material e altura (tubo de aço galvanizado ou madeira imunizada)
Levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral		Detalhamento dos pictogramas das placas, setas, legendas dentre outros
Projeto geométrico		Detalhamento de cada placa desenvolvida de acordo com as indicações dos manuais do CONTRAN como cores, alturas, espaçamento entre letras dentre outros
Projeto de acessibilidade		Especificações de materiais, películas e suportes
Projeto de sinalização horizontal		Identificação do estado de conservação de todas as placas indicativas existentes e dos respectivos suportes
Projeto de sinalização vertical de regulamentação		Identificação das placas indicativas a implantar, manter e retirar
Projeto de sinalização vertical de advertência		Dimensões e áreas de placas a serem implantadas
Mapa da área de abrangência do projeto identificando os principais acessos, serviços, atrativos turísticos, bairros, avenidas, equipamentos urbanos dentre outros necessários para orientação dos condutores		Amarração (cotagem) de toda a sinalização indicativa
Compatibilização dos projetos predecessores para análise de implantação de placas indicativas		Desenvolvimento de detalhes específicos para facilitar implantação
Informação de placas indicativas a implantar, manter e retirar		Detalhamentos de pictogramas e de cada placa eu colocaria como um só item (E06)
Mapeamento com as melhores rotas, mensagens, pontos turísticos, equipamentos urbanos e informações importantes para o projeto		
Mapeamento da circulação existente e proposta para identificação das alterações necessárias na orientação		
Informação dos nomes populares dos locais a serem implantadas as sinalizações		
Mapa com as principais rodovias de entradas e saídas da cidade		
Informação das velocidades regulamentadas ou modificadas da área de estudo.		
Interface com a área de turismo da cidade e ambientes de áreas históricas para ser linkado como atrativo, consultar a regulamentação da cidade e plano de mídia (normalmente na secretaria de cultura) (E07)		
Estudo das cargas de ventos dos pórticos e semipórticoa para fixação das placas (E13)		

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Quadro 14 - Dados de entrada e saída de projeto de sinalização cicloviária

Projeto Viário Urbano Disciplina Projeto de Sinalização Cicloviária SC - Parte 01/01		
Dados de Entrada	Processo	Dados de Saída
Diagnóstico		Tipo de suporte, diâmetro, material e altura (tubo de aço galvanizado ou madeira imunizada)
Levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral		Tipo de material da placas (aço, alumínio, poliéster reforçado com fibra de vidro e laminado fenomelaminico)
Projeto de acessibilidade		Tipos de películas: (retrorefletivas ou não retrorefletivas de esferas inclusas, de esferas encapsuladas ou de lentes prismáticas)
Projeto de sinalização vertical de regulamentação		Tipos de tintas usadas na sinalização vertical: esmalte sintético ou a pintura eletrostática
Projeto de sinalização indicativa		Tipo de placa - R1 - R2 e as demais com respectiva área
Estudos de Tráfego		Placas a implantar, manter, remover ou realocar
Projeto geométrico		Dimensões e áreas de sinalização de advertência e sinalizações especiais para ciclistas
Projeto de sinalização horizontal		Sinalização Indicativa de acessibilidade a bicicletas
Projeto de sinalização vertical de advertência		Largura das linhas (0,10m, 0,15m, 0,20m ou outros), e suas extensões
Projeto semaforico		Cadência, traço ou espaçamento
Documentos das diretrizes estabelecidas na Política Nacional de Mobilidade Urbana e nos Planos de mobilidade urbana municipais		Largura das faixas condições mínimas ou desejáveis
Informações da demanda ciclística atual através de pesquisas origem e destino e/ou outras para definição de melhores soluções		Largura das marcas Transversais
Informações do uso do espaço cicloviário definindo se será integrado a sistema de transporte ou instrumento de lazer		Larguras das FTPS
Informações da demanda futura através de indicadores do uso de outros transportes como transporte público e viagens a pé		Áreas de marcação de cruzamentos cicloviários
Relatórios das características dos ciclistas locais, tipos de viagens, problemas vivenciados, mapa de acidentes e outras informações pertinentes para melhor solução do projeto		Área das setas direcionais
Mapa da rede de cicloviária existentes para conexão com as soluções desenvolvidas		Comprimento das setas direcionais
Informações das condições de iluminação na área de estudo.		Distâncias das setas direcionais
Vistoria para avaliação do local a noite para apontar possíveis melhorias		Área dos símbolos
Mapa com a classificação viária das áreas para tipologia solução cicloviária permitida		Áreas das Legendas
Informações do tráfego horário (hora pico) para dimensionamento do espaço cicloviário		Detalhes dos símbolos, legendas e setas
		Detalhes padrões de interseções
		Tipo de material a ser usado nas pinturas e marcações no pavimento
		Tipos de dispositivos auxiliares e segregadores a serem utilizados

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Quadro 15 - Dados de entrada e saída de projeto de sinalização cicloviária

Projeto Viário Urbano		
Disciplina Projeto de Sinalização Cicloviária SC - Parte 02/02		
Dados de Entrada	Processo	Dados de Saída
Informação do material a ser utilizado na infraestrutura cicloviária		Tipologia se será ciclovia ou ciclofaixa, largura útil e informações geométricas (E02)
Informações de interseções para definição de soluções		Análises de sistemas de drenagens como sarjetas refeitas para comportar a infraestrutura cicloviária (E03)
Informações da programação semafórica		Mudanças de grelhas para grelhas acessíveis para comportar ciclovias (E03)
Planos Cicloviários da cidade (E02)		Estudos de mudanças semafóricas com tempo para ciclistas (E10)
Projeto Funcional ou comumente chamado também de concepção (E10)		Estudos de alteração de sistemas de drenagem (E10)
Mapas de equipamentos públicos (E10)		larguras e espaçamentos da MCC (E15)
Áreas de transporte coletivo, para integração dos modais (E10)		Altiamento e nivelamento de meio-fio, segregador e remoção de árvores (E22)
Informações dos tipos de árvores para realocação (E24)		

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Quadro 16 - Dados de entrada e saída de projeto de sinalização semafórica

Projeto Viário Urbano Disciplina Projeto de Sinalização Semafórica (SS)		
Dados de Entrada	Processo	Dados de Saída
Diagnóstico		Diagrama de conflitos
Levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral		Diagrama de estágios
Projeto de acessibilidade		Programação semafórica
Projeto de sinalização vertical de regulamentação		Forma do foco (pedestre quadrada, veículo circular)
Projeto de sinalização indicativa		Dimensões das lentes
Estudos de Tráfego		Tipo de semáforo (veicular, ciclistas, faixas reversíveis, pedestres ou sinal de advertência)
Projeto geométrico		Compatibilização com o projeto de sinalização horizontal para implantação de LRE e FTP (caso haja foco de pedestre)
Projeto de sinalização horizontal		Compatibilização com o projeto de sinalização vertical (A-14)
Projeto de sinalização vertical de advertência		Compatibilização com o projeto cicloviário para implantação da MCC
Mapa da área de abrangência do projeto identificando os principais acessos, serviços, atrativos turísticos, bairros, avenidas, dentre outros necessários para orientação dos condutores		Tipo do elemento de sustentação (colunas, braços projetados, cordoalhas e pôrticos)
Compatibilização dos projetos predecessores para análise de implantações de placas indicativas		Tipo do controlador (controladores eletromecânicos, controladores eletrônicos)
Informações das placas indicativas a implantar, manter e retirar		Tipo de detectores de tráfego (laços detectores indutivos, laços virtuais por tratamento de imagem, detectores por microondas, detectores magnéticos, detectores por radiação infravermelha)
Mapa com as melhores rotas, mensagens, pontos turísticos e informações importantes para o projeto		Tipo de Botoeiras (compatibilização com o projeto de sinalização)
Informações dos nomes populares dos locais a serem implantadas as sinalizações		Amarração (cotagem) de toda a sinalização semafórica
Pesquisas (volumes de tráfego, pedestres, ciclistas, velocidades) (E09)		Detalhamento dos semáforos padrões para facilitar implantação
Tipos de interseções e suas respectivas localizações e sua relação com outras interseções (E09)		
Estudo de Visibilidade devido a vegetação (E13)		
Análise dos giros dos veículos para posição dos focos (E13)		
Análise dos estacionamentos locais para locação dos postes e braços semafóricos (E13)		

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Quadro 17 - Dados de entrada e saída de projeto de sinalização semafórica

Projeto Viário Urbano		
Disciplina Levantamento de Quantitativos e Orçamento		
Dados de Entrada	Processo	Dados de Saída
Projeto geométrico		Planilha de quantitativos do projeto geométrico (pavimentação a implantar, calçada a implantar, área de jardim a implantar, meio fio a implantar, supressão de árvores, realocação de árvores, mobiliário urbanos a retirar, implantar, sarjetas a implantar, boca de lobo a remover, implantar e manter dentre outros)
Projeto de acessibilidade		
Projeto de sinalização horizontal		
Projeto de sinalização vertical de Regulamentação		
Projeto de sinalização vertical de Advertência		
Projeto de sinalização indicativa		
Projeto semafórico		
Projeto de sinalização cicloviária		
Valores fornecidos de composição de custos para elaboração dos quantitativos (E03)		
Quantitativo dos projetos temporários (E03)		
Quantitativo dos projetos complementares (E05 e E08)		
Planilha base da cidade ou a nível federal ex. Sudecap e Sicro (E05)		
Planilhas de composição de custos (E07 e E16)		
Especificações técnicas dos materiais de cada disciplina (E16)		
Consulta a catálogos de compras (E16)		
		Planilha de quantitativos do projeto semafórico a implantar, remover ou realocar como: colunas, porta focos, cabos, isolador, controlador eletrônico de semáforo, kit de energia padrão,
		Planilha de orçamentos, com preços de mercado, considerando BDI de todo o projeto elaborado

Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

5.4 Entrevistas com empresas

A realização das entrevistas nas empresas teve como propósito melhor compreender como essas organizações elaboram PVU. Buscando identificar dificuldades, desafios, necessidades e possíveis melhorias para eficiência na elaboração dos projetos, e entender como essas organizações elaboram seus projetos e as etapas desenvolvidas por cada um para coletar informações importantes para construção do primeiro artefato.

Foram selecionadas empresas privadas especializadas na elaboração de projetos viários urbanos. A seleção dessas empresas foi motivada pelo interesse manifestado pelos especialistas convidados na primeira parte da pesquisa em tê-las como entrevistadas. Para garantir a qualidade e experiência, foram selecionadas aquelas com mais de cinco anos de atuação no mercado de desenvolvimento de PVU.

Para as entrevistas semiestruturadas, foi elaborado um questionário de questões disponível no APÊNDICE III – Questionário empresas PVU, que foram aplicadas presencialmente para nortear a construção do primeiro artefato.

5.4.1 Perfil do entrevistado

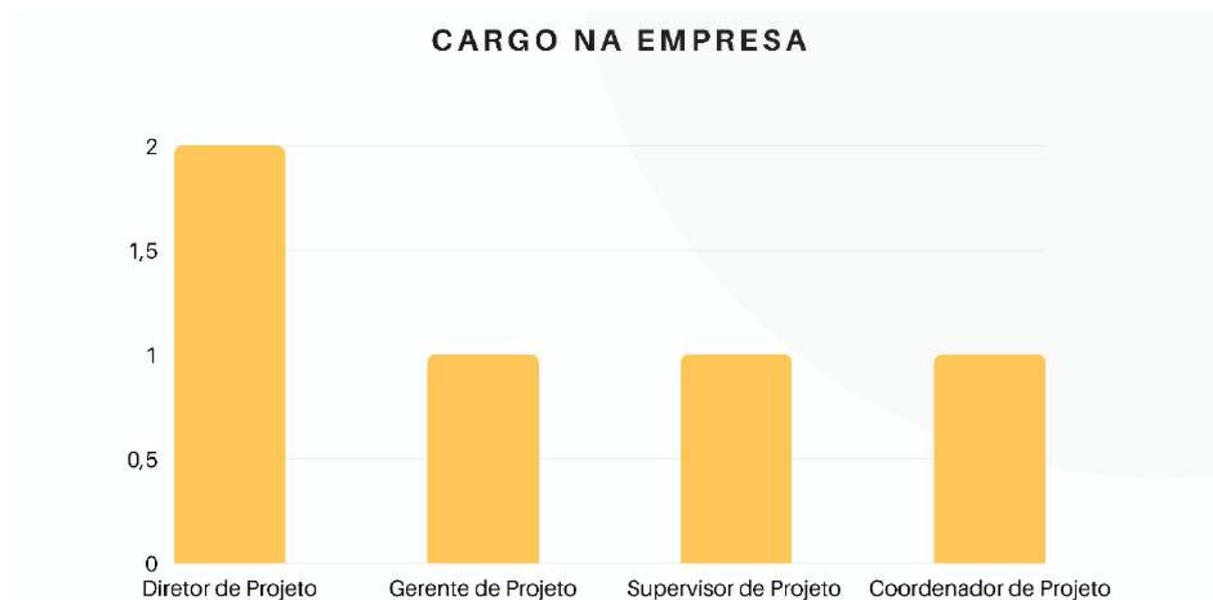
A pessoa responsável por responder o questionário da empresa deveria ser responsável pelo setor de projetos e possuir conhecimento no desenvolvimento dos mesmos. Conforme mostrado no Gráfico 36, dos 5 responsáveis pelos setores de projetos das organizações 3 eram arquitetos e urbanistas, 1 era engenheiro civil e 1 engenheiro eletricista de formação. Entre eles 1 era supervisor de projetos, 1 coordenador de projetos, 1 gerente de projetos e 2 são diretores de projeto conforme indicado no Gráfico 37.

Gráfico 36 - Formação acadêmica dos gestores



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 37 - Cargos dos gestores



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 38 - Tempo de atuação dos gestores na empresa



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Foi perguntado também sobre o tempo de atuação profissional dos gestores nas organizações entrevistadas. Constatou-se que 20% têm até 5 anos de empresa, 20% possuem entre 5 e 10 anos, 20% entre 10 a 15 anos, enquanto 40% já acumulam mais de 15 anos conforme indicado no Gráfico 38.

5.4.2 Perfil da organização

Foram perguntados aos profissionais designados pelas organizações para responderem às perguntas sobre a empresa no mercado, foram feitos questionamentos para fundamentar a escolha das mesmas na pesquisa.

Gráfico 39 - Tempo de atuação da empresa no mercado



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

No Gráfico 39 foram mapeados o tempo de atuação no mercado das organizações. Foi verificado que 20% delas possuem até 5 anos no mercado, 20% possuem entre 5 e 10 anos, 20% possuem uma trajetória de 10 a 15 anos e 40% acumulam mais de 15 anos de mercado conforme Gráfico 38.

Além disso, o Gráfico 40 revela que 80% das empresas já concretizaram mais de 200 projetos na área de estudo, enquanto 20% realizaram entre 100 a 200 projetos, o que mostra um número significativo de projetos desenvolvidos e conseqüentemente vasta experiência com elaboração e entrega de projetos.

Gráfico 40 - Projetos desenvolvidos na área



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Foi perguntado também quais softwares eles utilizam na elaboração dos projetos viários urbanos. De forma unânime, todos utilizam pacote Office para elaboração de quantitativos, memorial descritivo e envio de propostas. Além disso 4 utilizam AutoCAD, 1 utiliza o *software* StarCad, 1o Revit, 3 utilizam o Civil 3D, outros programas como Photoshop, Aimsun, Corel e Trello, foram citados como uso de ferramentas adicionais no processo de elaboração dos projetos.

Gráfico 41 - Softwares utilizados para elaboração dos projetos na empresa



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

5.4.3 Processo de elaboração de projetos

Foram feitas perguntas importantes no processo de elaboração de projeto para entender como as organizações realizam atividades importantes no desenvolvimento dos projetos, como cronograma, prazos, checklist, realização de reuniões, tipos de documentos entregáveis, e se as empresas possuem um fluxo de processos para elaboração dos projetos.

No Gráfico 42 foi perguntado se as empresas possuem cronograma para o desenvolvimento dos projetos, sendo que 60% possuem cronogramas bem definidos, 40% não possuem cronograma. Quanto ao cumprimento dos prazos 100% afirmaram que os prazos são cumpridos. No Gráfico 43, questionou-se sobre a existência de um checklist para o desenvolvimento dos projetos, e 80% afirmaram que possuem um checklist que orientam o desenvolvimento e entrega dos projetos, 20% afirmaram não possuir.

No Gráfico 44, perguntou-se se ocorrem retrabalhos nos desenvolvimentos dos projetos, e todas as empresas responderam que sim. A Empresa 04 mencionou que, às vezes, o retrabalho ocorre devido ao cliente ou na etapa de aprovação nos órgãos competentes. A Empresa 05 relatou que em alguns casos ocorre pela pressão de entregar os projetos em curto prazo, a qualidade pode ficar comprometida, sendo necessário refazer parte do projeto na fase

de aprovação. No Gráfico 45 foi perguntado sobre a taxa de incidência de retrabalho nos projetos, 60% das empresas afirmaram que ocorrem em até 25% dos projetos desenvolvidos, e 40% disseram que ocorrem retrabalhos entre 25% a 50% dos projetos elaborados.

Gráfico 42 - Empresa possui cronograma para o desenvolvimento dos projetos



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 43 - Há um checklist para o desenvolvimento dos projetos



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 44 - Ocorreram retrabalhos no desenvolvimento dos projetos



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 45 - Qual a taxa de incidência de retrabalho nos projetos



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

As organizações responderam, conforme Gráfico 46, que 100% delas realizam reuniões com a equipe no início de cada projeto para alinhamento, esclarecimentos dos objetivos dos projetos, definições de responsabilidades, disciplinas, cronogramas e prazos. A empresa 02 ressaltou que, além de reuniões com a equipe, realiza reuniões com o cliente

também e promove reuniões semanais para verificar o andamento do projeto. A empresa 03 afirmou que realiza uma reunião inicial, na qual o setor comercial apresenta o escopo do projeto. E durante o processo são realizadas reuniões semanais de alinhamento e toda semana também são realizadas reuniões técnicas, onde são apresentados problemas no processo de elaboração dos projetos permitindo trocas de experiências entre todos os membros da equipe.

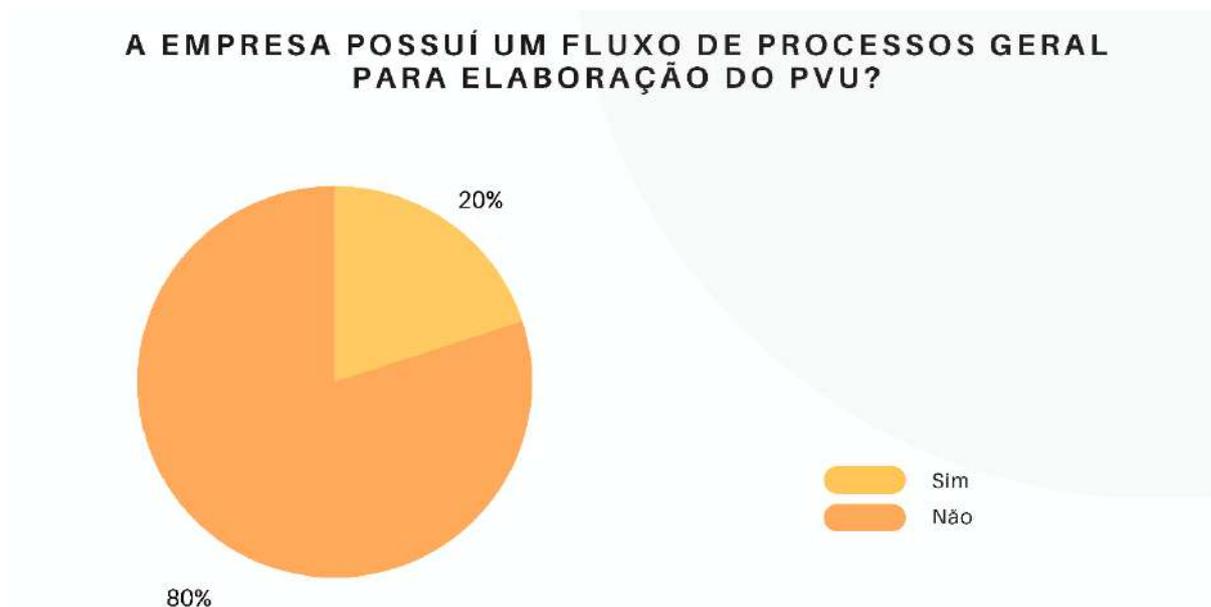
Gráfico 46 - Há reuniões com a equipe no início do desenvolvimento dos projetos



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Observa-se no Gráfico 47 que apenas 20% das organizações entrevistadas possuem um fluxo de processos geral para elaboração do PVU. A Empresa 03 está em desenvolvimento do seu fluxo de processos. O Gráfico 48 mostra que apenas 20% realizam um fluxo de processos para cada projeto contratado. A Empresa 02 possui um fluxo geral onde ocorrem adaptações específicas para cada projeto, enquanto as Empresa 03 e 05 definem responsáveis, atividades e prazos em reuniões.

Gráfico 47 - A empresa possui um fluxo de processos geral para elaboração do PVU



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 48 - É elaborado um fluxo para cada projeto contratado



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Foi perguntado às empresas em qual momento do processo ocorre a compatibilização dos projetos. A Empresa 01 respondeu que isso depende do tipo de projeto que eles são contratados após a definição das soluções do projeto geométrico e dos projetos complementares necessários, iniciam a elaboração dos projetos de sinalização. Embora a

equipe do projeto de sinalização participe da elaboração do projeto geométrico para compatibilização, é o projeto geométrico que define os projetos complementares como de drenagem, pavimentação e luminotécnico. Normalmente, os projetos são desenvolvidos de maneira integrada, evitando a entrega de um projeto antes de iniciar a elaboração dos outros.

Por exemplo, pode haver conflito entre um poste de iluminação pública ou um semáforo, que pode conflitar com uma rampa de acessibilidade, e também na questão da segurança viária urbana. Na iluminação pública, um problema comum é a colocação inadequada de postes em caminhamentos de pedestres e interseções, especialmente em locais de alto risco, como rotas de fuga após colisões, onde a corrente vetorial direciona os veículos para um ponto específico, muitas vezes coincidindo com a localização do poste. Além disso, a visibilidade em interseções pode ser comprometida quando postes são posicionados de maneira que obstruem a visão do condutor ao entrar no cruzamento podendo ocasionar acidentes.

A Empresa 02 ressalta que a etapa do projeto geométrico é o ponto de partida que dá o norte para que as outras disciplinas possam ser desenvolvidas. A compatibilização é realizada no projeto básico e no projeto executivo, antes da entrega para validação pelos órgãos competentes. A Empresa 03 também destaca que a compatibilização ocorre na etapa de elaboração do projeto básico e executivo.

A Empresa 04 descreve que todas as disciplinas contratadas para um determinado projeto são realizadas de maneira simultânea, a compatibilização é feita de forma integrada. Por exemplo, a faixa de pedestre pode interferir na geometria e na drenagem. A compatibilização é realizada antes de cada entrega, especialmente quando há a necessidade de desenvolver ou contratar projetos complementares.

A Empresa 05 realiza a compatibilização de forma integrada, por exemplo, quando a faixa de travessia para pedestres interfere na geometria e na drenagem. Quando necessitamos de desenvolver os projetos complementares é necessário compatibilizar antes das entregas. Outra pergunta para mapeamento e aprimoramento no desenvolvimento do fluxo de processo foi relacionada ao momento em que as revisões dos projetos são realizadas, e em quais momentos do processo essas revisões são feitas.

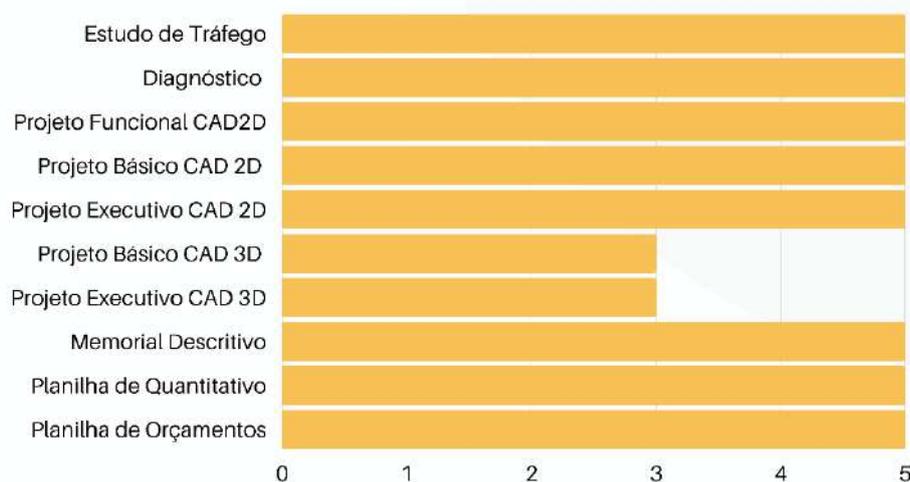
As Empresas 01, 02 e 04 responderam que as revisões são conduzidas em diversos momentos. Por exemplo, antes da entrega do anteprojeto, após a conclusão do projeto básico, na fase do projeto executivo, torna-se necessário revisar para garantir a conformidade antes da submissão aos órgãos competentes. A Empresa 03 adota uma abordagem de verificação por meio de um checklist antes de cada entrega. E a Empresa 05 afirmou que em toda pré-entrega

do projeto, eles desenvolvem uma revisão interna, como parte do controle de qualidade. Normalmente essa revisão interna é realizada por um colaborador que não participou diretamente do projeto, visando aprimorar a qualidade e garantir uma entrega satisfatória aos clientes e/ou órgãos competentes.

O Gráfico 49 apresenta os entregáveis elaborados pelas empresas entrevistadas, a maioria entrega os produtos listados com exceção de 2 que não realizam entregas em 3D, A Empresa 01 ressaltou que realiza a entrega dos resultados das simulações em word.

Gráfico 49 - Quais os entregáveis elaborados pela empresa

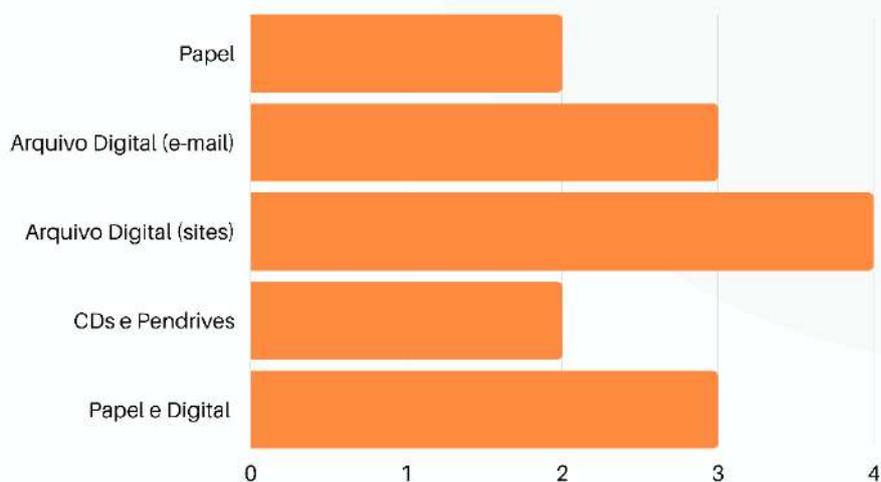
QUAIS OS ENTREGÁVEIS ELABORADOS PELA EMPRESA?



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

O Gráfico 50 apresenta como os clientes e órgãos competentes solicitam os projetos desenvolvidos para análise e aprovação, sendo necessário as empresas se adequarem para atender às solicitações, o envio de arquivos digitais por meio do site da prefeitura foi o método mais citado. Em seguida as entregas em formatos de papel e arquivo digital ficaram na segunda posição, seguida pelas entregas em papel e Cds e pendrives em terceiro lugar. A Empresa 01 destaca que frequentemente a prefeitura solicita o projeto digital em formato PDF. Essas situações ocorrem porque, muitas vezes, os profissionais que realizam a avaliação do projeto enfrentam dificuldades para baixar os arquivos, ou o software utilizado por eles não é compatível com o licitado pela prefeitura.

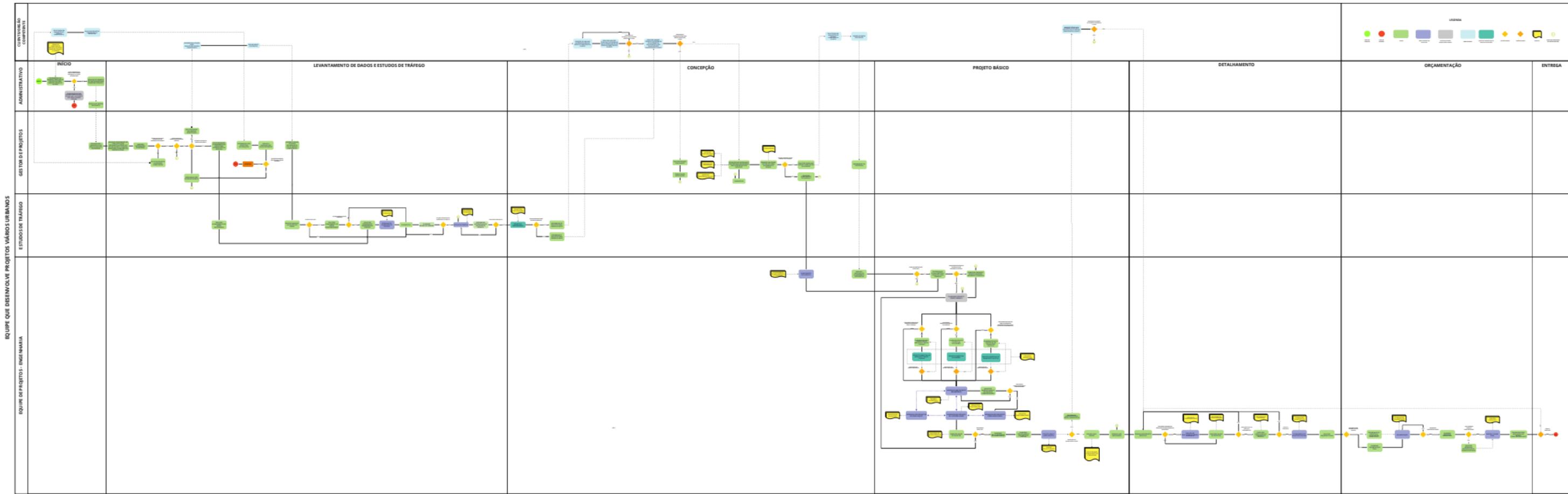
Gráfico 50 - Tipos de documentos entregáveis para análise aos órgãos e clientes

TIPOS DE DOCUMENTOS ENTREGÁVEIS PARA ANÁLISE AOS ÓRGÃOS E CLIENTES

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

5.5 Desenvolvimento do primeiro Artefato

Considerando todas as informações apresentadas, às disciplinas de projetos identificadas, os dados de entradas e saídas, busca na literatura, experiências práticas, manuais, normas e guias técnicos, foi produzido o seguinte fluxo de processos. Este fluxograma apresentado abaixo, reflete o que hoje é a forma de elaboração dos projetos viários urbanos. A seguir é apresentada uma explicação detalhada sobre os procedimentos envolvidos para o desenvolvimento dos projetos.



5.6 Fluxo de processos tradicional

O Fluxo de processos construído possui seis fases: início, levantamento de dados e estudos de tráfego, concepção, projeto básico, detalhamento (projeto executivo), orçamentação e entrega. Os responsáveis pelo projeto foram categorizados como clientes/órgão competente, administrativo, gestor do projeto, equipe de estudos de tráfego e equipe de projetos formada por técnicos, arquitetos e engenheiros.

A empresa recebe a demanda por meio de documentos como parecer técnico, roteiros ou termo de abertura, provenientes da necessidade de elaboração de projeto como regularização de empreendimentos, licenciamento ambiental de novos empreendimentos, regularização de acessibilidade, melhorias de acessos e seus entornos, demandas do poder público através de contratação e melhoria de acessos internos e entorno de empreendimentos que necessitam de logística.

Caso a demanda seja para elaboração de novas vias ou para participar de licitação, o processo é finalizado, pois esses tipos de caso não fazem parte da pesquisa. Caso contrário, o processo continua, a empresa realiza os trâmites para elaboração do projeto e escolha do gestor do projeto.

O Gestor do projeto realiza um pré-diagnóstico, considerando diversos fatores que foram mapeados nas entrevistas e encontram-se no subcapítulo 6.3.8 desse trabalho. Quando se fala em vias urbanas, cada cidade possui suas diretrizes, possuem leis que norteiam as soluções que podem ser desenvolvidas naquela área de projeto, por isso é necessário realizar o levantamento de toda a legislação pertinente na cidade como a lei de uso e ocupação do solo, plano de mobilidade, plano diretor, planos cicloviários entre outros para um projeto de acordo com as políticas urbanas. De posse desse levantamento é necessário estudar e analisar todas as informações levantadas.

Quando se fala em desenvolver projetos urbanos é essencial solicitar informações e dados relevantes aos órgãos competentes. A primeira é verificar a existência de projetos previstos, em andamentos ou existentes disponíveis. Em caso positivo o gestor recebe esses projetos, realiza uma análise apurada e valida os dados, caso o projeto seja útil ele será incorporado na fase do projeto básico.

Um dos problemas relatados entre os especialistas que ocorre frequentemente é o fato de serem contratados para elaborar um projeto e posteriormente na fase de detalhamento ou entrega final, o órgão competente informa que uma parte da área ou o projeto em sua totalidade foi desenvolvido pelo órgão competente ou por algum empreendimento na região.

Realizar essa busca no início do processo é importante para evitar retrabalhos, economizar tempo, energia e para não haver incompatibilidades de soluções.

Outra decisão a ser tomada no início do projeto diz respeito à necessidade de realizar estudos de tráfego. Caso não seja necessário, o gestor do projeto realiza um diagnóstico do projeto e avança para a etapa de definição das disciplinas do projeto. Entretanto, se for necessário realizar os estudos de tráfego, é crucial consultar os órgãos competentes para verificar a disponibilidade de dados e/ou estudos de tráfego. Caso haja dados é necessário avaliar se os dados encaminhados são úteis ao projeto, caso sejam úteis a equipe de engenharia de tráfego realiza um diagnóstico da área do projeto, elaboram o estudo de tráfego e desenvolvem alternativas de soluções de projeto denominadas de projetos funcionais.

Caso o órgão competente não possua estudos disponíveis ou se os dados e estudos disponibilizados não forem úteis, é necessário solicitar um levantamento de dados complementares e as pesquisas de tráfego. Isso é importante para realizar um diagnóstico preciso e elaborar um estudo que apresente soluções eficazes de projetos funcionais.

O estudo de tráfego abrange uma ampla gama de informações, é necessário coletar dados por meio de pesquisas como: contagem volumétricas, avaliação de retardamento e comprimento de filas, tempo de semáforos existentes, situação cadastral da rede semaforica existente, estado do pavimento, levantamento da circulação local, mapa com as ocorrências de acidentes, entre outros. É através dessas informações que são analisados os indicadores da situação local. Os estudos de tráfego incluem desde as análises de circulação que modificam os sentidos das vias e conseqüentemente as soluções geométricas a serem adotadas. Além disso, os estudos volumétricos, são cruciais para definição da capacidade viária, soluções geométricas que serão adotadas, os estudos volumétricos para definição de qual tipo de pavimento será adotado caso seja necessário modificar um espaço para por exemplo uma faixa exclusiva de ônibus. Todos esses elementos compõem o estudo destinado a propor o projeto funcional.

O estudo de tráfego desempenha um papel importante para a elaboração dos projetos funcionais, fornecendo alternativas de soluções de projeto. Esse é um processo que se retroalimenta, pois, durante os estudos de tráfego, é possível explorar várias soluções diferentes para o projeto. Essas alternativas são analisadas por meio de indicadores que definem a melhor solução como níveis de serviços, custos, projeto semaforico, velocidade, tempo de atraso, rampa e visibilidade.

As alternativas elaboradas passam, por discussões internas, com a equipe de estudos, com o objetivo de alcançar soluções satisfatórias. Posteriormente, essas alternativas validadas

são encaminhadas para os órgãos competentes. Após a validação, as alternativas são submetidas à apreciação do cliente e/ou órgão competente, a fim de validar a alternativa ideal que mais se adequa à realidade técnica e econômica do empreendedor ou prefeitura.

Caso nenhuma das alternativas sejam aprovadas é necessário agendar uma reunião com o cliente, para compreender os motivos da reprovação, em seguida retornar na fase do estudo de tráfego para desenvolver novas soluções e realizar o processo novamente. No caso da aprovação do projeto funcional ideal, o gestor do projeto realiza a definição das disciplinas e dos profissionais necessários para elaboração do projeto.

Após a validação o projeto funcional que é possível definir quais serão as soluções adotadas na área do estudo: como medidas de traffic calming, soluções de zona 30, se será necessário realocar uma boca de lobo, ou realocar um poste de iluminação pública para desenvolver o projeto de acessibilidade, realizar um novo estudo de pavimentação para implantar uma faixa exclusiva de ônibus, realizar intervenções cicloviárias, implantar semáforos, realizar acréscimos de calçadas ou cortes dentre outras soluções.

É necessário realizar uma reunião de início do desenvolvimento do projeto, onde são alinhadas todas as informações e cronograma do projeto. De posse das disciplinas, responsáveis e cronograma, o gestor do projeto mais uma vez recorre ao órgão público e pergunta se eles possuem base topográfica para desenvolver o projeto, se positivo o gestor recebe essa base e realiza análise se a base está atualizada, com as dimensões corretas, com todos os cadastros necessários, caso a base não esteja atualizada ou o órgão não possua a topografia do local é necessário realizar o levantamento planialtimétrico cadastral.

De posse da topografia o gestor analisa se houve projetos existentes ou em andamentos encaminhados pelo órgão competente, caso positivo o gestor encaminha para a equipe de projeto para realizar a compatibilização da base topográfica e do projeto existente, caso contrário com a base topográfica da área se começa a elaboração do projeto viário urbano.

Quando começa a elaboração do projeto viário urbano foi comumente validado entre as empresas que avaliaram o fluxo que a equipe de projeto precisa verificar três etapas essenciais: a primeira é se será necessário desenvolver projetos com medidas de traffic calming? A segunda é se será necessário realizar projetos cicloviários, e a última é se será necessário desenvolver projetos de transporte coletivo como soluções de faixas exclusivas de ônibus ou preferenciais? Se positivo para qualquer uma dessas verificações é necessário realizar um projeto conceitual para cada uma dessas soluções e validar nos órgãos

competentes, caso não seja aprovado você volta na fase de elaboração do projeto conceitual e faz as alterações necessárias até o(s) projeto(s) ser(em) validados.

É importante realizar a elaboração dos projetos conceituais nessas três áreas, pois são projetos que normalmente possuem normas, regras e leis específicas e que são necessários passar por secretarias específicas das prefeituras ou dos órgãos de trânsito. Por exemplo, várias cidades no país possuem planos cicloviários, metas de implementação de soluções cicloviárias, grupos de estudo, onde por mais que no projeto funcional se chegou na solução técnica, existem tipos de soluções específicas já definidas pela cidade onde está sendo realizado o projeto.

Validado os projetos conceituais, a equipe de projeto começa a desenvolver o projeto geométrico, e a equipe de projeto verifica se no escopo do projeto haverá elaboração de projetos complementares, caso seja necessário, as equipes de projetos complementares começam a desenvolver os projetos, conjuntamente com a equipe de acessibilidade e dos projetos de sinalização que podem ser horizontal, vertical, semafórica, indicativa, apesar do projeto geométrico começar a ser elaborado primeiro, as disciplinas precisam estar em constante comunicação, para soluções do projeto.

De posse de todos os projetos desenvolvidos a nível básico o responsável pela equipe de projeto como um supervisor, ou analista do projeto realiza a compatibilização dos projetos, se for necessário melhorias no projeto ou incompatibilidades é necessário realizar as adequações necessárias, caso não haja incompatibilidades, a equipe elabora um pré-levantamento de quantitativos e elabora uma estimativa de custos através de uma pré-orçamentação, de posse dos projetos básicos das disciplinas, da planilha de quantitativos e do pré-orçamento, a equipe gera o projeto básico e encaminha para o cliente.

Caso o projeto contratado seja por um empreendedor para regularização de um empreendimento ou outras soluções como melhoria de acessos dentre outras, a equipe encaminha o projeto básico para ele, para análise da estimativa de custos do projeto, caso o cliente ache oneroso, antes de encaminhar para os órgãos competentes para aprovação, a equipe de projeto pode realizar adequações desde de que não cause danos a segurança viária. Caso o cliente valide, a equipe de projetos encaminha o projeto básico aos órgãos competentes para análise técnica e econômica do projeto, caso aprovado a equipe de projeto começa a elaboração do detalhamento do projeto, caso contrário a equipe realiza as adequações até a aprovação para iniciar a elaboração do projeto executivo.

No desenvolvimento do projeto executivo a equipe de projeto verifica se é necessário desenvolver projetos de sinalização de obras e ou desvios, se sim a equipe elabora o projeto,

após a finalização de todos os projetos é realizado a compatibilização dos no qual é gerado um relatório de interferências, caso haja interferências os projetos são revisados até não haver conflitos. Aprovado a análise de interferências o supervisor ou analista responsável pelo projeto realiza a verificação do checklist do projeto, onde são analisados todos os parâmetros necessários para entrega final do projeto, caso o checklist seja aprovado.

A equipe realiza o levantamento de quantitativos final, solicita o orçamento final, verifica se não houve nenhum erro no quantitativo, após o orçamento aprovado, cada responsável por sua disciplina desenvolve o memorial descritivo, o supervisor ou analista responsável pelo projeto monta o volume final, encaminha para aprovação dos órgãos competentes, caso não seja aprovado o projeto volta na etapa de desenvolvimento do projeto executivo para as melhorias necessárias e retroalimenta todas as fases citadas caso seja aprovado, o projeto está pronto para ser implantado.

5.7 Avaliação do primeiro fluxo (artefato 01)

Para a avaliar o primeiro artefato construído, foram convidadas as empresas mapeadas na primeira entrevista representados por seus respectivos responsáveis. Para isso, a avaliação ocorreu em duas etapas. Na primeira, apresentou-se o fluxo de processos desenvolvido, e foi solicitado uma pontuação de 0 a 4, em que 0 representa a nota mais baixa e 4 e a pontuação mais alta possível, que esse especialista poderia avaliar, conforme Gráfico 51. As questões avaliativas estão disponíveis no APÊNDICE IV – Questionário avaliativo 1º artefato.

Gráfico 51 - Avaliação do fluxo de processos



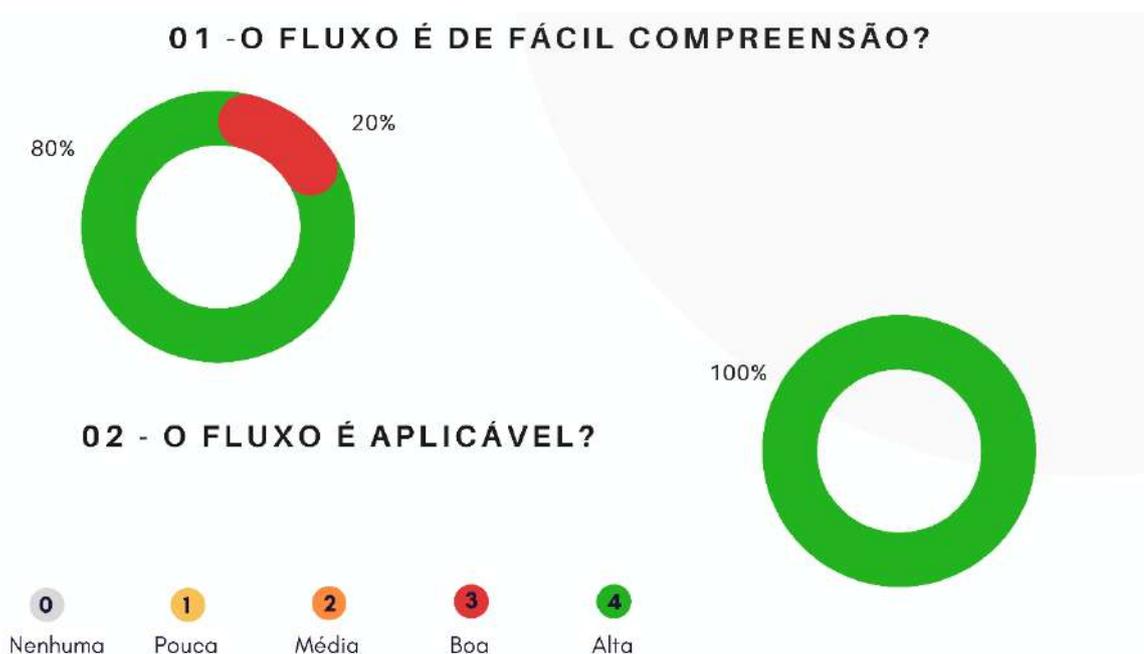
Fonte: elaborado pelo autor (2023).

5.7.1 Avaliação pela Escala Likert

No Gráfico 52, foi perguntado aos especialistas se consideravam o fluxo de processos de fácil compreensão. 60% afirmaram que o fluxo possui alta compreensão e 40% afirmaram que o fluxo é de boa compreensão. Em um total de 4 pontos a média das avaliações foi de 3,60 resultando em uma avaliação de 90%.

A segunda pergunta avaliativa abordou se os especialistas julgavam o fluxo como aplicável. Foi perguntado se como gestores, utilizam esse fluxo em sua organização, ou o usariam como modelo para criar adaptar em suas organizações, 100% afirmaram que o fluxo possui alta aplicabilidade, resultando em 4 pontos e uma avaliação de 100% na avaliação, como pode-se observar no Gráfico 52.

Gráfico 52 - O fluxo é de fácil compreensão



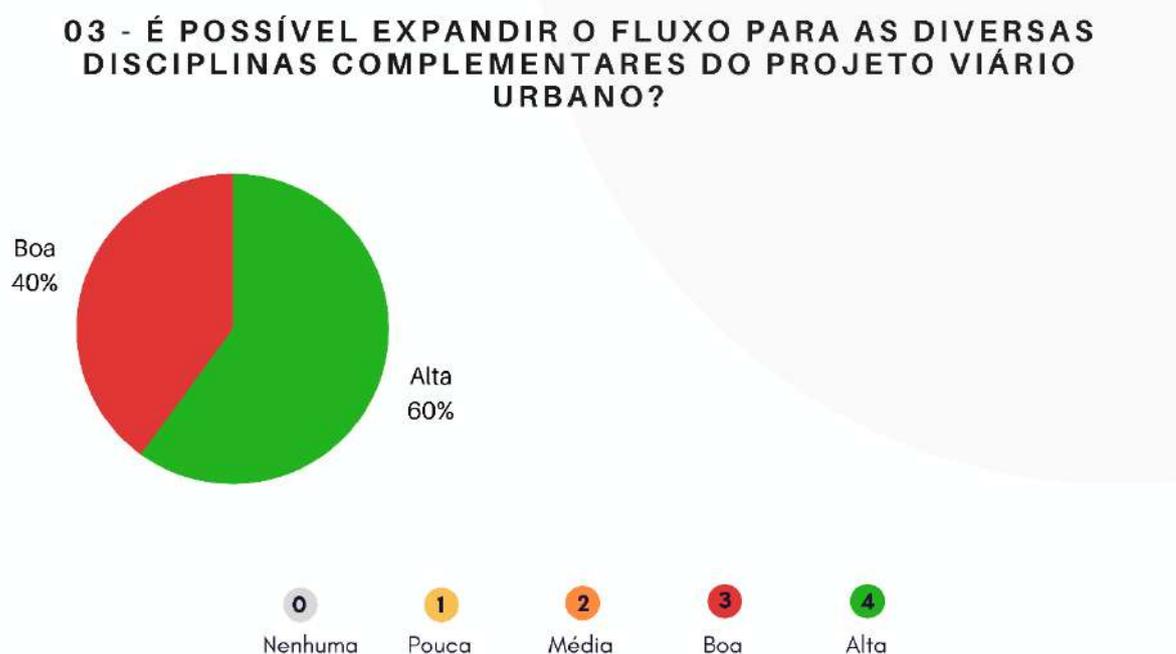
Fonte: elaborado pelo autor (2023).

A terceira pergunta avaliativa conforme Gráfico 23, abordou a consideração dos profissionais sobre a possibilidade de expansão do fluxo apresentado para diversas disciplinas do projeto viário urbano, como os projetos complementares. 60% dos participantes afirmaram que o fluxo possui alta capacidade de expansão 40% afirmaram que o fluxo é de boa expansão. No total de 4 pontos a média das avaliações foi de 3,60 totalizando uma avaliação global de 90%.

No Gráfico 54, os especialistas foram questionados sobre se o fluxograma apresentado abrange todas as etapas para a elaboração de um projeto viário urbano mais completo. A resposta foi unânime, com 100% dos participantes afirmando que o fluxo contempla de forma adequada todas as etapas, resultando em 4 pontos e uma avaliação de 100%.

A média global da nota do fluxo foi de 3,8 pontos em 4, resultando em uma média de 95% de aprovação do fluxo em 100%. Com esse resultado favorável foi possível avançar com a criação do segundo artefato utilizando a metodologia BIM no processo de elaboração do projeto viário urbano.

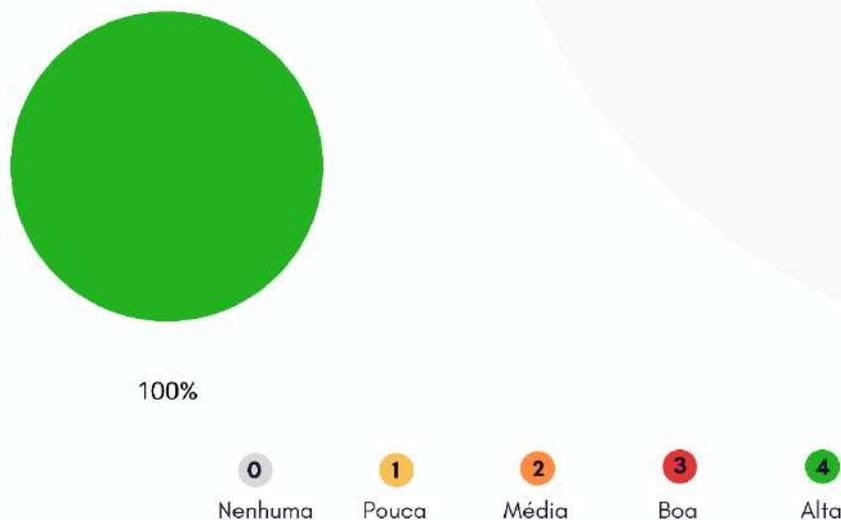
Gráfico 53 - É possível expandir o fluxo para as disciplinas complementares do PVU



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 54 - O fluxograma contempla todas as etapas para o desenvolvimento do projeto

04 - O FLUXOGRAMA CONTEMPLA TODAS AS ETAPAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO?



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

5.7.2 Avaliação aberta com considerações

A segunda parte da avaliação consistiu em três perguntas que buscavam sugestões de melhorias para o fluxo. A primeira pergunta foi se os especialistas estavam de acordo com o fluxo apresentado. Os Especialistas 01 e 03 gostaram muito do fluxo e não realizaram ponderações.

O Especialista 02 destacou que gostou muito do fluxo, considerando-o a maneira ideal para elaborar o projeto viário urbano. No entanto, observou que na prática, o processo pode ser encurtado. Sugeriu a inclusão de uma caixa de decisão para determinar se o estudo de tráfego é um produto contratado, destacou que existem órgãos e empresas que optam por contratar simultaneamente, enquanto em outros casos é feita uma contratação sequencial. Destacou ainda que, as propostas e diretrizes são aprovadas pelos clientes e pelos órgãos e se a mudança que o órgão solicitou for substancial é necessário revisar o fluxo.

O Especialista 04 propôs uma modificação na parte de orçamento externo, argumentando que do contrário, seria necessário aplicar para todas as outras disciplinas, como os estudos de tráfego e a topografia que muitas das vezes são realizadas internamente na sua empresa.

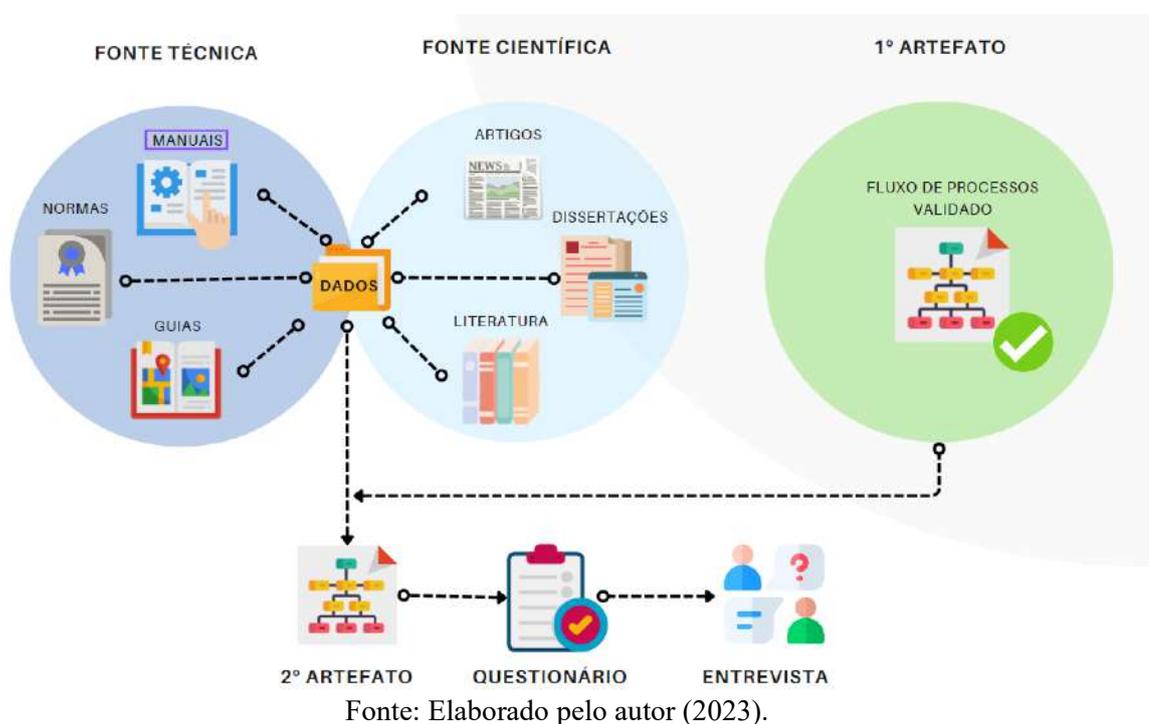
Na segunda pergunta, os especialistas foram questionados se ele faria alguma alteração no fluxo após sua análise. Os Especialistas 01 e 03 afirmaram que não fariam nenhuma alteração. O Especialista 02 sugeriu criar uma caixa de decisão "há necessidade de elaborar estudo de tráfego" como mencionado anteriormente. se não ir direto para um "diagnóstico interno" onde não há necessidade de elaborar um estudo de tráfego e após esse diagnóstico, o próximo processo seria a definição de disciplinas, e dos responsáveis pelo desenvolvimento do projeto. O Especialista 04 propôs aprovar todos os projetos conceituais simultaneamente, enquanto o Especialista 05 mencionou que o fluxo ficou tão completo que realizaria alteração no fluxo apenas em contratos específicos que necessitassem de alguma etapa diferente.

A terceira e última pergunta abordou se, após a análise, os especialistas que estavam representando as organizações gostariam de comentar ou considerar algo adicional que não foi considerado, mas que eles achavam importante expor. O Especialista 01 enfatizou a importância do fluxo para criação de subfluxos. O Especialista 02 ressaltou que o fluxo ficou excelente, e indicou que as perguntas anteriores já haviam todas as considerações. O Especialista 03 ressaltou que o fluxo facilita muito o entendimento e de alta utilidade, sendo fundamental para validar checklists. O Especialista 04 parabenizou o artefato criado, enquanto o Especialista 05 ressaltou que a expansão do fluxo dependerá de cada caso, se as disciplinas complementares estariam dentro do escopo do projeto ou não. Ele finaliza mencionando que, na sua visão, o fluxo está perfeito e é totalmente aplicável.

5.8 Criação do segundo artefato

Após a conclusão e validação do primeiro artefato, foi realizada a Revisão Sistemática da Literatura conforme descrito no capítulo da metodologia deste trabalho. O objetivo foi de identificar o estado da arte da pesquisa, para o qual foi realizado o mapeamento dos fluxos encontrados na etapa de elaboração de projetos viários. Após a conclusão da RSL foi feita uma pesquisa em guias, cadernos e manuais BIM com o objetivo de compreender todo o processo de elaboração de um projeto utilizando a metodologia BIM.

Figura 36 - Fontes para construção do segundo artefato e elaboração das entrevistas



A partir do primeiro fluxo criado e validado, dos dados técnicos levantados, tornou-se possível desenvolver o segundo fluxo de processos utilizando a metodologia BIM, com destaque para a utilização de alguns artigos identificados na RSL, aos quais foram importantes para a construção desse fluxo como: a pesquisa de Hochmuth e Breinig (2016) auxiliou na percepção de como os autores elaboraram um modelo completo e coordenado, no qual todas as disciplinas e modelos desenvolvidos foram introduzidos no modelo federado.

Os autores também criaram um PEB onde foram definidas competências e responsabilidades no desenvolvimento do processo. O trabalho de Leisheng *et al.*, (2020) aborda que no BIM, as principais definições do projeto são estabelecidas no início do projeto, o que chamamos de PEB.

Também foi usado como referência o trabalho de Sankaran *et al.*, (2016), que utilizaram dados GIS para desenvolver um modelo para, posteriormente, realizar o levantamento topográfico. O trabalho de Jiang *et al.*, (2022) também, em seu processo de projeto BIM, desenvolveu um modelo BIM da via existente por meio do processamento de dados GIS.

O trabalho de Castañeda *et al.*, (2021), também foi importante na construção do fluxo na etapa de elaboração do estudo de tráfego, onde os autores realizaram a integração dos

dados de tráfego ao modelo geométrico compatibilizado das condições existentes. Cantisani *et al.*, (2022) também abordam que o desenvolvimento de projetos funcionais é importante para a tomada de decisões de soluções técnicas e econômicas do projeto.

Andriani *et al.*, (2021), os autores levantaram todos os dados de entradas possíveis para a elaboração da disciplina do projeto geométrico e mostraram que, no processo em BIM, é necessário receber os dados e verificar para se chegar a boas soluções.

O trabalho de Jian (2020) abordou uma sequência lógica para o uso do BIM, em que, após a elaboração do modelo, é realizada a detecção de conflitos, seguida do detalhamento do projeto, o que facilitou o entendimento das etapas necessárias a serem realizadas. É possível acessar dados nas etapas do processo.

Vignali *et al.*, (2021), através de um estudo de caso, realizaram alguns processos na etapa de projeto importantes, como a modelagem, por meio de um levantamento topográfico, e criação do modelo base da disciplina geométrica.

Hinostroza, Granados e Bravos (2021) demonstraram, na pesquisa realizada, que, através de um ambiente único e compartilhado, é possível trabalhar de maneira colaborativa.

Apesar de o trabalho de Laila *et al.*, (2020) focar na manutenção de vias urbanas, os autores realizaram a modelagem das condições existentes, sendo possível realizar essa etapa para requalificar vias urbanas.

Omoregie e Turnbull (2016) ajudaram a embasar a técnica de entrevista avaliativa para que especialistas em sua área de competência pudessem avaliar suas percepções e compreensão sobre o BIM no desenvolvimento dos projetos.

Com base em todas as informações apresentadas acima, foi desenvolvido o segundo artefato proposto nesta pesquisa que foi a criação de um fluxo de processos utilizando a metodologia BIM para desenvolver PVU

5.8.1 Seleção dos especialistas BIM

A seleção dos participantes da entrevista, levou em consideração especialistas ocupantes de cargos de gerenciamento ou coordenação BIM, que possuam mais de três anos de experiência na área, formação técnica e acadêmica e atuação no Brasil. A partir dos primeiros especialistas identificados foi utilizado o método de Bola de Neve, solicitando aos entrevistados que indicassem outros especialistas relevantes para a pesquisa e pertencentes ao mesmo grupo. Dessa maneira, foram selecionados 12 especialistas BIM que atuam como coordenadores de projeto, diretores ou gerentes BIM.

5.8.2 Apresentação do segundo artefato

Após a criação do segundo artefato, que neste trabalho consistiu na elaboração de um fluxo de processos para elaboração de PVU utilizando a metodologia BIM, foi realizada uma entrevista informal com os especialistas. Na primeira parte foi apresentado a cada especialista BIM o primeiro artefato construído, seguido pela exposição do segundo artefato construído, sendo solicitada a opinião de cada especialista sobre possíveis modificações ou acréscimos ao segundo artefato. Segue abaixo as considerações e apontamentos de cada especialista que serviu como fonte para melhoria do fluxo de processos.

5.8.3 Considerações dos especialistas para melhoria

O Especialista 01 gostou do artefato apresentado, e sugeriu um pequeno ajuste na etapa análise, compatibilização e otimização do modelo. Ele propôs modificar o processo para análise de compatibilização do modelo, gerando como saída o relatório de interferências. Além disso, sugeriu renomear modelo Federado para Modelo Federado de Projeto Viário Urbano, para alinhar como terminologia tradicional.

O Especialista 02 ressaltou que o artefato apresentado está muito bom, destacou a abrangência macro e a adaptabilidade para implantação em diversas empresas, Foi enfatizado também a clareza na transição dos processos em comparação com abordagens de projetos tradicionais, ressaltou o fluxo possui lógicas e não apresentou potenciais erros. Reconheceu a flexibilidade do fluxo para ser adaptado às realidades específicas de cada empresa, cliente ou órgão competente. E também destacou a eficiente divisão e integração entre disciplinas e projetistas, tornando o fluxo de fácil compreensão. Solicitou acesso ao artefato para um estudo mais aprofundado, e não apontou modificações específicas.

O Especialista 03 ressaltou que o artefato apresentado está bem sólido e de fácil entendimento, destacando sua aplicabilidade macro e sua adaptabilidade a diversas empresas. Sugeriu que seria interessante em pesquisas futuras a elaboração de um fluxo para novas vias e provenientes de objetos de licitação. Assim como o Especialista 02 solicitou acesso ao artefato para um estudo mais aprofundado, e não apontou modificações específicas

O Especialista 04 achou interessante a forma como foi abordado no gateway referente a disponibilidade de modelos existentes, destacou a importância de ter uma visão clara da situação de campo levantada, seja por levantamento topográfico como a nuvem de pontos ou por modelos existentes. Declarou que na visão dele o fluxo ficou ótimo. E observou que a

sequência de processos é essa mesmo, devido a sua experiência junto a empresas de transporte e trânsito, é exatamente esses processos que ele tem observado. Apesar de ser um fluxo geral ele considerou o artefato bem detalhado, embora alguns tipos de projetos possam não demandar todos os processos, a lógica por trás é essa mesmo.

O Especialista 05 destacou o processo de integração da composição de tráfego do modelo BIM ressaltando que, às vezes, não é necessário realizar a modelagem. Ele abordou que existem softwares que utilizam mapas através de imagens de satélites, onde é possível converter um setor ou um bairro. E que nesses casos é possível configurar parâmetros, aplicar pesos, e deixar os softwares conduzir um estudo e fornecendo diversas possibilidades. Por exemplo, o software realiza o cálculo do tempo de atraso em cada segmento, considerando elementos como rotatórias e distribuição de tráfego. O especialista enfatizou que importa para o software, as interseções e os alinhamentos são importantes, destacando que o fluxo está bem construído e completo, achou interessante a abordagem dos projetos complementares.

E finalizou destacando que o fluxo apresentado atende integralmente, destacando a eficiência dos gateways, a clareza dos retornos, a organização das fases de projeto, os responsáveis, a articulação entre disciplinas e suas entregas. Expressou o desejo de utilizar o artefato após a conclusão da pesquisa para melhoria e aprimoramento dos processos. Destacou que a estrutura montada independe de organograma de uma empresa, enfatizou que o fluxo trabalhou as etapas de cada fase do projeto de forma a possibilitar a visualização completa do desenvolvimento, desde o estágio inicial até a entrega final.

O Especialista 06 propôs a alteração da sequência da etapa do levantamento topográfico sugerindo que este seja solicitado após a realização do estudo de tráfego e não anteriormente como estava na primeira versão do artefato. Ele argumentou que em um estudo de tráfego nem sempre é necessário embutir os estudos de tráfego no modelo BIM, se para o estudo o levantamento topográfico for para levantar os dados a nível de condições existentes. Para exemplificar considerou o cenário de ampliação de uma avenida, realizar o levantamento topográfico antes dos estudos serem aprovados, pode gerar custos desnecessários como necessidade de ampliação da área do projeto ou ajustes. Essa mudança de etapas como uma abordagem estratégica visa otimizar o processo de projeto."

O Especialista 06 explicou que na ausência de dados solicitados aos órgãos competentes como levantamento topográfico ou modelos existentes para realização dos estudos de tráfego é possível recorrer ao Sistema de Informação Geográfica - GIS. O GIS possui camadas onde são mapeadas as interferências como por exemplo na calçada, e de posse dessas informações é possível desenvolver um modelo. Embora possa se realizar um modelo

básico, essa etapa permite a definição prévia de uma área, para desenvolvimento dos estudos de tráfego.

O Especialista 07 ressaltou que na definição das responsabilidades, existe uma diferenciação de papéis entre o Gerente BIM e o Coordenador, destacando que o gerente BIM está mais voltado para implementação do BIM em toda a empresa, incorporando demandas de projeto como customizações, padronização e novas metodologias de trabalho. O Coordenador, por sua vez, segue as diretrizes já implantadas na empresa e acompanha o projeto específico ao qual ele foi designado.

Destacou que o ideal é que os coordenadores e gerentes BIM sejam da área técnica, justamente para uma implementação bem-sucedida e resultados positivos nos projetos. Compartilhou experiências anteriores de implementação BIM com fracasso pois os coordenadores e técnicos eram da arquitetura, ou da área da indústria, o BIM ele tem todo o embasamento teórico, muitas das vezes o cliente não desenvolve o pré-PEB ele atribui a responsabilidade de quem tá contratando e ele coloca isso na proposta e nem quando você ganhou o contrato.

Ao abordar a definição de nuvem de pontos, ressaltou que ela representa um levantamento tridimensional, e não é um modelo por si só, sendo necessário criar uma superfície a partir dos dados coletados. Explicou que a nuvem de pontos, assim como a fotogrametria, GNSS ou estação total, constitui um levantamento topográfico. E ao utilizá-la, inicia-se o desenvolvimento do modelo.

Outro ponto que o Especialista 07 destacou é que as documentações são geradas após a validação do modelo, porém alguns documentos subsidiam o modelo. Exemplificou a necessidade de realizar um estudo hidrológico para um projeto complementar de drenagem, e enfatizou que sem a elaboração desse documento, não é possível obter informações cruciais como o índice de precipitação e modelar dispositivos eficientemente.

No final do seu processo sugeriu a remoção da etapa de elaboração do memorial descritivo, no contexto BIM não é necessário, pois nas documentações geradas do modelo são apresentadas as análises, quantitativas, relatórios, e análises de inconsistência dos modelos. E destacou que o BEP se atualiza ao longo do desenvolvimento do projeto, e o memorial descritivo no BIM é gerado nos usos do BIM.

O Especialista 08 destacou que o artefato proposto está bem coerente com as fases do projeto, e achou pertinente o desenvolvimento do pré-PEB, evidenciando o foco na metodologia, como sendo um dos passos para uma implementação bem-sucedida do BIM, corroborando assim para uma compreensão mais profunda do BIM.

Por sua vez, o Especialista 09 enfatizou a importância de existir um Pré PEB chamado de PEB do pré-contrato, usualmente elaborado pelo contratante/proprietário, alguns capítulos do PEB são de responsabilidade do dono do projeto. No fluxo ideal, é analisado o uso do BIM para cada projeto específico, durante a definição do PEB.

O PEB traz influências nos custos do projeto, é necessário definir no pré contrato quais os usos do BIM esperados, quais os parâmetros necessitam ser inseridos dentro do meu modelo, entre outras definições porque depois se sabe exatamente o que você necessita de dimensionar de equipe, disciplinas, recursos humanos, o tipo de projeto esperado pelo cliente/órgão competente. É importante essa amarração do PEB pré contrato tende a ter muitas divergências, pelo contratante não especificar exatamente o que ele espera. O mercado vai caminhar futuramente.

E ressaltou que o PEB é crucial na fase de planejamento do projeto, pois nele são determinados parâmetros de representação gráfica, requisitos do modelo BIM, escopos como os usos do BIM, cronograma com prazos, plano de projeto, além de planejamentos para a equipe, como gestão de riscos e matriz de responsabilidade para definição dos níveis de modelo e de informação. Outro ponto a destacar é que em vez de utilizar o termo “coordenador BIM”, seria mais apropriado utilizar o termo “Coordenador BIM/BIM Manager”, pois na sua experiência de mercado, o especialista tem observado muitos Gerentes BIM assumindo um papel de coordenação também.

O Especialista 10 recomendou a alteração do termo ”Modelador Geometria para Especialista BIM Geometria”, pois em sua visão, isso pode evitar problemas relacionados à cultura e maturidade BIM. Às vezes, a equipe pode ter a impressão de que o desenvolvimento de soluções de engenharia para o projeto é uma função separada daquela do modelador. Outro ponto sugerido é que o PEB inclua documentos essenciais como o EIR onde são descritas as intenções para o projeto em BIM, incluindo quais os usos, disciplinas, nível de informação, troca de informação e níveis de desenvolvimento dos objetos ao longo do projeto. O EIR é fundamental, pois é nesse estágio que se estabelece completamente o escopo do projeto. Se o PEB não for alinhado adequadamente desde o início, há o risco de surgirem diversos aditivos contratuais ao longo do projeto, resultando em possíveis prejuízos e desentendimentos entre as partes, por isso é importante entender todo esse fluxo e projeto.

5.8.4 Melhorias no artefato

Após a conclusão da entrevista informal, com todos os especialistas BIM, que abrangeu todos os conhecimentos práticos como mencionado anteriormente, as melhorias sugeridas pelos especialistas foram incorporadas ao artefato apresentado. Esse processo foi necessário para revisão e aperfeiçoamento do segundo artefato proposto, retornando à etapa de identificação e interpretação dos dados, para o desenvolvimento dos apontamentos e a avaliação dos especialistas.

5.9 Entrevista com os especialistas BIM

Com base nas considerações dos especialistas, o artefato foi aprimorado. Após a conclusão das melhorias no fluxo de processos, foram agendadas entrevistas semiestruturadas conforme APÊNDICE V – Questionário especialistas BIM, dos doze especialistas entrevistados informalmente, dois não conseguiram agendar para avaliar o fluxo e as melhorias desenvolvidas a tempo de fechar o trabalho.

5.9.1 Perfil dos avaliadores

A primeira parte da entrevista consistiu no mapeamento profissional dos participantes para fornecer respaldo e validade à entrevista e a segunda parte foi apresentar o artefato final e posteriormente validar o artefato através de uma avaliação como no primeiro artefato apresentado.

5.9.2 Tabulação dos dados

Após as entrevistas, os dados coletados foram tabulados e analisados, com o objetivo de mapear o perfil dos entrevistados, suas áreas de conhecimentos e tempo de experiência profissional, dos 12 especialistas 11 eram do gênero masculino e uma do gênero feminino, porém dois não conseguiram participar da segunda etapa, incluindo uma entrevistada do gênero feminino. Portanto, das 10 entrevistas avaliativas, 100% dos entrevistados eram do gênero masculino conforme o Gráfico 55.

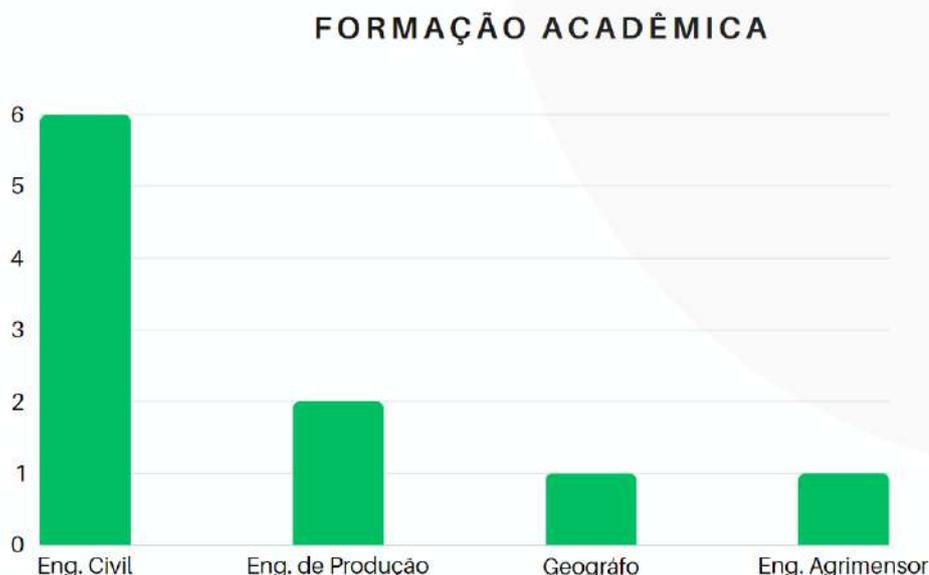
Gráfico 55 - Gênero dos entrevistados



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Pode-se observar a partir do Gráfico 56 que 6 profissionais são engenheiros civis, 2 são engenheiros de produção civil, 1 é geógrafo e 1 é formado em engenharia de agrimensura. Além disso, 80% possuem algum tipo de especialização como pós-graduação, MBA ou mestrado, conforme análises do Gráfico 56. Dentro desse grupo dos 8 profissionais com especialização, 6 possuem especialização em BIM sendo que 4 deles possuem especialização na área de infraestrutura em BIM.

Gráfico 56 - Formação acadêmica



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Foi perguntado também para cada um dos entrevistados a sua função no desenvolvimento de projetos em BIM. Dos 10 respondentes, 70% atua como BIM Managers (gerentes BIM), 10% atuam como coordenador de projetos BIM, 1 como consultor BIM e 1 atua como diretor de engenharia em projetos BIM, conforme demonstrado no Gráfico 57. Foi

levantado também o tempo de experiência profissional com projetos BIM, onde foi revelado que 30% dos respondentes possuem experiência superior a 7 anos, 40% têm experiência entre 5 a 7 anos e 30% possuem experiência entre 3 a 5 anos.

Com a tabulação dos dados, pode-se observar que os profissionais selecionados possuem qualificação técnica na área, experiência significativa, atuação consolidada no mercado e desempenham papéis estratégicos na disseminação do BIM nas empresas em que estão inseridos, como indicado pelos cargos ocupados.

Gráfico 57 - Experiência profissional em BIM



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Abaixo é apresentada a versão final do segundo fluxo de processos, desenvolvida com a metodologia BIM e refinada com base nas observações dos especialistas obtidas durante as entrevistas. Essas contribuições foram essenciais para aprimorar o fluxo de processos já estabelecido.

5.10 Fluxo de processos utilizando BIM

Assim como no fluxo de processo tradicional, as fases do projeto foram divididas da seguinte forma: início/planejamento, levantamento de dados, estudos e concepção do projeto, projeto básico, detalhamento e entrega do projeto. E os responsáveis pelo projeto foram organizados em: clientes/órgão competente, administrativo, coordenador BIM/gerente BIM, especialistas no desenvolvimento dos estudos do projeto e os especialistas BIM e modeladores BIM, de acordo com a sua especialidade.

No início do projeto, o cliente/órgão competente realiza um pré-diagnóstico e desenvolve um pré-PEB, que é um pré-plano de execução BIM. Esse documento contém uma série de requisitos de informação, onde a contratante aborda informações cruciais sobre o que ela espera durante o desenvolvimento do projeto. O pré-PEB pode conter diversas informações, como: escopo do projeto, usos do BIM, níveis de informação, níveis de detalhamento esperados, plano de comunicação e colaboração, definição de ferramentas BIM, ambiente comum de dados entre outras informações que a contratante considerar necessário. O pré-PEB desempenha um papel importante na prevenção de problemas contratuais e até judiciais, onde o contratante espera um determinado tipo de projeto em BIM e recebe algo totalmente diferente do esperado, podendo resultar em retrabalhos e problemas nas organizações contratadas.

A empresa contratada recebe as informações necessárias para a elaboração do projeto, como termo de abertura, roteiro de elaboração do projeto e o pré-PEB. O setor administrativo da empresa realiza uma análise de viabilidade para o desenvolvimento do projeto, caso a contratação seja por licitação ou para desenvolvimento de novas vias o processo é finalizado, pois não está dentro do escopo da pesquisa. No entanto, caso o contrário, a empresa realiza os trâmites de contratação para elaboração do projeto.

No contexto do BIM, no início do processo de projeto, é necessário realizar a escolha de um coordenador/gerente BIM que participará de todas as etapas do projeto. O coordenador realiza um levantamento de todas as legislações pertinentes na área para o desenvolvimento do projeto. Além disso, realiza a análise de todas as informações recebidas e inicia a elaboração do PEB do projeto.

O PEB além de conter as informações do que a contratante espera da empresa contratada para elaboração do projeto, incorpora diversas outras informações, como as listas de profissionais envolvidos no projeto, cronograma, disciplinas e atividades, fases do projeto, tipos de entregáveis, formato dos documentos e modelos, especificações do ambiente comum

de dados e outras informações relevantes, que podem ser acrescentadas no PEB dependendo da complexidade e abrangência do projeto.

O Coordenador realiza a entrega do PEB submetendo no ambiente comum de dados, devendo ser aprovado pelo cliente, garantido que todas as partes envolvidas tenham ciência da sua responsabilidade no projeto. Caso seja necessário melhorias ou complemento de informações o PEB retorna ao coordenador e todos os apontamentos são realizados até que todas as partes do projeto estejam de acordo com o PEB.

Após a entrega do PEB são realizados novos estudos e mapeamento do projeto para compreender as necessidades e propor soluções que tragam melhorias e aumentem a segurança viária. Nesses estudos são definidos quais os dados necessários serão solicitados aos órgãos competentes e/ou ao contratante.

O primeiro dado solicitado, assim como na etapa do projeto tradicional, é verificar a existência de modelos previstos, existentes ou em andamentos disponíveis. Em caso positivo, são solicitados os projetos aos órgãos competentes no ACD. O coordenador recebe, analisa e valida os modelos recebidos, caso não seja útil, o modelo é arquivado, caso tenha utilidade para o projeto, o modelo é adequado na fase da modelagem das condições existentes no local.

Outra pergunta importante durante o desenvolvimento do projeto é se os órgãos competentes/cliente possuem levantamento topográfico na área. Em caso positivo, após recebê-lo é importante validar esse levantamento, caso a base topográfica esteja desatualizada ou incompatível, os dados recebidos são arquivados. No entanto, se a topografia recebida em nuvens de pontos ou em outras tecnologias estiver atualizada, é necessário realizar a modelagem das condições existentes para servir como base do projeto.

Após a checagem de modelos disponíveis e do levantamento topográfico, surge outra pergunta importante para o desenvolvimento dos projetos viários urbanos: a necessidade de desenvolver estudos de tráfegos. Se não for necessário, muitas etapas do fluxo de processos são puladas. No entanto, caso seja necessário desenvolver estudos de tráfego e não houver uma base topográfica disponível, é preciso levantar dados em GIS para modelagem das condições existentes e realizar a modelagem das condições da área do projeto.

Após essa modelagem básica inicial, a equipe terá um modelo BIM compatibilizado das condições existentes, que consiste em um modelo geométrico digital para análises de estudos de tráfego. A equipe de estudos de tráfego realiza um levantamento dos dados necessários para realização dos estudos. O coordenador do projeto é comunicado, e realiza uma quarta pergunta tão importante quanto as anteriores: há dados e estudos disponíveis nos órgãos que possam subsidiar o desenvolvimento dos estudos? Se os órgãos competentes

possuírem pesquisas, dados e estudos recentes, esses dados são encaminhados, analisados e validados. caso os dados recebidos não forem úteis, é solicitado à equipe de campo que realize o levantamento dos dados, para desenvolver um diagnóstico preciso para subsidiar os estudos. Caso os dados sejam úteis, eles são integrados na fase de composição dos dados de tráfego no modelo BIM.

Com o modelo geométrico digital compatibilizado ou elaborado para subsidiar os estudos de tráfego e das informações de tráfegos provenientes dos levantamentos de dados e pesquisas realiza-se a integração da composição do tráfego do modelo BIM, onde a equipe de estudos de tráfego seleciona o tipo de simulação, calibra os dados e realiza a simulação. Com os resultados obtidos, a equipe começa a propor alternativas de soluções de projetos. Se necessário melhorias, esse processo é retroalimentado até chegar a um modelo funcional ou vários modelos, que são apresentados para análises técnicas e econômicas das soluções, para aprovação do cliente/órgão competente.

Caso nenhum dos modelos funcionais seja aprovado, é necessário realizar reuniões com o contratante/órgão competente e realizar as adequações solicitadas, até chegar em uma solução satisfatória. Após a fase de aprovação do modelo funcional, é necessário verificar se o PEB precisa ser atualizado. Assim como na fase do projeto tradicional, com a aprovação do projeto funcional, são definidas as disciplinas que deverão ser utilizadas nos projetos. Às vezes, é necessário estender prazos ou modificar o escopo do projeto; são informações que só se conseguem levantar com exatidão após aprovação do projeto funcional. Às vezes o PEB já contempla os níveis de modelagem que serão entregues nas fases do projeto básico e executivo, mas é necessário verificar se houveram atualizações no processo.

Após a atualização do PEB, o coordenador BIM solicita o levantamento topográfico necessário para realização da modelagem e o início do desenvolvimento dos projetos. Um dos motivos importantes para solicitar o levantamento topográfico após elaboração dos modelos funcionais e da atualização do PEB é que o modelo funcional subsidia a área de abrangência do projeto. Pode ser que, na proposta validada e aprovada, seja necessário mudar a configuração de uma via, por exemplo, seu sentido, e essa mudança trará impacto em outras vias no entorno do projeto, sendo necessário realizar intervenções geométricas e de sinalização em áreas que não estavam no escopo inicial do projeto.

Além disso, após o projeto funcional, é possível verificar qual o tipo de levantamento topográfico necessário, se será em nuvens de pontos ou em outra tecnologia. É necessário analisar qual a melhor tecnologia a ser empregada. Por exemplo, um levantamento em nuvens de pontos pode gerar um volume enorme de informações que não será necessário usar no

projeto, gerando um alto investimento ou um consumo alto de informações que não traria benefícios e poderia atrasar o desenvolvimento do mesmo. Realizar uma nova contratação de topografia é oneroso e trará custos adicionais ao projeto, retrabalhos e a necessidade de deslocar equipe novamente em campo. Após o recebimento da topografia em nuvens de pontos ou outras tecnologias é necessário modelar o terreno e tudo o que estiver na área de abrangência do projeto.

O Coordenador verifica se será necessário realizar outros estudos pré modelagem, como na disciplina de drenagem, e comunica às equipes que comecem a desenvolver os estudos necessários para a realização do projeto. Por exemplo, para desenvolver um projeto de drenagem, é necessário realizar uma série de estudos.

Após a aprovação do modelo funcional e da topografia modelada, o coordenador solicita aos especialistas e modeladores BIM que comecem a elaborar a modelagem geométrica a nível do projeto básico. O coordenador necessita aprovar o anteprojeto elaborado pela equipe. Caso não seja aprovado, é importante realizar as alterações apontadas. Após a aprovação pela coordenação, a equipe da disciplina de geometria fornece um modelo base da geometria. Esse modelo não necessariamente precisa conter informações e detalhes precisos, é um modelo que servirá de base para o desenvolvimento das demais disciplinas que foram definidas no PEB.

Após o recebimento da modelagem base geométrica o coordenador novamente aprova o modelo fornecido. Caso seja aprovado, o coordenador disponibiliza o modelo federado do projeto viário urbano e comunica aos demais participantes do projeto que a base para realização dos trabalhos está disponível.

Assim, cada especialista inicia a elaboração de soluções para sua disciplina e também realiza a modelagem necessária com o nível de desenvolvimento e informação estabelecidos no PEB. No modelo federado, ocorre a comunicação entre as disciplinas do projeto, e as alterações necessárias vão sendo devidamente comunicadas.

Após os modelos estarem no modelo federado, o coordenador inicia a verificação da qualidade dos modelos enviados, avaliando se a modelagem está consistente e se as informações e detalhes estão de acordo com o estabelecido no PEB. Em caso de não aprovação, as alterações necessárias são comunicadas no modelo federado. O Coordenador também realiza a análise de compatibilização do modelo, onde é gerado um relatório de interferências, e novamente o coordenador comunica os ajustes necessários no modelo.

Após aprovado o modelo federado a nível do projeto básico, o coordenador solicita a elaboração das estimativas de custos do projeto e encaminha para os órgãos competentes no

ACD, para análises econômicas e técnicas do modelo federado. Caso sejam necessárias alterações, o coordenador comunica aos participantes do projeto as mudanças necessárias e sugere proposições de novas soluções se forem necessárias.

Caso o modelo a nível do anteprojeto seja aprovado, o coordenador comunica às disciplinas a necessidade de elaborar a documentação do projeto. Essa etapa só é autorizada após a validação do modelo, justamente para não evitar retrabalhos de gerar documentações a cada alteração feita no modelo. Essa documentação precisa ser validada pelo coordenador. Se aprovada, a próxima etapa é o desenvolvimento de um pré-orçamento, que novamente requer aprovação pela coordenação do projeto.

Após a aprovação do projeto na etapa do anteprojeto, verifica-se se é necessário realizar uma nova atualização do PEB. Isso se deve ao fato de que após a entrega do projeto básico, pode ser necessário aumentar o nível de informação de algum elemento do projeto, algum modelo precisa ser melhor detalhado, substituir algum especialista que estava atuando no projeto e com isso é necessário atualizar a lista dos profissionais e demais envolvidos no projetos, ou ajustar o cronograma do projeto em decorrência de atrasos por motivos adversos.

Na fase do projeto executivo todas as etapas do projeto a nível do projeto básico se repetem a diferença está nos níveis de detalhamento e informações do projeto, após a conclusão de todas as etapas referente à elaboração dos modelos, análise de qualidade, compatibilização e validação do orçamento, o projeto executivo é encaminhado para a aprovação final dos órgãos competentes e clientes, caso não seja validado o projeto retorna no modelo federado a nível executivo para ajustes e melhorias. Posteriormente à aprovação, é gerada a documentação incluindo os quantitativos e desenvolvida a orçamentação para entrega final. Caso os órgãos competentes/cliente aprove o projeto viário urbano modelado utilizando BIM, o modelo está preparado para a próxima etapa do BIM que consiste na implantação do projeto.

5.11 Avaliação do segundo fluxo (artefato 02)

Após a primeira fase da entrevista, e apresentada a versão final do artefato proposto conforme apresentado acima o fluxo de processos utilizando a metodologia BIM. Para isso, os mesmos especialistas que contribuíram com insights para melhorias na primeira versão do segundo artefato foram convidados, considerando as observações feitas durante as entrevistas informais anteriores. Esses especialistas analisaram o fluxo proposto e, ao final, foram convidados para uma avaliação final conforme APÊNDICE VI – Questionário avaliativo, na

qual atribuíram uma nota de 0 a 4 onde 0 a nota mais baixa e 4 a pontuação mais alta possível que esse especialista poderia dar, conforme demonstrado no Gráfico 58.

Gráfico 58 - Avaliação do fluxo de processos



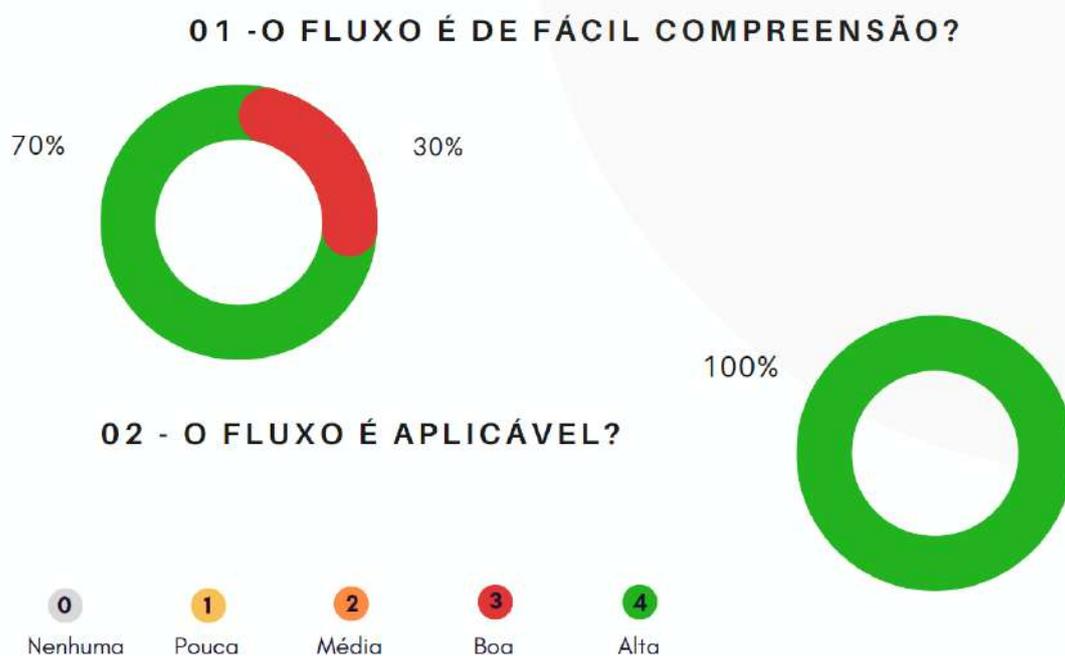
Fonte: elaborado pelo autor (2023).

No Gráfico 59, foram perguntados aos especialistas se consideravam que esse fluxo de processos é de fácil compreensão. 70,00% afirmaram que o fluxo possui alta compreensão enquanto 30,00% indicaram que o fluxo é de boa compreensão. Com uma pontuação máxima de 4 pontos a média das avaliações foi de 3,70, resultando em uma avaliação geral de 92,50%.

A segunda pergunta avaliativa indagou se os especialistas consideravam o fluxo aplicável, se como gestores utilizariam esse fluxo em suas organizações, adaptando-o ou o usando como modelo para criar um na sua organização. Unanimemente 100% afirmaram que o fluxo possui alta aplicabilidade, resultando em 4 pontos e 100% na avaliação, como pode-se observar no Gráfico 59.

A terceira pergunta avaliativa, questionou-se se através do fluxo criado, seria possível adaptá-lo para utilizar em outros tipos de projetos e disciplinas complementares. 50% dos avaliadores disseram que o artefato possui alta adaptabilidade, 40% disseram que possui boa adaptabilidade e 10% que o fluxo possui média adaptabilidade conforme gráfico 60. No total de 4 pontos a média das avaliações nessa pergunta foi de 3,50 totalizando uma avaliação de 87,50%.

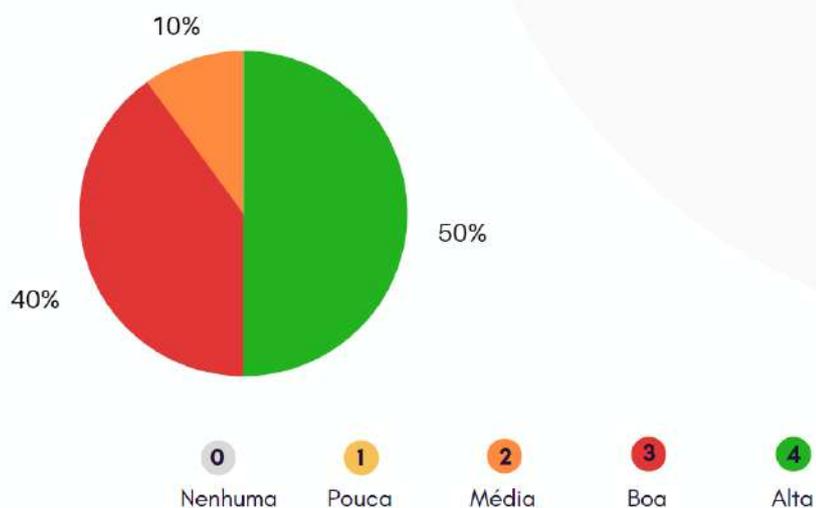
Gráfico 59 - O fluxo é de fácil compreensão



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Gráfico 60 - É possível adaptar o fluxo em outros projetos e disciplinas

03 - ATRAVÉS DO FLUXO CRIADO É POSSÍVEL ADAPTA-LO PARA UTILIZAR EM OUTROS TIPOS DE PROJETOS



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

5.11.1 Avaliação aberta com considerações

A segunda parte da avaliação consistiu em duas perguntas abertas, para os especialistas/avaliadores. A primeira indagou se os especialistas estavam de acordo com o fluxo apresentado. Os Especialistas 02, 03, 06, 09 e 10 gostaram muito do fluxo, enfatizando suas concordâncias com o artefato proposto e abstendo-se de realizar ponderações nessa pergunta.

O Especialista 01 ressaltou que está de acordo com o fluxo, observando que este se configura como um macrofluxo. Ele ressaltou que cada profissional, escola e/ou empresa pode adaptá-lo para o seu tipo de processo e disciplinas envolvidas.

O Especialista 04 afirmou concordar com o artefato proposto, considerando que o fluxo é muito útil para o desenvolvimento dos projetos viários urbanos, entretanto então na sua perspectiva ele não considera que o artefato criado seja tão genérico, pois é necessário por exemplo a busca ou realização de levantamentos topográficos ou a utilização de modelos existentes. Por essa razão, esse especialista classificou o fluxo como tendo uma adaptabilidade média.

O Especialista 05 declarou que gostaria de adotá-lo após publicado no seu cotidiano de trabalho. Na sua visão o fluxo seria altamente adaptável, permitindo a inclusão ou exclusão de outras disciplinas de projetos, dependendo das considerações previstas no BEP além de ser aplicável em outros tipos de projetos.

O Especialista 06 está de acordo e acredita que o fluxo ficou bem abrangente. Ele sugere que para certos tipos de contratações é possível adaptá-lo e realizar um fluxo mais simplificado. E por fim, Especialista 07 ressaltou sua convicção de que o artefato está em conformidade com as diretrizes propostas pelo BIM para a etapa de elaboração de projetos e modelagem.

A segunda e última pergunta feita foi a seguinte: após a análise do artefato, se eles gostariam de comentar algo adicional que não foi considerado na avaliação e que consideram importante expor? O Especialista 01 ressaltou que é importante expor o projeto conceitual, o que muda do básico para o executivo normalmente são as documentações, na fase do projeto básico usualmente não é necessário emitir notas de serviços, apenas entregar algum tipo de material. Já no projeto executivo é essencial entregar notas de serviço.

O Especialista 02 abordou que atualmente no mercado há oportunidade para maiores desenvolvimentos e análises do fluxo de trabalho para gêmeos digitais, especialmente na

modelagem BIM As-is. Embora este tema não tenha sido abordado no escopo da pesquisa, ele sugeriu que essa consideração poderia ser uma contribuição para trabalhos futuros.

O Especialista 03 abordou que o fluxo foi elaborado e validado com base na vivência de profissionais atuantes, levando em consideração as experiências até o momento vivenciadas. Como estamos vivenciando o que tem se chamado de transformação digital, muitos processos por consequência permanecem em constante atualização, para se adequarem às normativas e decretos, logo seria interessante pensar na relação com a vida útil do fluxo elaborado. Ou seja, considerar como ele se manterá relevante ao longo do tempo.

O Especialista 04 ressaltou que o fluxo desenvolvido possui um alto nível de detalhamento para o dia a dia do processo projeto. Na sua visão o artefato cumpre muito bem a missão para a qual foi proposto. O Especialista 05 considerou o fluxo bastante complexo e abrangente para introdução de disciplinas de projetos complementares. O Especialista 06 achou o fluxo tão bem elaborado que não realizou comentários adicionais.

O Especialista 07 destacou a importância do artefato como um todo, Ele reconheceu que muitos fluxos podem ser abstratos e de difícil compreensão, porém elogiou a aplicabilidade e a facilidade de compreender do fluxo apresentado, principalmente para quem trabalha na área. Uma sugestão apontada para trabalhos futuros seria explorar a aplicabilidade desse fluxo em algum projeto.

O Especialista 08 abordou que é importante esse tipo de pesquisa e trabalho para uma metodologia relativamente nova no país, onde se tem escassez de especialistas BIM na área de infraestrutura. Ele acredita que este trabalho poderá auxiliar projetos, escolas e setores na área estudada.

O Especialista 09 ressaltou que esse fluxo é um macrofluxo, e que, logicamente, cada caso de elaboração de projeto exigiria uma adaptação por pequena que fosse e aprofundamento em algumas adaptações práticas. Por exemplo, como fazer a análise crítica do órgão competente, como o nível que foi proposto na minha visão está perfeito. Em casos práticos seria interessante através do artefato proposto elaborar novos fluxos ou adaptá-lo.

O Especialista 10 afirmou que a única alteração que faria no fluxograma seria, após a análise de compatibilização, criar um processo mais claro para comunicar as alterações necessárias às disciplinas para melhoria do modelo. Ele parabenizou o trabalho e ressaltou a importância desses estudos, destacando a colaboração entre academia e empresas.

A média global da nota atribuída ao fluxo foi de 3,73 pontos em 4, resultando em uma média de 93,25% de aprovação do fluxo em 100%. Com esse resultado foi possível afirmar

que esse fluxo tem o potencial de ser uma ferramenta que poderá ajudar a academia, a indústria e poderá trazer uma orientação clara para os especialistas que trabalham com projetos viários urbanos a iniciar a desenvolver projetos utilizando a metodologia BIM, aprimorando o entendimento do desenvolvimento de projetos, auxiliando no mapeamento das etapas do projeto, reduzindo retrabalhos, minimizando perdas de informações e otimizando o tempo de elaboração.

Com esses artefatos, espera-se que estudantes e profissionais possam utilizar os fluxos criados, como guias de fácil compreensão, entendendo os processos que envolvem a elaboração de um projeto viário urbano. O segundo artefato fornece uma visão clara das principais etapas para o desenvolvimento do PVU utilizando a metodologia BIM. Essa abordagem desenvolvida torna o conhecimento acessível aos pesquisadores e pessoas interessadas no campo da pesquisa, corroborando a aplicação prática da metodologia BIM nos projetos viários urbanos.

5.12 Artefatos validados

Finalizado os artefatos faz se necessário explicar a importância de ter desenvolvido o primeiro artefato, o fluxo tradicional foi a base para desenvolver o fluxo de processos em BIM, pois com o desenvolvimento do fluxo tradicional foi possível entender quais as fases utilizadas, as sequências de informações necessárias para sua elaboração, os agentes que participam do projeto e de posse do fluxo tradicional poder mapear quais processos e sequências foram necessárias no BIM, quais mudaram ou foram acrescentadas em relação ao fluxo tradicional.

5.12.1 Semelhanças e diferenças nos artefatos

Com os dois artefatos construídos e validados é possível realizar uma comparação e verificar semelhanças e diferenças do fluxo de processos utilizando a metodologia BIM se comparado ao fluxo de processos de elaboração de projeto tradicional.

5.12.1.1 Fases de projeto

Houve mudanças nas fases do projeto em BIM. Por exemplo, a fase de início/planejamento do projeto foi a primeira a ser modificada, uma vez que em BIM é necessário realizar um planejamento mais apurado do projeto na fase inicial, onde o contratante e o contratado elaboram os planos de execução BIM.

Outra alteração foi a separação do levantamento de dados, visto que o BIM, em todo o processo do projeto, gera informação, e como foi mostrado no fluxo é necessário levantar dados e informações para dar prosseguimento às próximas etapas do projeto.

A fase de estudos e concepção do projeto foram unificadas em uma única etapa, visto que em BIM há um processo de integração da composição do tráfego no modelo gerado para o estudo do tráfego. No processo tradicional muitas vezes a entrega do projeto funcional se dá por croquis realizados em imagens extraídas de mapas online.

As fases referentes à elaboração do projeto básico e projeto executivo (detalhamento) permaneceram as mesmas, pois tanto no projeto tradicional como no projeto utilizando BIM é necessário entregar os dois tipos de projetos. E a fase de orçamentação não foi incluída no processo em BIM, uma vez que, após a validação do modelo e desenvolvimento da documentação, o orçamento pode ser extraído do próprio modelo, tanto na fase do projeto básico como no executivo.

5.12.1.2 Responsáveis pelo projeto

No projeto tradicional os responsáveis são o setor administrativo da empresa, que realiza o processo de negociação para o desenvolvimento do projeto. O gestor do projeto desempenha um papel importante ao coordenar de maneira eficaz todo o projeto. Ele é responsável por manter uma comunicação clara e eficiente com o órgão competente/cliente ao longo do projeto, informando sobre o progresso, desafios e mudanças. Além disso, é o responsável por gerenciar problemas e conflitos buscando soluções que atendam ao cliente e à sua equipe. O gestor também por coordenar a equipe de projeto, desenvolvendo cronogramas e garantindo que a equipe cumpra os prazos estipulados. Sua função é ser um facilitador da comunicação entre os especialistas responsáveis pelas diversas disciplinas do projeto, garantindo que cada um esteja ciente de suas responsabilidades.

A equipe de estudo de tráfego desempenha um papel fundamental no desenvolvimento do projeto viário urbano, através das análises e dados, com sua expertise auxilia na tomada de decisões importantes na concepção dos projetos, com o objetivo de melhorar a segurança viária, analisar interseções, prever cenários futuros de volumes de tráfego, entre outras funções.

A equipe de projeto é composta por supervisores, analistas, arquitetos e urbanistas, engenheiros civis, engenheiros de tráfego, engenheiros de mobilidade, técnicos em estradas, edificações, transporte e trânsito e outros profissionais. Essa equipe é responsável pelo desenvolvimento do projeto, envolvendo, desenhos, detalhamento, elaboração de quantitativos, orçamentação, documentação do projeto e outras atividades necessárias que abrangem o escopo do projeto.

Externamente, temos os órgãos competentes/cliente, como prefeituras, autarquias, superintendências e empresas públicas na área de transporte e trânsito. Esses são responsáveis por gerir o trânsito das cidades e aprovar estudos e projetos viários urbanos. Além disso, os clientes podem ser empreendedores em busca de soluções de projetos, por exemplo, como melhorias viárias e em estacionamentos de um condomínio residencial ou shopping centers.

Em relação ao fluxo tradicional, no processo BIM ocorrem algumas mudanças conforme figura 37. A principal delas é o papel do gerenciamento do projeto que é desempenhado por um coordenador BIM.

Figura 37 – Responsabilidades no projeto



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

O coordenador desempenha um papel estratégico para o sucesso da metodologia BIM, sendo o responsável por criar o PEB e facilitar a comunicação entre as disciplinas do projeto através da coordenação dos modelos digitais. Além disso, ele é o responsável também por gerenciar todas as informações necessárias nos modelos BIM, verificando e garantido que elas estejam atualizadas e em conformidade com o estabelecido no PEB. O coordenador também facilita a comunicação entre todas as partes interessadas e responsáveis do projeto, assegurando a qualidade e compatibilização dos modelos. Apesar do gerente BIM ser responsável pela parte corporativa das organizações com foco na implementação do BIM, ele pode assumir o papel de coordenador BIM para projetos específicos.

A principal mudança em relação aos especialistas no desenvolvimento de estudos do projeto é que, pela metodologia BIM é possível realizar o estudo de tráfego integrando um modelo elaborado em GIS aos dados levantados nos estudos e pesquisas. Esses dados auxiliam na geração de cenários e elaboração de proposições de soluções de projeto.

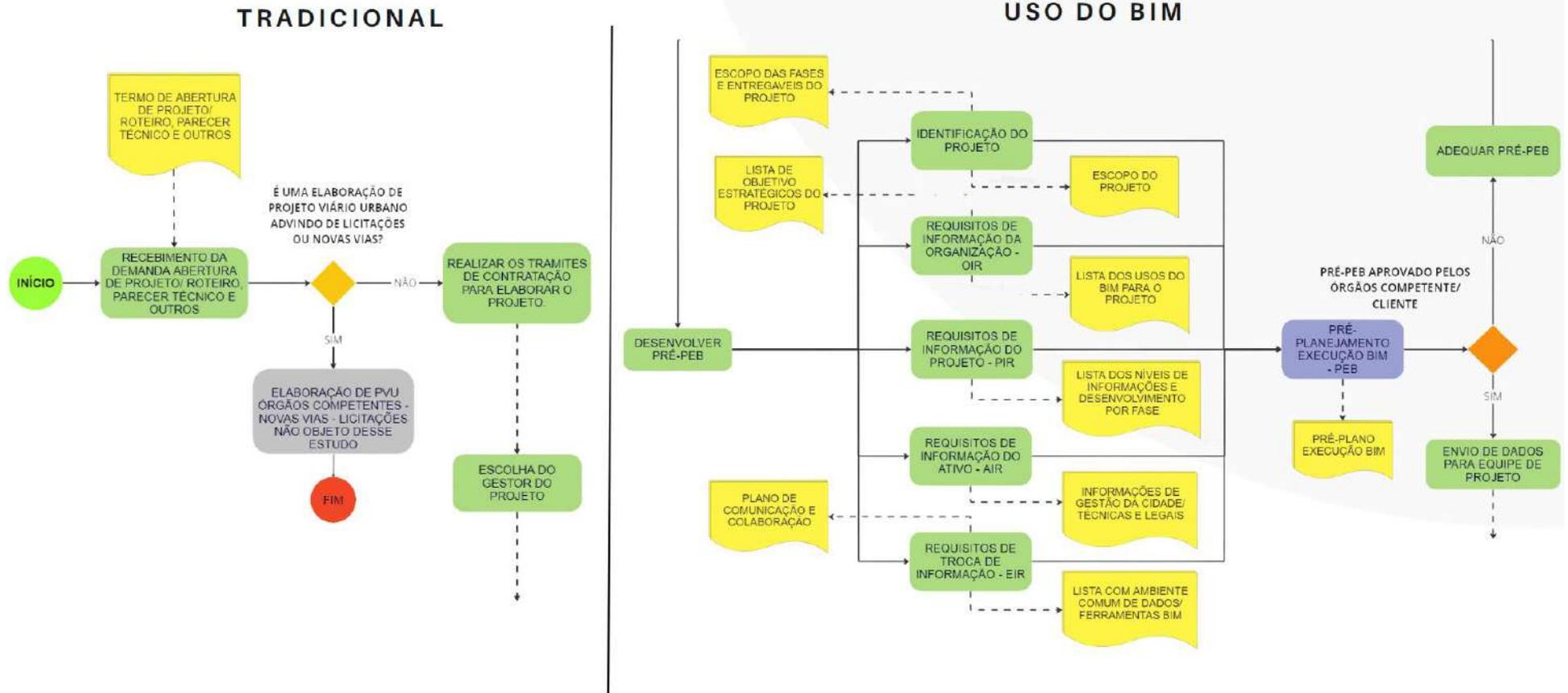
A principal mudança no fluxo em BIM no que diz respeito à elaboração do projeto, foi a necessidade de expandi-lo por disciplinas. Em BIM, os especialistas e modeladores por disciplina são responsáveis pelo modelo desenvolvido. O especialista é responsável pela concepção da sua disciplina, possuindo uma visão estratégica do projeto antes de abordar detalhes técnicos. Ele também é responsável por comunicar-se entre o coordenador BIM e os especialistas das demais disciplinas, o seu foco está em elaborar soluções que atendam ao projeto e às suas estratégias. O modelador BIM da disciplina é encarregado pelo detalhamento técnico do projeto, criar os modelos tridimensionais detalhados, modelar os elementos, realizar parametrização dos objetos, desenvolver detalhes específicos e atribuir informações importantes relacionados a elementos do modelo ou ao modelo como um todo. O modelador também é responsável por manter o modelo atualizado, gerar as documentações técnicas, e colaborar com as demais disciplinas do projeto, dentre outras funções.

5.12.1.3 Mudanças nos processos

A primeira modificação introduzida pelo fluxo BIM em comparação ao projeto tradicional é a necessidade de realizar o pré PEB, onde alguns capítulos são de responsabilidades do contratante. Isso se deve à necessidade de especificar claramente os objetivos do projeto, os usos do BIM, quais os níveis de informações e detalhamentos esperados, entre outros aspectos que se julgar necessário, conforme, pode ser analisado no fluxo acima e em resumo na Figura 38.

Figura 38 – Semelhanças e diferenças no início do projeto

SEMELHANÇAS E DIFERENÇAS



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

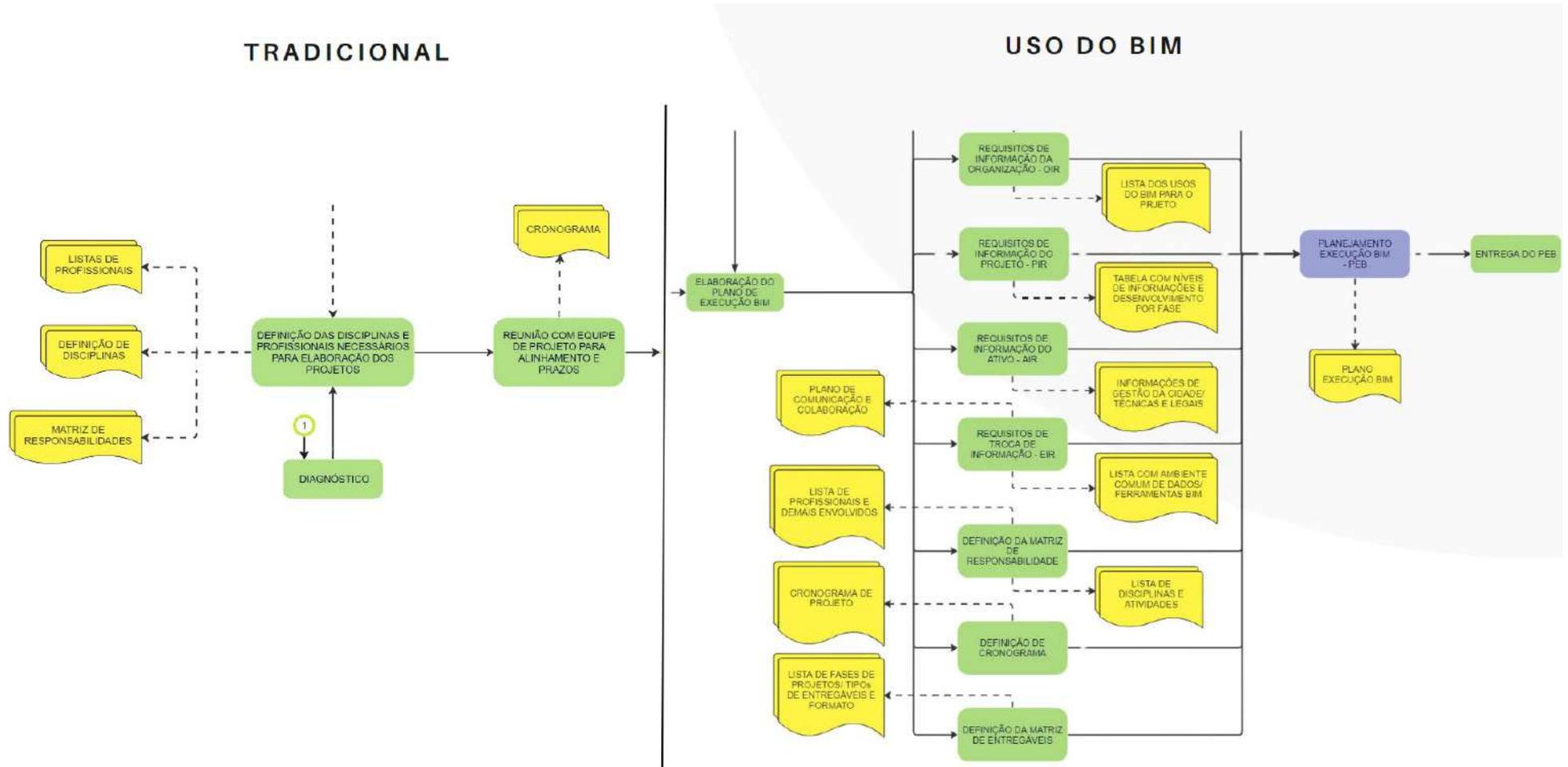
Assim como na escolha do gerente de projetos no método tradicional, a escolha do coordenador BIM ocorre na fase inicial. O coordenador BIM é o responsável por elaborar o PEB do projeto, um documento fundamental que subsidia todo o desenvolvimento do projeto. É importante compreender as expectativas do contratante em relação ao BIM para evitar problemas contratuais e até judiciais. É necessário especificar claramente os objetivos do projeto, pois, com a criação de modelos 3D que não contém apenas a geometria, mas informações associadas aos elementos e o modelo, é necessário compartilhar essas informações.

O desenvolvimento do PEB na fase de planejamento do projeto é crucial para o sucesso da implementação do BIM. Pois nesse documento, são detalhados os profissionais envolvidos, as disciplinas do projeto, o plano de comunicação e colaboração para promover a interoperabilidade, o ambiente comum de dados e quais as autorizações e restrições por profissionais, além das responsabilidades do contratado e contratante e as documentações que serão entregues.

No método tradicional, várias informações importantes no projeto são definidas durante o andamento dos processos. Por exemplo, se o órgão competente solicitou um relatório detalhado dos estudos de tráfego, ou apenas os resultados de maneira conclusiva, se os projetos funcionais serão entregues em desenho formato PDF, estilo CAD ou se será desenvolvido um croqui utilizando mapas online. Após a validação do estudo funcional, o gerente de projetos define quais serão os profissionais, disciplinas e suas responsabilidades no projeto e cronograma. A forma com que cada disciplina entrega os projetos para análise, a comunicação entre os responsáveis por cada disciplina do projeto. Isso pode resultar em perda de informações, comunicação fragmentada, entre outros problemas.

O PEB representa uma mudança significativa na abordagem do projeto, desde a concepção até o gerenciamento e desenvolvimento, promovendo a colaboração e integrando eficientemente as informações em todas as fases da elaboração dos modelos, conforme pode ser visto no fluxo acima e na Figura 39.

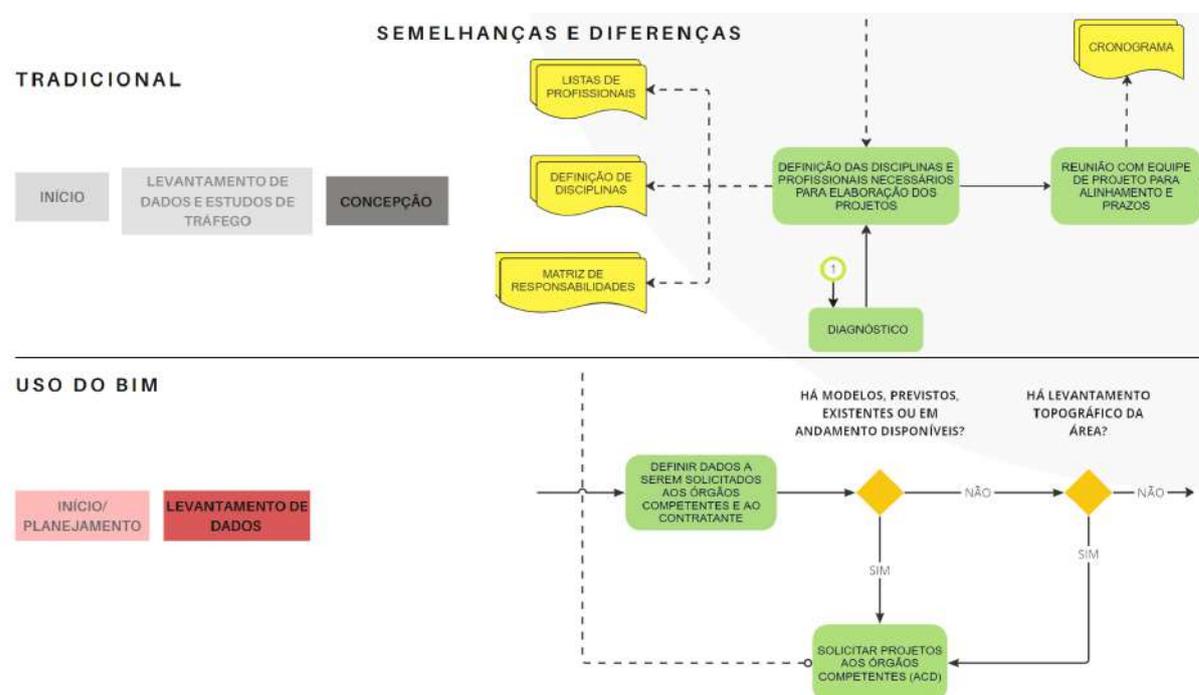
Figura 39 – Semelhanças e diferenças nas definições do projeto



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Na fase de levantamento de dados, a principal mudança consistiu em consultar os órgãos competentes sobre a existência de levantamento topográfico da área. No fluxo tradicional, esse processo ocorria após a definição das disciplinas e das pessoas envolvidas no projeto. Essa alteração foi necessária para apoiar a equipe de engenharia de tráfego na solicitação da modelagem das condições existentes, previstas ou em andamento, especialmente em projetos grandes que são subdivididos em fases de elaboração. Com esse modelo e as informações de tráfego coletadas, a equipe consegue realizar a integração da composição de tráfego no modelo BIM, conforme figura 40.

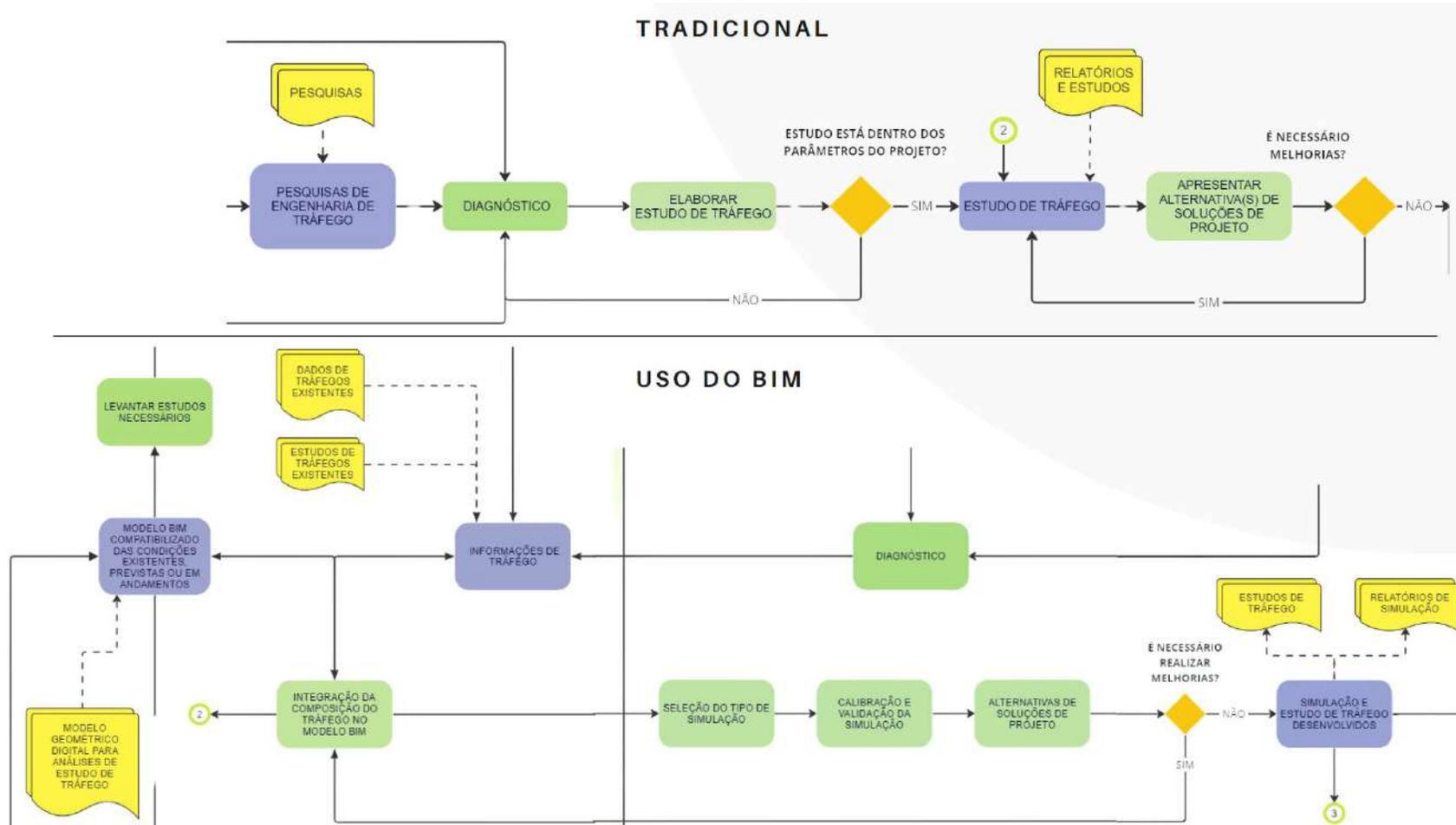
Figura 40 – Semelhanças e diferenças nas fases do projeto



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Na fase de estudos, foram adicionados alguns processos adicionais quando há a necessidade de desenvolver estudos de tráfego. Isso inclui a seleção do tipo de simulação, calibração do modelo, desenvolvimento de cenários e definição de alternativas de solução de projetos. Essas adições visam auxiliar futuramente estudantes e companhias que necessitem criar um fluxo BIM específico a etapa de simulação de tráfego para vias urbanas conforme figura 41.

Figura 41 – Semelhanças e diferenças na etapa dos estudos



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Na fase de estudos e concepção de projeto, antes de ingressar na fase do projeto básico, um processo foi acrescentado em relação ao projeto tradicional: a necessidade de atualizar o PEB. Apesar de ser um documento que norteia o projeto, o PEB precisa ser constantemente atualizado. Após a realização dos estudos de tráfego, o modelo funcional validado, é importante verificar se é necessária essa atualização. Assim como no fluxo tradicional podem surgir novas disciplinas não previstas, ser necessário um detalhamento ou nível de informação diferente do acordado inicialmente, ou ocorrer a substituição de algum especialista previamente planejado para o projeto, entre outros ajustes.

Outro fator a ser considerado na fase de estudos, é a necessidade de mapear estudos adicionais após a elaboração do estudo de tráfego. Por exemplo, se após aprovado o projeto funcional, tornar-se necessário desenvolver algumas modelagens complementares, como a de drenagem urbana é necessário realizar alguns estudos prévios, como o hidrológico, geotécnicos e outros que vão subsidiar a base para as soluções dos especialistas e modeladores BIM na respectiva disciplina.

Na fase de elaboração do projeto básico observa-se diversas mudanças em relação ao projeto tradicional. Primeiramente, não é necessário verificar a necessidade de elaborar projetos cicloviários, medida de *traffic calming* e de transporte coletivo, pois essas informações já devem estar alinhadas ou desde o início do projeto conforme estabelecido no PEB ou nas atualizações do PEB realizadas durante o desenvolvimento do projeto.

Outra alteração no desenvolvimento do projeto ocorre após a validação da modelagem topográfica. O coordenador BIM autoriza a equipe responsável pelo desenvolvimento do modelo geométrico a trabalhar nas soluções propostas. Após a aprovação dessas soluções, o coordenador solicita aos especialistas BIM da disciplina de geometria que forneça um modelo base geométrico da proposta validada. Esse modelo ao ser aprovado é disponibilizado como o modelo base federado do projeto viário urbano.

Com o modelo base federado liberado, cada disciplina cria seus modelos com base nos requisitos específicos acordados no projeto. Esses modelos são integrados no ambiente virtual, onde ocorre a interoperabilidade. No ACD, as disciplinas compartilham informações importantes e a atualização dos modelos, permitindo que pequenas alterações feitas por uma disciplina sejam visualizadas pelos demais participantes. Ocorre a colaboração e comunicação eficientes entre as disciplinas facilitando as resoluções de conflitos e para tomada de decisões.

Outra mudança relevante é que desde o projeto básico, os modelos passam por uma análise e controle de qualidade, gerando um relatório de checklist. Se não aprovados as

disciplinas são comunicadas e as melhorias são realizadas antes mesmo de realizar a etapa de compatibilização para verificação de interferências.

As documentações do projeto são desenvolvidas somente após a validação do modelo, diferenciando-se do projeto tradicional em 2D, em que dada disciplina gera sua documentação separadamente. No fluxo em BIM o responsável pelo projeto analisa, encaminha um relatório com possíveis ajustes e correções, retroalimentando o processo, até atingir um nível de projeto satisfatório e sem conflitos.

Após a entrega e validação do projeto na etapa do projeto básico, o processo se repete no desenvolvimento do projeto executivo, começando pela necessidade de atualizar o PEB e passando por todos os processos novamente. Outro processo que houve mudança, é a necessidade de elaboração do orçamento integrado ao modelo, onde é possível extrair quantitativos e informações de materiais já atreladas ao modelo. O que difere do processo tradicional, que dependia das disciplinas encaminharem as planilhas com os quantitativos para realizar esse processo externamente ou internamente de maneira mecânica. Com o projeto aprovado, o modelo está pronto para ser implantado nas áreas urbanas.

5.13 Considerações práticas e acadêmicas

A contribuição que este trabalho se propôs no âmbito da academia e da indústria é a junção de identificar práticas de mercado, sistematizá-las com base em critérios conceituais provenientes da academia. Essa abordagem foi desenvolvida considerando a realidade atual que está compatível com as práticas de mercado, com contribuições da literatura.

Para isso, buscou-se compreender melhor como são as práticas de mercado e como isso poderia ser aprimorado com os conceitos acadêmicos estudados, resultando na proposta de um fluxo de trabalho que tem uma vertente de alta aplicabilidade.

A contribuição central deste trabalho foi desenvolver um constructo que, por um lado é aplicável e agrega experiências do mercado com os conceitos acadêmicos. Por outro lado, proporciona para a academia uma compreensão mais clara das práticas vigentes no mercado.

A contribuição prática desse trabalho é evidenciada pela apresentação de um fluxo de trabalho que sistematiza práticas tradicionais para elaboração de projetos viários urbanos, que não estavam sistematizadas e careciam de uma estrutura formal (1º artefato). Esse artefato foi elaborado para a aplicação da metodologia BIM (2º artefato). Do ponto de vista acadêmico a contribuição que a pesquisa trás está em fornecer uma visão mais sistematizada do processo de

elaboração do projeto viário urbano e quais são as premissas para a integração da metodologia BIM nesse contexto.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo geral a criação de um fluxo de processos utilizando a metodologia BIM para desenvolver e elaborar projetos viários urbanos, abrangendo suas diversas disciplinas de forma colaborativa, permitindo que estas trabalhem de maneira simultânea. Foi utilizado o método de pesquisa da *Design Science Research*, onde foram criados dois artefatos, o primeiro delinea o fluxo de processos para elaboração do projeto viário urbano de maneira tradicional, e o segundo remodelou esse fluxo onde foi incorporado a metodologia BIM.

Para a construção do primeiro fluxo de processos do método tradicional (artefato 01), foram identificadas as sequências de processos das práticas existentes, os desafios enfrentados na elaboração dos projetos e as disciplinas envolvidas nesse processo, através dos estudos e entrevistas.

O tema dessa pesquisa surgiu a partir de observações práticas e da necessidade de sistematizar o desenvolvimento dos projetos viários urbanos. Para essa construção buscou-se realizar um estudo aprofundado na literatura, manuais e guias técnicos de elaboração de projetos viários urbanos, e a partir do estudo na literatura, obteve-se um entendimento do problema.

Foi realizado um estudo diagnóstico sobre o desenvolvimento dos PVU. Para isso, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com especialistas da área, visando diagnosticar o desenvolvimento desses projetos. O mesmo processo de entrevista semiestruturada, ocorreu em empresas privadas, com os gestores responsáveis por gerenciar as equipes.

Com base nas informações levantadas através das observações práticas, estudos e entrevistas foi construído o primeiro artefato. Para validar esse artefato, foram convidadas as mesmas empresas que participaram da entrevista para avaliar o fluxo de processos tradicionais. A média global da nota do primeiro artefato foi de 3,8 pontos em 4, resultando uma média de 95% de aprovação do fluxo. Com esse resultado positivo, foi possível avançar com a criação do segundo artefato, utilizando a metodologia BIM no processo de elaboração do projeto viário urbano.

Para construir um fluxo de processos em BIM com embasamento técnico e científico, foi realizada uma revisão sistemática da literatura, onde foram aplicados critérios de buscas

associados ao BIM e alguns dos seus sinônimos, incluindo termos relacionados a projeto viário urbano. Foi necessário ampliar a busca, incorporando termos de projeto viário no âmbito rodoviário. Com base nas análises realizadas, conclui-se que, embora os estudos sobre BIM na fase de projetos viários tenham aumentado nos últimos dez anos, ainda se encontram em estágio inicial. E grande parte desses estudos se concentram no âmbito rodoviário, por esses motivos essa pesquisa se fez necessária e para isso foi estabelecido como objetivo principal deste trabalho a elaboração de um fluxo de processos para elaboração de projeto viário urbano utilizando a metodologia BIM.

Com base nos conhecimentos adquiridos na RSL, manuais, guias e cadernos BIM, e de posse do primeiro artefato construído e validado, foi possível identificar diretrizes para padronização das informações necessárias para elaboração de um fluxo processo em BIM, na etapa de PVU. Nessa etapa, foram identificados os agentes envolvidos e suas responsabilidades, propondo a construção de um artefato que contemple a metodologia proposta, que serviu de auxílio na adoção do BIM no processo de elaboração dos projetos viários urbanos.

Com o segundo artefato construído, foram realizadas entrevistas informais com especialistas que trabalham nas áreas de coordenação de projetos e gerenciamento BIM. Onde com os seus conhecimentos práticos contribuíram com melhorias e insights para o fluxo. Com base nessas informações e nas etapas da pesquisa, seguindo a metodologia da *Desing Science Research* o artefato voltou a fase de entendimento do tema e foram realizadas melhorias.

De posse da construção do fluxo de processos onde foi inserido a metodologia BIM (segundo artefato), esses mesmos especialistas foram convidados para avaliação do fluxo, atribuindo notas de 0 a 4 para cada pergunta feita. No geral o artefato proposto foi bem avaliado, com uma média global de 3,73 pontos em 4, resultando em uma média de 93,25% de aprovação.

Com esses resultados, foi possível afirmar que esse fluxo poderá auxiliar a academia, a indústria e poderá fornecer orientações aos especialistas e organizações que trabalham com projetos viários urbanos, incentivando-os a iniciar a desenvolvimento dos projetos utilizando a metodologia BIM.

6.1 Limitações

A presente pesquisa possui algumas limitações, o fluxo proposto não contemplou abertura de novas vias, por serem necessários processos diferentes como regularização urbana

e desapropriação de casas, nos quais as disciplinas complementares se tornam essenciais para sua elaboração. Além disso, não foram contemplados fluxos de processos para projetos provenientes de licitações, pois o foco da pesquisa foi sobre empresas e profissionais atuantes no setor privado. Caso o foco fosse direcionado ao desenvolver projetos por licitações, seria necessário mapear órgãos competentes e seus respectivos processos.

Devido ao prazo restrito para realização das entrevistas, com especialistas BIM, não foi possível mapear arquitetos e urbanistas entre os entrevistados, o que poderia ter enriquecido ainda mais a pesquisa.

Os fluxos apresentados são macros, não foram mapeados subfluxos de atividades e a expansão desses subfluxos. Por exemplo, na fase de estudos de tráfego, existem diversos subprocessos para o desenvolvimento de soluções.

Na etapa da revisão sistemática da literatura não foi possível encontrar muitas pesquisas que abordassem os projetos viários urbanos na fase de projeto em BIM. Por esse motivo, alguns parâmetros foram expandidos, como a inclusão dos projetos rodoviários utilizando BIM. Qualquer outra escolha de parâmetros ou escolha de novas bases, poderia gerar resultados distintos.

Esta pesquisa é de natureza exploratória, representando um primeiro esboço do workflow proposto. A validação foi limitada e subjetiva, sendo necessário verificar sua aplicabilidade por meio de estudos de caso.

6.2 Recomendações

Recomenda-se, para pesquisas futuras, a aplicação do segundo artefato proposto em um projeto piloto, avaliando as etapas e validando o fluxo de processos em BIM com uso das tecnologias disponíveis e realizando melhorias no artefato se necessário. E utilizar o uso de ferramentas que apoiam a tecnologia BIM para a área de projetos viários urbanos, especialmente aquelas que auxiliem na criação de elementos urbanos essenciais nos projetos como rebaixos e mobiliários urbanos.

Sugere-se também a criação de fluxos de processos contemplando a construção de novas vias e por processo de licitação, além de subfluxos de processos que considerem as especificidades de cada disciplina. Um exemplo claro é a disciplina de projeto de transporte coletivo ou projeto cicloviário, que são abrangentes e necessitam de diversas disciplinas trabalhando em conjunto.

Em relação aos órgãos competentes, sugere-se um estudo para criação de um fluxo de processos que mapeie as práticas internas dentro das principais prefeituras do país, visando entender como elas estão preparadas para implementar o BIM no setor de projetos e para aprovação dos mesmos.

O Processo de implementação do BIM é complexo e abrange uma série de quesitos, como a cultura da empresa, mudanças de paradigmas, aprendizado de novas tecnologias e mudanças organizacionais e de processos. Sugere-se um estudo por meio de uma empresa piloto que experimente essas mudanças em uma organização que trabalhe com projetos viários urbanos, a fim de auxiliar outras empresas nesse processo.

Por fim, para facilitar a implementação da metodologia BIM e da tecnologia BIM a nível do projeto viário urbano, recomenda-se um estudo em conjunto com as principais prefeituras do país, para propor um plano de avanço BIM, abordando um processo de elaboração de projeto, que sirva como referência para padronizar elementos, como sinalizações, mobiliários urbanos, que ajude na construção de uma estrutura organizacional na elaboração e aprovação de projetos. Isso poderia auxiliar as diversas empresas no país no desenvolvimento de projetos, pois precisam de suas aprovações.

7 REFERÊNCIAS

AGUIAR, Bernardo; CORREIA, Walter; CAMPOS, Fábio. **Uso da escala likert na análise de jogos**. Salvador: SBC-Proceedings of SBGames Anais, v. 7, n. 2, 2011.

ALMEIDA, D.; BATISTA, T. F. M. **Tratamento de interferência com sinalização semafórica: caso da Rodovia ES-010 em Serra-ES**. 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/2365>>. Acesso em 14 maio. 2023.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS - AIA and AIA CALIFORNIA COUNCIL. **Integrated Project Delivery – A Working Definition**. Version 2, AIA California Council, Sacramento, CA, 2007.

AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS - AIA and AIA CALIFORNIA COUNCIL. **Integrated Project Delivery: A Guide**. Version 1, 2007. Disponível em: <https://help.aiacontracts.org/public/wp-content/uploads/2020/03/IPD_Guide.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2021.

ANDRIANI, Reffy W. et al. **Analysis Of Road Geometric Standards In Hilling Areas Using Bim**. In: 2021 IEEE 7th International Conference on Computing, Engineering and Design (ICCED). IEEE, 2021. p. 1-6.

ANTAS, P. M.; VIEIRA, A.; GONÇALO, E. A.; LOPES, L. A. S. **Estradas: projeto geométrico e de terraplenagem**. 2010. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2010. 282p.

ARIA, Massimo; CUCCURULLO, Corrado. **bibliometrix: An R-tool for comprehensive science mapping analysis**. Journal of informetrics, v. 11, n. 4, p. 959-975, 2017.

ASBEA, GTBIM. **Guia Asbea Boas Práticas em BIM: Fascículo 1**. São Paulo, 2013. Disponível em: <https://www.caubr.gov.br/wp-content/uploads/2014/02/Guia_Bim_AsBEA.pdf>. Acesso em 09 jul 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 9050: **Acessibilidade a edificações, mobiliários, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 16537: **Acessibilidade – Sinalização tátil no piso – Diretrizes para elaboração de projetos e instalação**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 16636-2: **Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos**. Parte 2: Projeto arquitetônico. Rio de Janeiro: ABNT, 2017b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. 2021. NBR 13133/21 – **Execução de Levantamento Topográfico**. Rio de Janeiro.

AUTODESK. **Benefícios da BIM. Quais são os benefícios da BIM?** Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/solutions/bim/benefits-of-bim>>. Acesso em: 12 dez. 2022. (Autodesk)

AUTODESK. **Improving Building Industry Results through Integrated Project Delivery and Building Information Modeling Autodesk whitepaper**, Autodesk, CA, USA, 2008, p. 12 Disponível em: <
http://images.autodesk.com/latin_am_main/files/bim_and_ipd_whitepaper.pdf>. Acesso em: 12 dez. 2021. (Autodesk)

AZHAR, S. **Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks, and challenges for the AEC industry. Leadership and management in engineering**, v. 11, n. 3, p. 241–252, 2011.

AZHAR, S.; KHALFAN, M.; MAQSOOD, T. **Building information modelling (BIM): now and beyond. Construction economics and building**, v. 12, n. 4, p. 15–28, 2015.
 BARCELO, J. (ED.). **Fundamentals of traffic simulation**. 2010. ed. New York, NY: Springer, 2012.

BECERIK-GERBER, B.; KENT, D.C. **Implementation of Integrated Project Delivery and Building Information Modeling on a Small Commercial Project**. Associated Schools of Construction Annual International, e CIB Workgroup 89 no Wentworth Institute of Technology Boston, Massachusetts. Abril, 2010.

BERTINI, R. L. **You are the traffic jam: an examination of congestion measures**. In: 85th ANNUAL MEETING OF THE TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Washington, DC, Nov. 2005.

BERTINI, R. L. **You Are the Traffic Jam: Examination of Congestion Measures**. Transportation Research Board. Anais... Washington DC, United States: Transportation Research Board 85th Annual Meeting, Nov. 2005.

BHAT, Chandra et al. **Urban accessibility index: literature review**. Center of Transportation Research, University of Texas at Austin, Springfield, 2000.
 BIM INDUSTRY WORKING GROUP et al. **Strategy Paper for the Government Construction Client Group from the BIM Industry Working Group March 2011**. Department of Business, Innovation and Skills. Retrieved February, v. 19, p. 2017, 2011.

BRASIL, 1988. Senado Federal. **Constituição da República Federativa do Brasil**. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília, 1988. Disponível em:
 <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm> Acesso em: 21 maio. 2023.

BRASIL, Brasil Acessível. **Programa brasileiro de acessibilidade urbana. Secretaria Nacional de Transporte e da Mobilidade Urbana**. Ministério das Cidades. Brasília, v. 2, 2006.

BRASIL. [Estatuto da Cidade] **Estatuto da Cidade**. – 3. ed. – Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas, 2008. 102 p.

BRASIL. Código de Trânsito Brasileiro: – **CTB, Anexo I – Dos Conceitos e Definições**. Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997a.

BRASIL. Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do **Building Information Modelling** e institui o **Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-022/2019/decreto/D9983.htm>. Acesso em 12 jul 2021.

BRASIL. Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020. **Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling - Estratégia BIM BR**, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Diário Oficial da União, Brasília, Edição 65, Seção, 1, p. 5, abr. 2020. Atos do Poder Executivo. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10306.htm>. Acesso em 14 jul. 2021.

BRASIL. Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte. Diretoria de Desenvolvimento e Implantação. Coordenação de Projetos de Trânsito. Gerência de Projetos de Trânsito. **Manual de Elaboração de Projetos Viários para o Município de Belo Horizonte**. 1ª Edição, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <[https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/imagens/authenticated%2C%20editor_a_bhtrans/Manual%20de%20Elaboracao%20de%20Projetos%20Viarios%20para%20o%20Municipio%20de%20BH%20%20\(1\).pdf](https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/imagens/authenticated%2C%20editor_a_bhtrans/Manual%20de%20Elaboracao%20de%20Projetos%20Viarios%20para%20o%20Municipio%20de%20BH%20%20(1).pdf)>. Acesso em 10 jul. 2021.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. **Regulamenta os arts 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências**. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm#:~:text=Para%20todos%20os%20efeitos%2C%20esta,bem%20como%20do%20equil%C3%ADbrio%20ambiental.> Acesso em: 21 mai. 2023.

BRASIL. Lei nº 12.587, de 03 de janeiro de 2012. **Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana**; Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112587.htmf>. Acesso em: 08 ago. 2021.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. **Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência)**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 jul. 2015. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/113146.htm>. Acesso em: 07 mai. 2023.

BRASIL. Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021. **Lei de Licitações e Contratos Administrativos** Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/114133.htm> Acesso em: 03 jan. 2023.

BRASIL. Lei nº 9.503, de 20 de setembro de 1997b. **Institui o Código de Trânsito Brasileiro**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 24 set. 1997. Retificado em 25 set. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19503compilado.htm>. Acesso em: 10 jul. 2021.

BRASIL. Minas Gerais. Decreto nº 48146, de 02 de março de 2021b. **Dispõe sobre a Estratégia estadual de disseminação do Building Information Modelling – Estratégia**

BIM e institui o Comitê Gestor da Estratégia BIM-MG. Diário Oficial do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 03 de Março de 2021. Caderno 1 - Diário do Executivo] p.01.

BRYMAN, A. **Social Research Methods.** Nova York: Oxford University Press Inc, 2012.

BUILDINGSMART. **Industry Foundation Classes (IFC) - An Introduction.** Disponível em: <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/>. Acesso em: 17 jun. 2023.

CAI, Lidong; DONG, Xiaogang; YU, Jiahang. **Based on BIM technology in the construction phase of the application of traffic evacuation.** In: 2022 Global Conference on Robotics, Artificial Intelligence and Information Technology (GCRAIT). IEEE, 2022. p. 598-601.

CAIXETA, M. C. B. F. **O usuário e o processo de projeto: codesign em edifícios de saúde.** 2015. 237 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, departamento de arquitetura e urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – CBIC. **Fundamentos BIM. Coletânea Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras.** Brasília, CBIC, 2016. vol 1; 124p. Disponível em: < <https://brasil.cbic.org.br/acervo-publicacao-coletanea-bim> >. Acesso em: 08 jul. 2018.

CAMPOS, V. B. G.; CARDOSO, P. B. **Metodologia para planejamento de um de sistema cicloviário.** Transportes, v. 24, n. 4, p. 39-48, 2016.

CASTAÑEDA, Karen et al. **BIM-based traffic analysis and simulation at road intersection design.** Automation in Construction, v. 131, p. 103911, 2021.

CANTISANI, Giuseppe et al. **Re-design of a road node with 7D BIM: Geometrical, environmental and microsimulation approaches to implement a benefit-cost analysis between alternatives.** Automation in Construction, v. 135, p. 104133, 2022.

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO - CET. **Manual de sinalização urbana.** 2004

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO - CET. **Manual de sinalização urbana.** GPL/Normas 2012. http://www.cetsp.com.br/media/391986/msuvol01_introducaorev01.pdf

COMPANHIA DE ENGENHARIA DE TRÁFEGO - CET. **Polos geradores de tráfego.** Boletim Técnico, v. 32, 1983, 154 p.

CHAOMING, Chi et al. **Research on Simulation Technology of Highway Traffic Organization Based on BIM Technology.** In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2021. p. 012166.

CHEN, Shu-Yang et al. **Data-Driven Platform Framework for Digital Whole-Process Expressway Construction Management.** Frontiers in Neuroscience, v. 16, p. 891772, 2022.

CHEN, Yinghao; ZHOU, Leisheng; XIA, Jianping. **Study on 3D Terrain Generation and Lightweighting Method of Highway**. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2020. p. 072074.

CONRAD, J. **Examining potential of integrated project delivery**." Air Cond. Heat. Refrig. News, 2013. Disponível em: < <https://www.achrnews.com/articles/122139-examining-potential-of-integrated-project-delivery> >. Acesso em 09 jul 2021

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume I**, Sinalização Vertical de Regulamentação. Contran-Denatran. 2ª edição – Brasília: Contran, 2022a. 219 p.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume II**, Sinalização vertical de advertência. Contran-Denatran. 1ª edição – Brasília: Contran, 2022b. 218 p.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume III**, Sinalização vertical de indicação. Contran-Denatran. 1ª edição – Brasília: Contran, 2022c. 343 p.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume IV**, Sinalização horizontal. Contran-Denatran. 1ª edição – Brasília: Contran, 2022d. 128 p.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume V**, Sinalização semafórica. Contran-Denatran. 1ª edição – Brasília: Contran, 2022e. 312 p.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume VI**, Dispositivos Auxiliares. Contran-Denatran. 1ª edição – Brasília: Contran, 2022f. 201 p.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume VII**, Sinalização Temporária. Contran-Denatran. 1ª edição – Brasília: Contran, 2022g. 180 p.

CONSELHO NACIONAL DE TRÂNSITO - CONTRAN. **Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito – Volume VIII**, Sinalização Ciclovária. Contran-Denatran. 1ª edição – Brasília: Contran, 2022h. 380 p.

CORRÊA, S. L. M. et al. **BIM para infraestrutura de transportes**. II SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO. Anais...Antac, 2019. (Correa et al)

COSTA, J. M. C. da; SERRA, S. M. B. **Comparação de processos de levantamento de quantitativos: tradicional e BIM**. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ENTAC 2014), Maceió, 2014.

COSTA, M. et al. **Looking behavior for vertical road signs**. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, v. 23, p. 147-155, 2014. 412 p.

COSTIN, A. et al. **Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure – Literature review, applications, challenges, and recommendations.** Automation in construction, v. 94, p. 257–281, 2018. (Costin et al.)

CRUZ, T. **Workflow II: A Tecnologia que revolucionou processos** / Tadeu Cruz: E-papers Serviços Editoriais. Ltda., Rio de Janeiro, 2004. 212 p. (Tadeu Cruz)

D'ANDREA, A, e URBANI, L. **Urban Street Design: A New Engineering Approach.** In: WALK 21 VI Conferences, Portland, Oregon, EUA, 2003. 15 p.

DE ALMEIDA BIOLCHINI, Jorge Calmon et al. **Scientific research ontology to support systematic review in software engineering.** Advanced Engineering Informatics, v. 21, n. 2, p. 133-151, 2007.

DE GAETANI, Carlo Iapige; MERT, Mertkan; MIGLIACCIO, Federica. Interoperability analyses of BIM platforms for construction management. Applied Sciences, v. 10, n. 13, p. 4437, 2020.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO - DENATRAN. **Manual de procedimentos para o tratamento de polos geradores de tráfego.** 2001.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE - DNIT. **Manual de estudos de tráfego.** 3.ed. Rio de Janeiro, 2006. 284 P. (IPR, Publ., 723)

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE - DNIT. **Manual de Sinalização Rodoviária.** 3.ed. Rio de Janeiro, 2010.

DÍAZ, Bruno et al. **Time and cost optimization for road projects through BIM.** In: 2019 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI). IEEE, 2019. p. 1-6.

DIXON, L. B. **Bicycle and pedestrian level-of-service performance measures and standards for congestion management systems.** Transportation research record, v. 1538, n. 1, p. 1-9, 1996.

DOLS, Juan F. et al. **Development of driving simulation scenarios based on building information modeling (BIM) for road safety analysis.** Sustainability, v. 13, n. 4, p. 2039, 2021.

DOMÍNGUEZ, F. S; GARCÍA, J. A. R; BALULA, N. **Inspeção Dinâmica da Sinalização Horizontal e Vertical.** AFESP – Associação Portuguesa de Sinalização e Segurança Rodoviária, 2013, 10p.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P; ANTUNES Jr., J. A. V. **Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia.** Porto Alegre: Bookman, 2015.

DUAN, Rong Rong. Research on Information Management of Traffic Highway Construction Safety Based on BIM Technology. In: **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.** IOP Publishing, 2021. p. 012119.

DUARTE, J. Entrevista em profundidade. In: Duarte, J.; Barros, A. (ed.). **Métodos e técnicas de pesquisa em comunicação**. São Paulo: Editora Atlas S. A. cap. 4, p. 62-83, 2005.

DVRPC. **Pedestrian and Bicycle Friendly Policies, Practices, and Ordinances**. Delaware Valley Regional Planning Commission. 2011. 70 p.

EASTMAN, C; TEICHOLZ, P; SACKS, R; LITON, K. **BIM handbook: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors**. 2nd ed. John Wiley & Sons Ltd: Hoboken, New Jersey, 2011.

EASTMAN, C; TEICHOLZ, P; SACKS, R; LITON, K. **Manual de BIM Handbook: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Tradução de Cervantes Gonçalves Ayres Filho *et al.*, Porto Alegre: Bookman, 2014.

ENGELBART, Douglas C. **Augmenting human intellect: A conceptual framework**. Menlo Park, CA, v. 21, 1962. Disponível em: <<https://www.dougenelbart.org/pubs/augment-3906.html#1>> Acesso em 09 de jun. 2023.

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (FHWA). **Manual on uniform traffic control devices: For streets and highways**. Washington, DC, 2009.

FERNANDES JÚNIOR, J. L; MARQUES, J. R. F; BERTOLLO, S. A. M. **Projeto geométrico de vias com auxílio do programa computacional Inroads**. 1998

FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION - FHWA. **Traffic Analysis Toolbox Volume VI: Definition, Interpretation, and Calculation of Traffic Analysis Tools Measures of Effectiveness**. 2021. Disponível em: <<https://ops.fhwa.dot.gov/publications/fhwahop08054/sect6.htm>>. Acesso em: 15 maio 2023.

FIGUEIRA, A. C. **O uso de ferramentas de visualização tridimensional na detecção de deficiências em projeto geométrico de vias**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FRANÇA, E.; MAZIERO, M. T. D. S.; MELHEM, J. R. S. **Manual de Desenho Urbano e Obras Viárias**, 2022. São Paulo: Companhia de Engenharia de Tráfego. Disponível em: <<https://manualurbano.prefeitura.sp.gov.br/>>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PLANEJAMENTO DE TRANSPORTES - GEIPOT. **Manual de planejamento cicloviário**. -- 3. ed., rev. e amp. -- Brasília : GEIPOT, 2001. xvii, 126p.: il.

GERMANO, J. **So What is an LOD Anyway?** 2022. Disponível em: <<https://learn.aiacontracts.com/articles/6469008-so-what-is-an-lod-anyway/>>. Acesso em: 19 jun. 2023.

GHASSEMI, R.; BECERIK-GEGER, B.; **Transitioning to integrated project delivery: potential barriers and lessons learned**, Lean Construction Journal, pags. 32–52, 2011. Disponível em: <<http://leanconstructionjournal.org>>. Acesso em 16 maio. 2021.

GIVEN, L. M. (ED.). **The SAGE encyclopedia of qualitative research methods**. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2012.

GLICK, S.; GUGGEMOS, A. A. **IPD and BIM: Benefits and Opportunities for Regulatory Agencies**. Proceedings of the 45th ASC National Conference, Gainesville, 2-4 April 2009.

GONÇALVES, F. R. **A gestão do Órgão Municipal de Trânsito e Responsabilidade Civil**. (2011) – Projeto Técnico. Universidade Federal do Paraná – Cidade do Rio Negro - PR

GONDIM, Monica Fiuza. **Cadernos de desenho ciclovias**. Expressão Gráfica e Editora Ltda, 2006

GUIA, A. B. D. I. 1: **Processo de projeto BIM**. Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC.2017. Brasília.

GUTIÉRREZ, A. **Qué es la movilidad?. Elementos para (re) construir las definiciones básicas del campo del transporte**. Bitácora Urbano-Territorial, v. 21, n. 2, p. 3, 2012.

HAMMAD, Amin et al. **Framework for life-cycle infrastructure information modeling and management**. In: Proceedings of Annual Conference of the Canadian Society for Civil Engineering on Construction. 2013.

HINOSTROZA, Paola; GRANADOS, Jose; BRAVO, Aldo. **Proposal to Implement the BIM Methodology in Road Infrastructure Projects Optimizing Workflows**. In: **2021 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI)**. IEEE, 2021. p. 1-6.

HOCHMUTH, Markus; BREINIG, Werner. **BIM-Pilotprojekt Talbrücke Auenbach: Innovative Planungsmethoden im Brückenbau**. Bautechnik, v. 93, n. 7, p. 482-489, 2016.
 INGRAM, Jonathan. **Understanding BIM: The past, present and future**. Routledge, 2020.
 JERNIGAN, F. E. (2008). **BIG BIM – Little BIM: The practical approach to building information modeling: Integrated practice done the right way!** (2nd ed.). Salisbury: 4 Site Press, 2008.

JIAN, Shen. **The application of BIM technology in road and bridge construction management**. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP publishing, 2020. p. 012002.

JIANG, Feng et al. **Building demolition estimation in urban road widening projects using as-is BIM models**. Automation in Construction, v. 144, p. 104601, 2022.

JUNIOR, J. M. C.; ROLIM NETO, F. C.; ANDRADE J. S. C. O. **Topografia geral** – Recife : EDUFRPE, 2014. 156 p.

KENT, D. C.; BECERIK-GERBER, B. **Understanding construction industry experience and attitudes toward integrated project delivery**. Journal of construction engineering and management, v. 136, n. 8, p. 815–825, 2010

- KHALIL, Idrissi Gartoumi; MOHAMED, Aboussaleh; SMAIL, Zaki. **Building Information Modeling for rural road design: a case study**. In: 2021 16th International Conference on Electronics Computer and Computation (ICECCO). IEEE, 2021. p. 1-7.
- KIM, Jin-Uk et al. **A study on the status of infrastructure BIM and BIM library development**. In: 2015 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI). IEEE, 2015. p. 857-858.
- KONONOV, Jake; JANSON, Bruce N. **Diagnostic methodology for the detection of safety problems at intersections**. Transportation research record, v. 1784, n. 1, p. 51-56, 2002.
- KU, K.; TAIEBAT, M. **BIM experiences and expectations: The constructors' perspective**. International journal of construction education and research, v. 7, n. 3, p. 175-197, 2011.
- LACERDA, Daniel Pacheco et al. **Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção**. Gestão & Produção, [s.l.], v. 20, n. 4, p.741-761, 26 nov. 2013.
- LAILA, MASTOURI et al. **Towards The Development of A BIM Process for Infrastructure and Its Use in The Management of Highways**. In: 2020 IEEE International conference of Moroccan Geomatics (Morgeo). IEEE, 2020. p. 1-5.
- LEISHENG, Zhou et al. **Research on Evolutionary Design Method of BIM Technology in Highway Reconstruction and Expansion Project**. In: E3S Web of Conferences. EDP Sciences, 2020. p. 04006.
- LIAU, Y. H.; LIN, Y. C. **Application of civil information modeling for constructability review for highway projects**. In: ISARC. Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction. IAARC Publications, 2017.
- LIU, B. et al. **Research on application of BIM technology in municipal road construction. IOP conference series**. Earth and environmental science, v. 330, n. 2, p. 022078, 2019. DOI: doi:10.1088/1755-1315/330/2/022078. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/330/2/022078/pdf> Acesso em 08 jul. 2021. (Bei et al)
- LUKKA, Kari. **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.
- MACHADO, D. D. N. et al. **Metodologia para avaliação técnica e de durabilidade de sinalização horizontal de rodovias de tráfego muito pesado**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo; Centro de Desenvolvimento Tecnológico da Arteris. 2017.
- MARZOUK, M. et al. **On the use of Building information modeling in infrastructure bridges**. Proc., 27th International Conference Applications of IT in the AEC Industry (CIB W78), November 16-19, Cairo, Egypt., pp. 1-10, 2010. Disponível em: < <http://itc.scix.net/cgi-bin/works/Show?w78-2010-135> >. Acesso em 08 jul 2021.

MESA, H. A.; MOLENAAR, K. R.; ALARCÓN, L. F. **Exploring performance of the integrated project delivery process on complex building projects.** *International journal of project management*, v. 34, n. 7, p. 1089–1101, 2016.

MIRANDA, Rian das Dores de; SALVI, Levi. **Análise da tecnologia Bim no contexto da indústria da construção civil brasileira.** *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, v. 7, n. 5, p. 79-98, 2019..

MUIANGA, E. A. D; GRANJA , A. D. **Estrutura conceitual do integrated project delivery (IPD): princípios, catalisadores e proposições.** *Gestão & Tecnologia De Projetos*, 16(2), 173-195, 2021. DOI: <https://doi.org/10.11606/gtp.v16i2.167263>

MUTCD Manual on Uniform Traffic Control Devices for Streets and Highways. 2009. 3ed. Federal Highway Administration, Washington D.C, 2009. 864 p.

NATIONAL ASSOCIATION OF CITY TRANSPORTATION OFFICIALS - NACTO. **Global street design guide: Global designing cities initiative.** Washington, D.C., DC: Island Press, 2016.

NIBON, I. C. et al. **Modelagem Microscópica Para Avaliação e Proposição de Intervenções na Av. Humberto Monte.** 33º Congresso de Pesquisa e Ensino em Transporte da ANPET Balneário Camboriú-SC. 2019. Disponível em: <http://www.anpet.org.br/anais/documentos/2019v1.1/Trafego%20Urbano%20e%20Rodoviario/Comunicacoes%20Tecnicas/6_498_CT.pdf>. Acesso em 14 maio. 2023.

NUNES, G. H; LEÃO, A. M. **Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM.** *Revista de Engenharia Civil*. n.55, p.47-61, 2018. (Leão 2018)

OKOLI, Chitu et al. **Guia para realizar uma Revisão Sistemática de Literatura.** *EAD em Foco*, v. 9, n. 1, 2019.

OLIVEIRA, Felipe Ramos de. **Estudo de implementação semafórica em uma interseção de Florianópolis.** 2021. Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/17341/2/TCC%20II%20-%20Felipe%20Oliveira%20-%20R06.pdf>> Acesso em 23 mai. 2023.

OMOREGIE, Alohan; TURNBULL, Daniel Ernest. **Highway infrastructure and building information modelling in UK.** In: *Proceedings of the Institution of Civil Engineers- Municipal Engineer*. Thomas Telford Ltd, 2016. p. 220-232.

NAÇÕES UNIDAS BRASIL - ONU. **Plano de Ação pela Segurança no Trânsito (2021-2030).** 2021.

ORTZAR, de D. J.; WILLUMSEN, L. G. **Modelling Transport: Ortúzar/Modelling Transport.** Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell, 2011.

PACIOS ÁLVAREZ, A. et al. **Opportunities in airport pavement management: Integration of BIM, the IoT and DLT.** *Journal of air transport management*, v. 90, n. 101941, p. 101941, 2021.(álvarez)

- PARK, Seunghwa; KIM, Inhan. **Bim-based quality control for safety issues in the design and construction phases.** ArchNet-IJAR: International Journal of Architectural Research, v. 9, n. 3, p. 111, 2015.
- PAULINA, S.; MACIEJ, R. **Use of bim technology in transport infrastructure projects. Transportation Overview - Przegląd Komunikacyjny**, v. 2020, n. 8, p. 16–24, 2020.
- PEDO, Barbara et al. **Lean contributions to BIM processes: the case of clash management in highways design.** 2021.
- PEDRO, Lucilene Moreira; SILVA, M. A. V.; PORTUGAL, L. S. **Desenvolvimento e mobilidade sustentáveis. Transporte, mobilidade e desenvolvimento urbano.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2017.
- PENG, Dong et al. **Application Research of BIM Technology in Highway Reconstruction and Extension Project.** In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2020. p. 032016.
- PIMENTEL, M.; FILIPPO, D.; DOS SANTOS., T. M. (EDS.). **Design Science Research: pesquisa científica atrelada ao design de artefatos.** [s.l.] Revista de Educação a Distância e Elearning, 03/2020. v. 3
- PIROOZ FAR, P. et al. **Facilitating Building Information Modelling (BIM) using Integrated Project Delivery (IPD): A UK perspective.** Journal of building engineering, v. 26, n. 100907, p. 100907, 2019.
- PORTO, Marcelo et al. Automated highway signaling in a BIM environment. In: World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics (WMSCI 2019).
- PORTUGAL, L. D. S. et al. **Transportes, Mobilidade e Desenvolvimento Urbano.** 2017: Elsevier, 2017.
- PORTUGUAL, L. S.; GOLDNER, L. G. **Estudo de Polos Geradores de Tráfego e de seus Impactos nos Sistemas Viários e de Transportes,** 2003. Editora Edgard Blücher.
- PORWAL, A.; HEWAGE, K. N. **Building Information Modeling (BIM) partnering framework for public construction projects.** Automation in construction, v. 31, p. 204–214, 2013.
- QUIRK, V. A Brief History of BIM. ArchDaily, 7 dez. 2012. ISSN 0719-8884. Disponível em: <https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>. Acesso em: 09 jun. 2023.
- RAISER, M. et al. **GRUPO BANCO MUNDIAL - De Volta ao Planejamento: Como Preencher a Lacuna de Infraestrutura no Brasil em Tempos de Austeridade, 2017.** Disponível em: <<https://documents1.worldbank.org/curated/pt/237341502458978189/pdf/117392-PORTUGUESE-PortBacktoPlanningFinal.pdf>>. Acesso em: 09 jul. 2021 (Banco Mundial)
- REDMOND, A. et al. **Exploring how information exchanges can be enhanced through Cloud BIM.** Automation in construction, v. 24, p. 175–183, 2012.

REDE IBERO-AMERICANA DE ESTUDO - REDPGV. em Pólos Geradores de Viagens (2010). **O que é um PGV**. Disponível em: <<http://redpgv.coppe.ufrj.br/>> Acesso em: 21 mai. 2023.

REIS, Lorena Luedy. **Requisitos para Níveis de Desenvolvimento em modelos BIM**. 2019. Tese de Doutorado. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

RIO DE JANEIRO. Secretaria Municipal de Infraestrutura. Subsecretaria de Infraestrutura. Coordenadoria Geral de Projetos. Resolução "N" SMI nº 09 de 08 de junho de 2021. **Aprova o Caderno de Instruções para elaboração, apresentação e aprovação de Projetos Geométricos Viários Urbanos - Edição Ampliada e Revisada 2021**. Rio de Janeiro, 2021.

ROCHA, C. G. **A conceptual framework for defining customisation strategies in the house-building sector**. 2011. 222 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia, Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

ROCHA, C.G.; FORMOSO, C. T.; TZORTZOPOULOS-FAZENDA, P.; KOSKELA, L.; TEZEL, A. **Design Science research in lean construction: process and outcomes**. In: ANNUAL CONFERENCE OF INTERNATIONAL GROUP OF LEAN CONSTRUCTION, 20., San Diego, 2012. Proceedings... San Diego: State University Of San Diego, 2012.

RODRIGUES, G. P. **Vias públicas: tipo e construção em São Paulo (1898-1945)**. [s.l.] Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de Gestao da Informacao Academica (AGUIA), 2008.

ROMME, A. G. L. **Making a difference: Organization as design. Organization science**, v. 14, n. 5, p. 558–573, 2003. DOI: <http://dx.doi.org/10.1287/orsc.14.5.558.1676>

ROQUE, C. A. **Manual de boas práticas em sinalização urbana**. PRP-Prevenção Rodoviária Portuguesa, v. 311, 2005.

RUSCHEL, Regina C. To BIM or not to BIM. **ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO**, v. 3, p. 1-12, 2014.

SANKARAN, Bharathwaj et al. Civil integrated management for highway infrastructure: Case studies and lessons learned. *Transportation Research Record*, v. 2573, n. 1, p. 10-17, 2016.

SANKARAN, Bharathwaj; O'BRIEN, William J. **Impact of CIM technologies and agency policies on performance for highway infrastructure projects**. *Journal of Construction Engineering and Management*, v. 144, n. 7, p. 04018052, 2018.

SANTOS, Adriana de Paula Lacerda et al. **A utilização do BIM em projetos de construção civil**. *Revista Iberoamericana de Engenharia Industrial*, Florianópolis, v. 1, n. 2, p. 24-42, 2009.

SCHLUETER, Arno; THESELING, Frank. **Building information model based energy/exergy performance assessment in early design stages**. Automation in construction, v. 18, n. 2, p. 153-163, 2009.

SCHULZ, Oliver; BEETZ, Jakob. **Image-documentation of existing buildings using a serverbased bim collaboration format workflow**. In: EG-ICE 2021 Workshop on Intelligent Computing in Engineering. Universitätsverlag der TU Berlin, 2021. p. 108-107.

SCHULZ, Oliver; ORASKARI, Jyrki; BEETZ, Jakob. **bcfOWL: A BIM collaboration ontology**. In: **Proceedings of the 9th linked data in architecture and construction workshop-ldac 2021**. 2021. p. 142-153.

SCOTT, L. M. et al. **Integrated project delivery for construction**, Proc., 49th Associated Schools of Construction Annual International Conference, 2013. Disponível em: <<http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2013/paper/CPRT85002013.pdf>>. Acesso em 14 maio. 2021.

SEO, M. B.; LEE, D. **Development of railway infrastructure BIM prototype libraries**. **Applied sciences (Basel, Switzerland)**, v. 10, n. 22, p. 8118, 2020. <https://doi.org/10.3390/app10228118>

SETTI, J. R. A. **Tecnologia de transportes**. 2002.

SIBERT, Ben. Using building information modeling on a highway project. In: **Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Civil Engineering**. Thomas Telford Ltd, 2013. p. 9-9.

SIMÕES, F.; SIMÕES, E. **Sistema viário e trânsito urbano**. **Série de Cadernos Técnicos da Agenda Parlamentar – CREA-PR**, 2016.

SIMON, H. A. **The sciences of the artificial**. 3. ed. London, England: MIT Press, 1996. (Simon, 1996)

SOUZA, M.C.S. **Aplicação do BIM no setor de infraestrutura: estudo em uma companhia de água e esgoto do RN** / Maria Cecília de Souza e Souza. - 2020. 186 f.: il. (Souza 2020)

STRULAK-WÓJCIKIEWICZ, R.; LEMKE, J. **Concept of a simulation model for assessing the sustainable development of urban transport**. Transportation research procedia, v. 39, p. 502–513, 2019.

TAORI, S.; MCGEE, H. W. **Impacts of Maintaining Traffic Signs Within Minimum Retroreflectivity Guidelines**. Transportation Research Record, v. 1650, n.1, p. 19 – 27, 1998.

TIAN, Manli; JIANG, Aijun; WANG, Jie. **Research on the Innovation of BIM Technology in the Education of Road and Bridge Engineering Specialty**. In: Proceedings of the 2020 4th International Conference on Deep Learning Technologies. 2020. p. 6-10.

TRANFIELD, David; DENYER, David; SMART, Palminder. **Towards a methodology for developing evidence-informed management knowledge by means of systematic review**. British journal of management, v. 14, n. 3, p. 207-222, 2003.

UNITED NATIONS. **Global Plan for the Decade of Action for Road Safety 2021-2030.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<https://www.who.int/publications/m/item/global-plan-for-the-decade-of-action-for-road-safety-2021-2030>>.

UNITED NATIONS. **The world's cities in 2018: Data booklet.** [s.l.] UN, 2018. (ONU, 2018)

VAISHNAVI, V.; KUECHLER, W.; PETTER, S. **Design Science Research in Information Systems.** 2019. Design Science Research in Information Systems and Technology.

VAN AKEN, J. E. **The research design for design science research in management.** Eindhoven: [s.n.], 2011.

VEIGA, L. A. K; ZANETTI, M. A. Z; FAGGION, P. L. **Fundamentos de Topografia.** Apostila do curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal do Paraná – UFPR, 2012.

VIEIRA, R. S. **Estudo de Desempenho de Eficiência Retrorrefletiva de Películas Empregadas em Sinalização Vertical** / Rossano Streppel Vieira.- 2020. 233 p.; 30 cm

VIGNALI, Valeria et al. **Building information Modelling (BIM) application for an existing road infrastructure.** Automation in Construction, v. 128, p. 103752, 2021.

WEI, Xia et al. **The case study of BIM in urban planning and design.** In: **Advances in Human Factors, Sustainable Urban Planning and Infrastructure: Proceedings of the AHFE 2017 International Conference on Human Factors, Sustainable Urban Planning and Infrastructure, July 17– 21, 2017, The Westin Bonaventure Hotel, Los Angeles, California, USA 8.** Springer International Publishing, 2018. p. 207-217.

WRIGHT, J. **The integration of building information modeling and integrated project delivery into the construction management curriculum.** 2012 ASEE Annual Conference & Exposition Proceedings. **Anais...ASEE Conferences**, 2020.

WU, Zhaohui et al. VR+ BIM: perception and design optimization of highway. In: **2018 International Conference on Virtual Reality and Visualization (ICVRV).** IEEE, 2018. p. 164-165.

YANG, Y. **Discussion on municipal road design optimization based on BIM Technology.** **Journal of world architecture**, v. 5, n. 3, p. 1–4, 2021. DOI: <https://doi.org/10.26689/jwa.v5i3.2174> (Yang, 2021)

YOO, BongYoung et al. **Stepwise application of BIM-based parametric modeling to tapered slip-form system.** **Procedia Engineering**, v. 145, p. 112-119, 2016

ZHANG, Jingxiao et al. **Evaluation framework for an interdisciplinary bim capstone course in highway engineering.** International Journal of Engineering Education, v. 36, n. 6, p. 1889-1900, 2020.

ZHANG, Y.; WANG, G. **Cooperation between building information modeling and integrated project delivery method leads to paradigm shift of AEC industry.** 2009 International Conference on Management and Service Science. **Anais...IEEE**, 2009.

APÊNDICE I – TERMO DE CONCENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - TCLE

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE TRANSPORTES E GEOTECNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO GEOTECNICA E TRANSPORTES

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar do Projeto de pesquisa intitulado **“Proposta de um fluxo de processos para desenvolvimento de projetos viários urbanos utilizando a metodologia BIM”**. Nesta pesquisa pretendemos apresentar um fluxo de processos utilizando BIM para desenvolver, formatar e elaborar projetos viários urbanos, em suas diferentes disciplinas tornando o processo colaborativo de forma que as disciplinas trabalhem de maneira simultânea.

O motivo que nos leva a estudar esse tema é a necessidade de identificar a sequência de processos nos desenvolvimentos dos projetos viários urbanos, mapeando as práticas atuais, desafios para sua elaboração, levantando problemas e dificuldades existentes no seu desenvolvimento.

Para esta pesquisa adotaremos uma importante fonte de dados que é a realização de entrevistas. A primeira parte refere-se à identificação do respondente, a segunda parte da entrevista será abordado o mapeamento das práticas atuais de elaboração dos projetos viários urbanos, suas facilidades, dificuldades, retrabalhos, inovações e softwares utilizados. E a terceira e última etapa da entrevista busca avaliar o conhecimento do entrevistado sobre a metodologia BIM. Com o conjunto de entrevistas mapearemos todos os agentes participantes do processo de projeto.

A interlocução será breve, aproximadamente 70 minutos, mas ressalta-se que em caso de eventual desconforto em função do tempo de interlocução; a V. Sa. têm total liberdade para deixar a pesquisa a qualquer momento, se for da sua vontade.

Os dados obtidos estarão disponíveis exclusivamente para a equipe envolvida com essa pesquisa e poderão ser publicados com a finalidade de divulgação do conhecimento científico gerado, sem qualquer identificação das pessoas participantes do estudo. Tudo o que for coletado nessa pesquisa é estritamente confidencial; somente o pesquisador- e o orientador terão conhecimento dos dados.

RISCOS: Os riscos envolvidos na pesquisa consistem em gerar eventual desconforto ou constrangimento em função da disponibilidade de agenda, do tempo de interlocução e familiaridade com o tema; entretanto, para minimizar tais riscos tomaremos todas as medidas cabíveis para que V. Sa. se sinta à vontade; além disso, reforça-se que V.Sa. tem total liberdade para deixar a pesquisa a qualquer momento, sem justificativa, se for da sua vontade.

BENEFÍCIOS: Além da geração de conhecimento, esse estudo é importante para caracterizar métodos de trabalho podendo colaborar para melhoria dos processos de projeto em sua disciplina e, por consequência, dos resultados alcançados pela sua equipe.

Para participar deste estudo o Sr.(a) não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. O Sr.(a) tem garantida plena liberdade de recusar-se a participar ou retirar seu consentimento, em qualquer fase da pesquisa, sem necessidade de comunicado prévio. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não acarretará qualquer penalidade ou modificação na forma em que o Sr.(a) é atendido(a) pelo pesquisador. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. O(A) Sr.(a) não será identificado(a) em nenhuma publicação que possa resultar. Seu nome ou o material que indique sua participação não serão liberados sem a sua permissão.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em *duas vias* originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável, no Programa de Pós-Graduação em Geotecnica e Transportes da Universidade Federal de Minas Gerais, e a outra será fornecida ao Sr.(a).

Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 3 anos após o término da pesquisa. Depois desse tempo, os mesmos serão destruídos.

Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo e confidencialidade, atendendo à legislação brasileira, em especial, à Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde, e utilizarão as informações somente para fins acadêmicos e científicos.

Eu, _____, fui informado(a) dos objetivos da pesquisa “**Proposta de um fluxo de processos para desenvolvimento de projetos viários urbanos utilizando a metodologia BIM**” de maneira clara e detalhada, e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações e modificar minha decisão de participar se assim o desejar. Declaro que concordo em participar. Recebi uma via original deste termo de consentimento livre e esclarecido e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer minhas dúvidas.

AUTORIZAÇÃO DE USO DE IMAGEM

Eu, _____, fui informado(a) quanto ao uso de recursos como filmagens, fotos e gravações durante a interlocução e coleta de dados para a pesquisa “**Proposta de um fluxo de processos para desenvolvimento de projetos viários urbanos utilizando a metodologia BIM**”. E **AUTORIZO** a utilização destes recursos de filmagens, fotos e gravações bem como o uso dos dados obtidos para publicações com a finalidade de divulgação do conhecimento científico gerado, sem qualquer identificação das pessoas participantes do estudo.

Nome do Pesquisador Responsável:

Israel Gustavo Freitas Figueredo

Whatsapp: (31) 99335-2426.

Celular (ligação): (31) 99497-9567.

E-mail: israelgustavo@gmail.com

Em caso de discordância ou irregularidades sob o aspecto ético desta pesquisa, você poderá consultar:

COEP- UFMG – Comitê de Ética em Pesquisa

Universidade Federal de Minas Gerais

Unidade Administrativa II – 2º Andar – Sala 2005

Av. Presidente Antônio Carlos, 6627– Campus Universitário

Cep: 31270-901 Belo Horizonte/MG

Telefone: (31) 3409-4591

E-mail: coep@prpq.ufmg.br

<https://www.ufmg.br/bioetica/coep/>

Belo Horizonte, dia de mês de ano.

Entrevistado: Nome do entrevistado (a)

Dissente: Israel Gustavo Freitas Figueredo

Orientador Prof. Dr. Marcelo Franco Porto

APÊNDICE II – QUESTIONÁRIO ESPECIALISTAS – PVU

**Proposta de um fluxo de processos para
desenvolvimento de projetos viários urbanos
utilizando a Metodologia BIM**

*Entrevista semiestruturada para pesquisa de dissertação
do Departamento de Engenharia de Transportes e
Geotecnia da Universidade Federal de Minas Gerais.*

*Orientador: Marcelo Franco Porto
Aluno: Israel Gustavo Freitas Figueredo*

Belo Horizonte
Dezembro/2022

01 - Qual a sua formação acadêmica?

- Arquiteto e Urbanista
- Engenheiro Civil
- Engenheiro Mobilidade/Tráfego
- Técnico em Transporte
- Técnico em Estradas
- Outros _____

02 - Qual o seu nível de escolaridade?

- Técnico
- Superior
- Especialização
- Mestrado
- Doutorado
- Pós doutorado

02A - Possui especialização na área de Transportes?

- sim não

Se sim, qual? _____

03 - Tempo de Experiência Profissional

- 5 anos
- Entre 5 a 10 anos
- 10 a 15 anos
- Mais de 15 anos

04 - Qual tipo de empresa você está inserido neste momento?

- Privada
- Ong
- Profissional independente
- Sem atuação profissional no momento

04A - Já atuou em empresa pública ou órgão público?

- sim não



PARTE II - Elaboração de Projeto Viário Urbano

05 - Quais *softwares* utilizados para elaboração dos projetos?

- Autocad
- Revit
- Civil 3D
- Microstation
- Archicad
- Infracad
- ProjectWise (Bentley)
- Trimble (Tekla)

06 - Quais dessas disciplinas são consideradas para elaboração do projeto Viário Urbano?

Estudo Técnico de
Circulação /
Concepção
()

Lev. Topográfico
Planialtimétrico e
Cadastral
()

Projeto Geométrico
()

Projeto de
Acessibilidade
()

Projeto de Sinalização
()

Projeto Cicloviário
()

Projeto Semafórico
()

Lev. Quantitativos e
Orçamentação
()

Projeto
Complementares
()

06 A - Consideraria outra(s) disciplina(s) essencial(is) na elaboração dos projetos viários urbanos que não foi citada na pergunta acima?

07 - Em quais áreas do desenvolvimento do projeto viário urbano você atua?

Favor marcar até 4 áreas nas quais você possui maior conhecimento. Após a 14ª pergunta responder as respectivas perguntas marcadas entre parênteses.

- Demanda e Diagnóstico (perguntas 15 e 16)
 - Estudo Técnico de Circulação e Concepção (pergunta 17)
 - Levantamento Planialtimétrico e Cadastral (pergunta 18)
 - Projeto Geométrico (pergunta 19)
 - Acessibilidade (pergunta 20)
 - Sinalização (perguntas 21 ao 25)
 - Projeto Cicloviário (pergunta 26)
 - Semafórico (pergunta 27)
 - Levantamento de quantitativos e orçamentação (pergunta 28)
 - Projetos complementares * (pergunta 29)
 - Outros:
-
-

07 A - Em caso de elaboração de projeto de sinalização qual a sua área de atuação?

- Sinalização Horizontal (pergunta 21)
 - Sinalização Vertical de Regulamentação (pergunta 22)
 - Sinalização Vertical de Advertência (pergunta 23)
 - Sinalização Indicativa (pergunta 25)
 - Outros:
-
-

07 B - Em caso de elaboração de projetos complementares qual a sua área de atuação?

- Terraplenagem
 - Drenagem
 - Pavimentação
 - Urbanístico
 - Estudo de greides, perfis e seções transversais
 - Paisagístico
 - Luminotécnicos
 - Nenhum
 - Outros
- Quais?
-
-

Nos últimos anos a acessibilidade se consolidou como um dos projetos essenciais no âmbito urbano com o objetivo de propiciar uma cidade mais inclusiva, e garantir o direito de ir e vir a todas as pessoas. As normas de acessibilidade e de sinalização tátil (rebaixos, pisos tátil de alerta e tátil direcional) foram essenciais para auxiliar na elaboração dos projetos e requalificação das calçadas e passeios e também serviu de auxílio para elaboração de diversas cartilhas pelas mais diversas prefeituras do país.

08 - Você considera o projeto de acessibilidade uma disciplina do projeto viário urbano?

- Sim, considero uma disciplina.
 Não, apenas uma etapa da disciplina do projeto geométrico.

08 A - Há mudança dos responsáveis pelo desenvolvimento do projeto de acessibilidade?

- sim não

Se sim, quais? -----

08 B - Há mudança na forma de desenvolver as soluções do projeto?

- sim não

Se sim, quais? -----



10 - Conhece o termo BIM (*Building Information Modeling*)?

sim

não

BIM significa Modelagem da Informação da Construção. Essas informações podem ser tudo o que for essencial para a concepção, construção e operação da infraestrutura.

Os projetos em BIM começam na concepção dos modelos 3D com informações associadas ao objeto, essas informações podem ser geométricas ou não geométricas, como dados precisos necessários para perfeita construção, fabricação e análises.

Ex. um meio-fio, representado anteriormente por linhas e espessuras nos desenhos CAD, passam a ser uma entidade 3D integrada contendo informações importantes como: dimensões, tipo de material, revestimento, custos, fornecedores dentre outras para compartilhamento entre as partes interessadas no projeto.

O BIM não é um software, nem apenas para a etapa de projeto, mas o BIM é um trabalho colaborativo é para todo o ciclo de vida da construção



11 - Você tem conhecimento dos decretos federais n° 9983 e 10306 para investimento, utilização, capacitação e expansão do BIM nos projetos de engenharia?

sim

não



A Lei Federal nº 12.587/2012, que institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana, impulsionou um crescimento no uso dos modos ativos de transportes como o uso de bicicleta. Recentemente o Conselho Nacional de Trânsito - CONTRAN publicou o Manual Brasileiro de Sinalização de Trânsito, Vol. VIII - Sinalização Ciclovária.

09- Você considera o projeto ciclovário uma disciplina do projeto viário urbano?

- Sim, considero uma disciplina.
 Não, apenas etapas das disciplinas dos projetos de sinalização e geometria.

09 A - Há mudança dos responsáveis pelo desenvolvimento do projeto?

- sim não

Se sim, quais? -----

09 B - Há mudança na forma de desenvolver as soluções do projeto?

- sim não

Se sim, quais? -----



11A - Pretende conhecer ou aprofundar em BIM para elaborar projetos viários urbanos utilizando essa metodologia?

sim

não

12 - Você já fez uso do BIM ou a empresa na qual que está inserido já fez?

sim

não*

*Caso marque não favor ir para pergunta 15

13 - Quais dimensões BIM abaixo você já utilizou?

Modelagem

Planejamento

Orçamento

Sustentabilidade

Gerenciamento dos ativos

Segurança na fase de projeto e construção de obra

Construção enxuta

Industrialização da construção

14 - O Uso do BIM proporcionou melhoria se comparado a elaboração do projeto no método tradicional?

Sim

Não

14 A - Houve ganho de tempo na elaboração do projeto?

Sim

Não

14 B - A modelagem facilitou a compatibilização de disciplinas?

Sim

Não

14 C - Houve algum parâmetro modelado, além dos geométricos?

Sim

Não

Se sim quais? _____

Na prática tiveram utilidades? _____

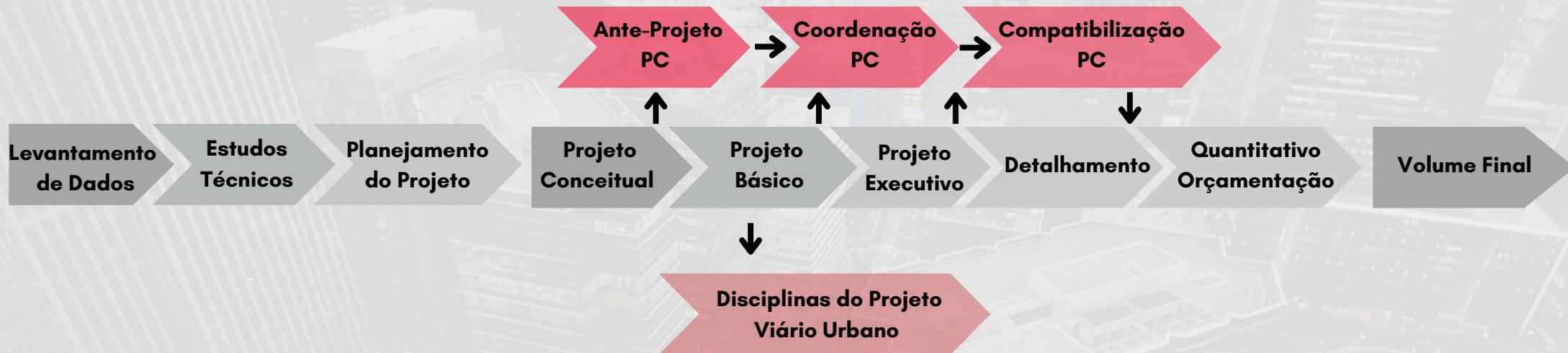


FASES DE DESENVOLVIMENTO DOS PROJETOS VIÁRIOS URBANOS

Planejamento

Projeto

Entrega



07 C - Das fases de desenvolvimento de projeto viário urbano acima quais você mudaria ou acrescentaria?

Demanda

Diagnóstico

**Estudos Tráfego-
Concepção**

**Lev. Topográfico
Planialtimétrico
e Cadastral**

**Projeto
Geométrico**

**Projeto de
Acessibilidade**

**Projeto de
Sinalização**

**Projeto
Ciclovário**

**Projeto
Semafórico**

**Lev. Quantitativos e
Orçamentação**

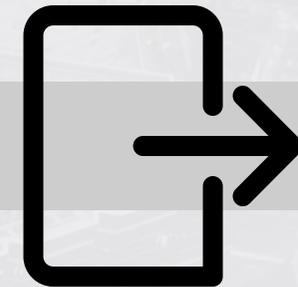
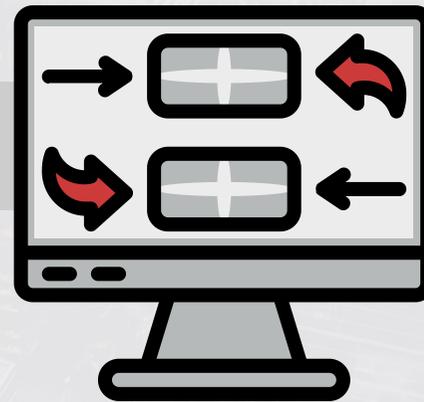
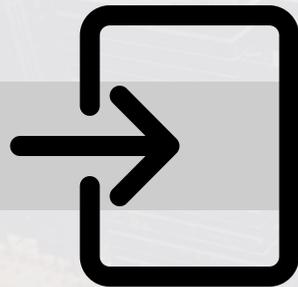
**Projetos
Complementares**

**Outros
Projetos**

ENTRADAS (*input*)

FERRAMENTAS E
TÉCNICAS

SAÍDAS (*output*)



- **Entradas (*input*)** - são os documentos, mapas, pesquisas, programas de necessidades (briefings), especializações, desenhos, esquemas ou itens que serão trabalhados para desenvolvimento do projeto.
- Ferramentas e técnicas - são os mecanismos aplicados aos inputs para criar as saídas, opiniões de especialistas, ferramentas para elaboração dos desenhos dentre outros outputs.
- **Saídas (*output*)** - são os documentos, informações ou itens que serão o resultado final da elaboração do processo.

Etapa - Demanda

15- De onde vem as suas principais "Demandas" para elaboração dos Projetos Viários Urbanos?

- Regularização de empreendimentos (RIC, RIT, para alvarás e exigências das prefeituras)
 - Licenciamento ambiental de novos empreendimentos
 - Regularização de acessibilidade
 - Melhoria de acessos e entorno de empreendimentos particulares
 - Demandas do poder público (licitações, contratos, terceirização)
 - Todas as respostas acima
 - Outras
-
-

15 A- Quais dados de entrada (*inputs*) necessários para análise inicial diagnóstico para elaboração dos projetos?

- Matrícula do imóvel
- Alvará de Construção emitido pela prefeitura
- Registo de imóvel
- Cadastro do imóvel na prefeitura
- Projeto arquitetônico
- Área do projeto
- Tipo de empreendimento
- Outros:

Em caso de outros, quais documentos são necessários para se iniciar o desenvolvimento dos PVU

Etapa - Demanda

15 B - Quais documentos necessários para iniciar os diagnósticos para elaboração do projeto viário urbano?

- () Termo de abertura de projeto
- () Roteiro para elaboração de relatórios
- () Ponderações/Parecer técnicos (as) de análise de impacto na circulação
- () Outros:

Em caso de outros, quais documentos são necessários para se iniciar o desenvolvimento dos PVU

Etapa - Diagnósticos

16 - Quais dados de entrada (*input*) necessários para o diagnóstico da elaboração dos projetos?

- Identificação de problemas
- Vistoria In Loco
- Conversa com usuários, moradores e comerciantes locais
- Conversa com poder público (projetos em andamento na área do projeto)
- Levantamento de dados do local para diagnóstico de problemas
- Dados e mapa de acidentes na área
- Estudos das características locais
- Mapeamento dos equipamentos públicos
- Mapeamento das condições das sinalizações existentes
- Mapeamento das calçadas, rebaixos, PEDS, mobiliários urbanos
- Mapa de circulação viária na área de abrangência
- Mapeamento da rede cicloviária e condições
- Diagnóstico da rede pública de transporte (micro meso e macro acessibilidade)
- Mapeamento da rede semafórica e análises
- Definição das disciplinas que serão projetadas
- Estudar soluções - propósito do projeto
- Outros

Em caso de outros, quais informações são necessários para definição de soluções para iniciar a elaboração do PVU?

Dos itens acima, quais desses não são importantes para diagnosticar os possíveis problemas e definição de soluções?

Etapa - Diagnósticos

16 A- Quais dados de saída (*output*) são gerados na etapa de diagnóstico?

- Mapas do sistema viário (classificação viária e velocidade regulamentada)
- Mapas da rede cicloviária
- Resultado de pesquisas das condições das calçadas
- Mapas da rede semafórica
- Definição dos estudos e relatórios técnicos a serem desenvolvidos
- Definição das disciplinas de projetos a serem desenvolvidos
- Possíveis soluções (geométrico, acessibilidade, geotécnico, infraestrutura, sinalização, iluminação outros)
- Desenvolvimento do projeto viário urbano
- Outros

Em caso de outros, quais informações são as saídas geradas da fase de diagnóstico?

Dos itens acima, quais desses não são importantes para se iniciar a elaboração dos projetos viários urbanos?



16 B - Os dados de entrada do diagnóstico vem de quais outros projetos?

16 C - Com quais disciplinas precisa haver troca de informações/compatibilização durante o desenvolvimento dos Diagnósticos?

16 D - Que disciplinas consultam a sua no desenvolvimento dos projetos?

Etapa - Estudos de tráfego

17- Quais dados de entrada (*input*) necessários para elaboração dos Estudos de tráfego e concepção?

- Pesquisas metodológicas reconhecidas (OD, contagem volumétrica de veículos, velocidade e retardamento dentre outros)
- Projeção das demandas geradas pelo empreendimento (não aplicável em alguns casos como requalificações)
- Definição da área de impacto do empreendimento
- Classificação viária e mapeamento das velocidades regulamentadas
- Mapas e dados de índice de acidentes
- Mapeamento de áreas de estacionamento, rede cicloviária e transporte coletivo.
- Mapeamento de equipamentos públicos como: escolas, parques e postos de saúde)
- Mapas temáticos do local estudado
- Lei de uso e ocupação do solo e outros documentos municipais importantes
- Micro, meso e macrossimulação de tráfego na área de influência
- Definição da rede semaforica a ser modificada/implantada
- Definição dos locais para acessibilidade ao local
- Dados de uso de transporte local para definição da rede cicloviária, transporte público dentre outros (tipos de intervenções)
- Dados IBGE para características fundamentais de composição do tráfego, idade, dados de renda, deslocamentos)
- Outros

Em caso de outros, quais informações são necessários para elaboração dos Estudos de tráfego e concepção?

Dos itens acima, quais desses não são importantes para elaboração dos Estudos de tráfego e concepção?

Etapa - Estudos de tráfego

17 A - Quais os dados de saída (*output*) são gerados na etapa Estudos de tráfego e concepção?

- Possíveis soluções (geométrico, geotécnico, infraestrutura, sinalização, iluminação e outros)
- Definição das disciplinas de projetos a serem desenvolvidos
- Relatórios técnicos detalhados de prestação de serviços de elaboração e desenvolvimento de Estudos de tráfego
- Estudos de acessibilidade ao local
- Estudos da operação do transporte coletivo (linhas, PED, baia de ônibus, corredores, faixas exclusivas, preferências, estações, terminais dentre outros)
- Estudo da rede cicloviária (ciclovía, ciclofaixa, ciclorrota, faixa compartilhada, dentre outros)
- Estudo das medidas de *traffic calming*
- Projeto funcional (básico)
- Levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral
- Estudo da área a ser requalificada, ou da área de impacto do empreendimento
- Outros

Em caso de outros, quais informações são as saídas geradas da fase de Estudos de tráfego e concepção?

Dos itens acima, quais desses não são importantes para se iniciar a elaboração dos projetos viários urbanos?





17 B - Os dados de entrada do Estudos de tráfego vem de quais outros projetos?

17 C - Com quais disciplinas precisa haver troca de informações/compatibilização durante o desenvolvimento do estudo técnico/conceção?

17 D - Que disciplinas consultam a sua no desenvolvimento dos projetos?

Etapa - Levantamento Topográfico Planialtimétrico e Cadastral

18- Quais dados de entrada (*input*) necessários para elaboração do levantamento Topográfico?

- Área a ser requalificada, ou área de impacto do empreendimento.
- Extensões longitudinais e transversais das vias definidas para o projeto.
- Cadernos ou manuais com padrões da prefeitura para desenvolvimento do levantamento.
- Outros.

Em caso de outros, quais informações são necessários para desenvolver o levantamento Topográfico?

18 A- Sobre Levantamento Topográfico Planialtimétrico e Cadastral quais os maiores desafios para começar a elaborar um Projeto Viário Urbano?

- Os desenhos não respeitam os padrões gráficos estabelecidos pelo órgão e empresa pública.
- As dimensões não são compatíveis com o levantamento em campo.
- Os levantamentos topográficos planialtimétrico e cadastral estão desatualizados e há necessidade de compatibilização em campo.
- Altimetria para desenvolver rebaixos e melhoria nas calçadas não são compatíveis com as alturas in loco.
- Falta de informações importantes como sentido de circulação das vias, norte magnéticos, tipos de revestimento de calçada, nome de logradouros e referenciais urbanos, conservação das placas, controladores semafóricos, números de focos, detectores e outros elementos representados para remoção ou substituição.
- Levantamentos incompletos como mobiliário urbano, sinalização existentes, sinalizações semafóricas.
- Outros

Em caso de outros, quais dificuldades já encontradas na compatibilização do cadastro para o desenvolvimento dos projetos?

Etapa - Levantamento Topográfico Planialtimétrico e Cadastral

18 B - Quais os dados de saída (*output*) são extraídos na etapa do levantamento?

- Identificação das vias (nomes dos logradouros)
- Sentido de circulação das vias existentes
- Norte magnético
- Referências urbanas (direções e orientações - bairro - centro)
- Equipamentos públicos (escolas, hospitais, praças)
- Largura das vias, sarjetas, calçadas, canteiro central, ilhas
- Todo mobiliário urbano existente (abrigo, pontos de ônibus, postes, lixeiras, dentre outros)
- Tipos de revestimento de calçadas
- Tipos de pavimentação existente
- Todos os dispositivos auxiliares
- Toda a sinalização horizontal existe e suas condições
- Toda a sinalização vertical existente e suas condições
- Altura dos meio-fio e rebaixamentos par garagem
- todos os rebaixos, pisos táteis e direcionais
- toda a vegetação existente (árvores e áreas verdes)
- Toda a sinalização semafórica existente (controladores, tipos de semáforos, grupos focais)
- Toda sinalização indicativa (cores, tipos de placas, dimensões)
- Elementos de topografia (estacas, curvas de níveis, malhas de coordenadas, taludes dentre outros)
- Arquivos digitais em formato dwg, dgn com representação gráfica, curvas de níveis altimetria e outros
- Registros fotográfico
- Outros

Em caso de outros, quais informações são possíveis extrair do levantamento para melhor execução dos PVU ?



18 C - Os dados de entrada do levantamento topográfico vem de quais outros projetos?

18 D - Com quais disciplinas precisa haver troca de informações/compatibilização durante o desenvolvimento do projeto?

18 E - Que disciplinas consultam a sua no desenvolvimento dos projetos?

Etapa - Projeto Geométrico

19 - Quais dados de entrada (*input*) necessários para elaboração do projeto geométrico (seja enviados pelos clientes ou produzidos pela equipe de projeto)?

- Estudo técnico de circulação / concepção
- Levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral
- Estudos de acessibilidade local
- Estudos de greides, perfis longitudinais e transversais (vias novas)
- Especificações técnicas dos materiais das vias, pavimento, calçadas e outros
- Mapeamento de Interferências nas adequações geométricas (Poço de Visita, Boca de Lobo)
- Conferência da área via fotos aéreas, registros fotográficos e/ou visitas in loco
- Estudo do uso da via (quais tipos de veículos trafegam no local para desenvolver adequações geométricas)
- Reuniões com o poder público para análise de projetos em andamentos ou futuros
- Definir soluções para projeto geométrico (cortes, acréscimos de calçadas, pavimentação, medidas de traffic calming, dentre outros)
- Definir áreas de corte ou aterro (projeto complementar de terraplenagem)
- Intervenção de Iluminação pública (tratar com as empresas responsáveis para realocação das luminárias)
- Outros

Em caso de outros, quais informações são necessários para elaboração dos projetos geométricos?

Dos itens acima, quais desses não são importantes para elaboração dos projetos geométricos?

Etapa - Projeto Geométrico

19 A - Quais os dados de saída (*output*) são extraídos na etapa do desenvolvimento do projeto geométrico?

- Larguras das calçadas
- Áreas de calçadas - *I, M e R
- Áreas de pavimentação - *I, M e R
- Tipos de revestimentos (calçadas)
- Áreas urbanísticas (novos mobiliários urbanos, espaços de estar dentre outros)
- Áreas paisagísticas - floreiras - jardins boleáveis - árvores a - *I, M e R
- Alturas de meio-fio
- Meio-fio a *I, M e R
- Áreas de rebaixamento de meio-fio para adequação.
- Mobiliários urbanos - *I, M e R
- Há áreas de drenagem- bocas de lobo - pvs - dentre outros a *I, M e R
- Seções transversais e seções longitudinais
- Arquivos digitais em formato .dwg, .dgn, .pdf e outros compatíveis para análise e desenvolvimento de outras disciplinas
- Outros

Em caso de outros, quais informações não foram mapeadas e são possíveis extrair dos projetos geométricos ?



19 B - Os dados de entrada do projeto geométrico vem de quais outros projetos?

19 C - Com quais disciplinas precisa haver troca de informações/compatibilização durante o desenvolvimento do projeto?

19 D - Que disciplinas consultam a sua no desenvolvimento dos projetos?

Etapa - Projeto Acessibilidade

20 - Quais dados de entrada (*input*) necessários para elaboração do projeto de acessibilidade?

- Diagnóstico
- Estudo técnico de circulação / concepção
- Levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral
- Projeto geométrico
- Projeto Arquitetônico do empreendimento
- Visita em campo presencial ou virtual
- Projeto Urbanístico
- Projetos complementares
- Reuniões com o poder público para análise de projetos em andamentos ou futuros
- Pesquisa de calçada (diagnóstico) - aplicativo - largura de calçada
- Análise das características locais da população (ex. escolas, bairro de pessoas mais idosas)
- Consulta aos dados do IBGE
- Parecer técnico/ certidão de diretrizes
- Estudar os desejos de caminamento dos pedestres atuais
- Verificar necessidade de manutenção dos revestimentos devido às condições calçadas
- Consultar detalhamentos executivos de calçadas e passeios dos municípios
- Consultar Projetos existentes para compatibilizações e análises
- Outros

Em caso de outros, quais informações são necessários para elaboração dos projetos de acessibilidade?

Dos itens acima, quais desses não são importantes para elaboração dos projetos de acessibilidade?

Etapa - Projeto Acessibilidade

20 A - Quais os dados de saída (*output*) são extraídos na etapa do desenvolvimento do projeto de acessibilidade?

- Larguras dos passeios
- Inclinações transversais da calçada
- Inclinações Longitudinais da calçada
- Tipos de revestimentos nas calçadas
- Pisos táteis (direcional e ou alerta)
- Característica das calçadas (faixa livre, faixa de serviço ou Acesso)
- Áreas de drenagem
- Áreas urbanísticas e paisagísticas
- Tipos de rebaixos - I - M e remover ou regularizar
- Largura das abas dos rebaixos
- Larguras dos patamares dos rebaixos
- Áreas a regularizar calçadas seja por más condições, declividades e outros
- Necessidade de realocar ou remover sinalização vertical
- Áreas paisagísticas - floreiras - jardins boleáveis - árvores a - I, M e R
- Definição de novas rotas acessíveis
- Arquivos digitais em formato dwg, dgn, pdf e outros compatíveis para análise e desenvolvimento de outras disciplinas
- Outros

Em caso de outros, quais informações não foram mapeadas e são possíveis extrair dos projetos de acessibilidade?



20 B - Os dados de entrada do projeto de acessibilidade vem de quais outros projetos?

20 C - Com quais disciplinas precisa haver troca de informações/compatibilização durante o desenvolvimento do projeto?

20 D - Que disciplinas consultam a sua no desenvolvimento dos projetos?

Etapa - Projeto de Sinalização Horizontal

21 - Quais dados de entrada (*input*) necessários para elaboração do projeto de sinalização Horizontal?

- Diagnóstico
- Estudo técnico de circulação / concepção
- Levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral
- Projeto geométrico
- Projeto de acessibilidade
- Informação do tipo de projeto (temporário ou permanente)
- Estudo do volume e classificação do tráfego e velocidade das vias
- Relatório de frequência de manutenção e vida útil do pavimento
- Estudo para ordenação e canalização dos fluxos de veículos
- Estudo para orientação do fluxo de pedestres
- Informações de deslocamento de veículos pelas condições físicas da via como: geometrias em geral, topografia e outros
- Estudo para melhor aproveitamento do espaço viário disponível
- Estudo das mensagens a serem implantadas nas vias para condutores, ciclistas e pedestres
- Estudo das curvas para distâncias de visibilidade
- Informações das marcas longitudinais e transversais a serem projetadas
- Informações das marcas de canalização a serem projetadas
- Informações das marcas de delimitação e controle de parada/e ou estacionamento
- Informações das vias de mão dupla e mão única para definições de soluções
- Informações das obras de artes para análise de sinalização horizontal a implantar
- Estudo das inscrições no pavimento (setas, símbolos e legendas) para complementação da sinalização vertical
- Estudo dos dispositivos auxiliares para segurança viária
- Outros

Em caso de outros, quais informações são necessários para elaboração dos projetos de sinalização horizontal?

Dos itens acima, quais desses não são importantes para elaboração dos projetos de sinalização horizontal?

Etapa - Projeto de Sinalização Horizontal (SH)

21 A - Quais os dados de saída (*output*) são extraídos na etapa do desenvolvimento do projeto de SH?

- Largura das linhas (0,10m, 0,15m, 0,20m ou outros), suas extensões e áreas
- Cadência, traço e/ou espaçamento
- Largura das faixas mínimas ou desejáveis
- Largura das marcas transversais e suas extensões
- Larguras e comprimentos das FTPS
- Dimensões de marcação de áreas de conflito (MAC)
- larguras e espaçamentos dos ZPAS (zebrado de preenchimento da área de pavimento não utilizável), áreas e extensões
- Larguras das marcas de estacionamento regulamentado
- Área das setas direcionais PEM - MOF - IMC
- Comprimento das setas direcionais PEM - MOF - IMC
- Distâncias das setas direcionais PEM - MOF - IMC
- Tipos de dispositivos auxiliares a serem utilizados
- Áreas das legendas e símbolos
- Detalhes dos símbolos, legendas e setas
- Detalhes padrões de interseções
- Tipo de tinta a ser usada (pavimento flexível, concreto)
- Espessura das sinalizações
- Áreas a remover sinalização
- Arquivos digitais em formato dwg, dgn, pdf e outros compatíveis para análise e desenvolvimento de outras disciplinas
- Outros

Em caso de outros, quais informações não foram mapeadas e são possíveis extrair dos projetos de SH?

Etapa - Projeto de Sinalização Vertical de Regulamentação (SVR)

22 - Quais dados de entrada (*input*) necessários para elaboração do projeto de sinalização Vertical de Regulamentação?

- Diagnóstico
- Estudo técnico de circulação / concepção
- Levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral
- Projeto geométrico
- Projeto de acessibilidade
- Projeto de sinalização horizontal
- Informações das preferência de passagem das vias e regulamentação das velocidades
- Mapa dos sentidos de circulação
- Mapa dos movimentos de circulação proibitivos e obrigatórios
- Informações sobre as normas especiais de circulação: proibições de ultrapassagens, mudanças de faixas,
- Informações sobre as restrições de trânsito por espécies e categoria de veículos (verificar perfis longitudinais aclives e declives)
- Obras de artes e impedâncias para controle das características dos veículos que transitam na via
- Áreas de regulamentação de estacionamento, paradas e locais proibidos, existentes, novos ou a remover
- Estudo dos trechos do projeto de regulamentação de estacionamentos especiais como: veículos oficiais, viaturas policiais, PCD, estacionamento rotativo, estacionamento de curta duração, motos dentre outros que necessite de dimensões especiais
- Mapa das áreas de pedestres e ciclistas (modo ativo)
- Compatibilização com disciplinas da topografia, geometria e acessibilidade para substituição de placas com péssimo estado de conservação sem retro refletância, ou locadas em áreas de calçadas a remover, ou em locais de implantação de rebaixos
- Compatibilização com a equipe de sinalização horizontal dos raios de giro junto para definição das marcas de canalizações e zebraos
- Avaliação de necessidade de mensagens complementares às placas que serão projetadas
- Outros

Em caso de outros, quais informações são necessários para elaboração dos projetos de SVR?

Dos itens acima, quais desses não são importantes para elaboração dos projetos de SVR?

Etapa - Projeto de Sinalização Vertical de Advertência (SVA)

23 - Quais dados de entrada (*input*) necessários para elaboração do projeto de sinalização de Advertência?

- Diagnóstico
- Estudo técnico de circulação / concepção
- Levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral
- Projeto geométrico
- Projeto de acessibilidade
- Projeto de sinalização horizontal
- Projeto de sinalização vertical de regulamentação
- Analisar necessidade de advertir os condutores sobre condições de riscos existentes, obstáculos ou restrições na via
- Analisar necessidade de implantação de sinalização especial de advertência como início de pistas exclusivas de ônibus, áreas de pedestres e outras pertinentes
- Analisar curvas e sequências de curvas
- Analisar necessidade de advertir interseções como cruzamentos, vias laterais, interseções em T ou Y, dentre outras
- Analisar necessidade de advertir controle de tráfegos: paradas obrigatórias e semáforos
- Analisar necessidade de advertir interferência de transportes
- Analisar necessidade de advertir condições das vias
- Analisar perfis longitudinais aclives e declives
- Analisar projeto geométrico para verificações de locais de estreitamento, alargamento de pistas, ruas sem saídas, dentre outras
- Analisar necessidade de advertir sentidos de circulação
- Analisar necessidade de advertir modo ativo de transportes: ciclovia, ciclofaixas, área escolar, crianças, trânsito de pedestres e áreas compartilhadas
- Analisar necessidade de advertir restrições de dimensões de veículos
- Outros

Em caso de outros, quais informações são necessários para elaboração dos projetos de SVA?

Dos itens acima, quais desses não são importantes para elaboração dos projetos de SVA?

Etapa - Projeto de Sinalização Vertical de Regulamentação (SVR) e Sinalização Vertical de Advertência (SVA)

23 A - Quais os dados de saída (*output*) são extraídos na etapa do desenvolvimento do projeto de SVR e SVA ?

- Tipo de suporte, diâmetro, material e altura (tubo de aço galvanizado, madeira)
- Tipo de material da placas (aço, alumínio, plástico reforçado)
- Material para confecção dos sinais (tintas e películas) plásticas (não retrorrefletivas)
- Retrorrefletividade: esferas inclusas, de esferas encapsuladas ou de lentes prismáticas
- Espessura das placas
- Cores das placas padronizadas com os manuais do CONTRAN
- Placas a implantar, manter, remover e realocar
- Suporte em postes, semáforos ou braços projetados existentes - implantar, manter e remover
- Amarração (cotagem) de toda a sinalização vertical de regulamentação
- Detalhamento das dimensões de todas as placas desenvolvidas diferente do que é estabelecido pelo CONTRAN
- Arquivos digitais em formato .dwg, .dgn, .pdf e outros compatíveis para análise e desenvolvimento de outras disciplinas
- Outros

Em caso de outros, quais informações não foram mapeadas e são possíveis extrair dos projetos de SVR e SVA?

Em caso de outros, quais informações não foram mapeadas e são possíveis extrair dos projetos de SVR e SVA?





24 - Os dados de entrada do projeto de sinalização vem de quais outros projetos?

24 A - Com quais disciplinas precisa haver troca de informações/compatibilização durante o desenvolvimento do projeto?

24 B - Que disciplinas consultam a sua no desenvolvimento dos projetos?

Etapa - Projeto de Sinalização Indicativa (SI)

25- Quais dados de entrada (*input*) necessários para elaboração do projeto de sinalização Indicativa?

- Diagnóstico
- Estudo técnico de circulação / concepção
- Levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral
- Projeto geométrico
- Projeto de acessibilidade
- Projeto de sinalização horizontal
- Projeto de sinalização vertical de regulamentação
- Projeto de sinalização vertical de advertência
- Mapa da área de abrangência do projeto identificando os principais acessos, serviços, atrativos turísticos, bairros, avenidas, equipamentos urbanos dentre outros necessários para orientação dos condutores
- Compatibilização dos projetos predecessores para análise de implantação de placas indicativas
- Informação de placas indicativas a implantar, manter e retirar
- Mapeamento com as melhores rotas, mensagens, pontos turísticos, equipamentos urbanos e informações importantes para o projeto.
- Mapeamento da circulação existente e proposta para identificação das alterações necessárias na orientação
- Informação dos nomes populares dos locais a serem implantadas as sinalizações
- Mapa com as principais rodovias de entradas e saídas da cidade
- Informação das velocidades regulamentadas ou modificadas da área de estudo.
- Outros

Em caso de outros, quais informações são necessários para elaboração dos projetos de SI?

Dos itens acima, quais desses não são importantes para elaboração dos projetos de SI?

Etapa - Projeto de Sinalização Indicativa (SI)

25 A - Quais os dados de saída (*output*) são extraídos na etapa do desenvolvimento do projeto de SI?

- Diagramação das placas com altura das letras, setas, pictogramas, cor de fundo
- Tipo de suporte, diâmetro, material e altura (tubo de aço galvanizado ou madeira imunizada)
- Detalhamento dos pictogramas das placas, setas, legendas dentre outros
- Detalhamento de cada placa desenvolvida de acordo com as indicações dos manuais do CONTRAN como cores, alturas, espaçamento entre letras dentre outros
- Especificações de materiais, películas e suportes
- Identificação do estado de conservação de todas as placas indicativas existentes e dos respectivos suportes
- Identificação das placas indicativas a implantar, manter e retirar
- Dimensões e áreas de placas a serem implantadas
- Amarração (cotagem) de toda a sinalização indicativa
- Desenvolvimento de detalhes específicos para facilitar implantação
- Outros

Em caso de outros, quais informações não foram mapeadas e são possíveis extrair dos projetos de SI?



25 B - Os dados de entrada do projeto de sinalização indicativa vem de quais outros projetos?

25 C - Com quais disciplinas precisa haver troca de informações/compatibilização durante o desenvolvimento do projeto?

25 D - Que disciplinas consultam a sua no desenvolvimento dos projetos?

Etapa - Projeto de Sinalização Ciclovária (SC)

26- Quais dados de entrada (*input*) necessários para elaboração do projeto de sinalização Ciclovária?

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Diagnóstico | <input type="checkbox"/> Estudo técnico de circulação / concepção |
| <input type="checkbox"/> Levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral | <input type="checkbox"/> Projeto geométrico |
| <input type="checkbox"/> Projeto de acessibilidade | <input type="checkbox"/> Projeto de sinalização horizontal |
| <input type="checkbox"/> Projeto de sinalização vertical de regulamentação | <input type="checkbox"/> Projeto de sinalização vertical de advertência |
| <input type="checkbox"/> Projeto de sinalização indicativa | <input type="checkbox"/> Projeto semafórico |
- Documentos das diretrizes estabelecidas na Política Nacional de Mobilidade Urbana e nos Planos de mobilidade urbana municipais
 - Informações da demanda ciclística atual através de pesquisas origem e destino e/ou outras para definição de melhores soluções
 - Informações do uso do espaço ciclovário definindo se será integrado a sistema de transporte ou instrumento de lazer
 - Informações da demanda futura através de indicadores do uso de outros transportes como transporte público e viagens a pé
 - Relatórios das características dos ciclistas locais, tipos de viagens, problemas vivenciados, mapa de acidentes e outras informações pertinentes para melhor solução do projeto
 - Mapa da rede de ciclovária existentes para conexão com as soluções desenvolvidas
 - Informações das condições de iluminação na área de estudo.
 - vistoria para avaliação do local a noite para apontar possíveis melhorias
 - Mapa com a classificação viária das áreas para tipologia solução ciclovária permitida
 - Informações do tráfego horário (hora pico) para dimensionamento do espaço ciclovário
 - Informação do material a ser utilizado na infraestrutura ciclovária
 - Informações de interseções para definição de soluções
 - Informações da programação semafórica
 - Outros

Em caso de outros, quais informações são necessários para elaboração dos projetos de SC?

Dos itens acima, quais desses não são importantes para elaboração dos projetos de SC?

Etapa - Projeto de Sinalização Ciclovária (SC)

26 A - Quais os dados de saída (*output*) são extraídos na etapa do desenvolvimento do Projeto Ciclovário?

- Tipo de suporte, diâmetro, material e altura (tubo de aço galvanizado ou madeira imunizada)
- Tipo de material da placas (aço, alumínio, poliéster reforçado com fibra de vidro e laminado fenomelamínico)
- Tipos de películas: (retrorefletivas ou não retrorefletivas de esferas inclusas, de esferas encapsuladas ou de lentes prismáticas)
- Tipos de tintas usadas na sinalização vertical: esmalte sintético ou a pintura eletrostática
- Tipo de placa - R1 - R2 e as demais com respectiva área
- Placas a implantar, manter, remover ou realocar
- Dimensões e áreas de sinalização de advertência e sinalizações especiais para ciclistas
- Sinalização Indicativa de acessibilidade a bicicletas
- Largura das linhas (0,10m, 0,15m, 0,20m ou outros), e suas extensões
- Cadência, traço ou espaçamento
- Largura das faixas condições mínimas ou desejáveis
- Largura das marcas Transversais
- Larguras das FTPS
- Áreas de marcação de cruzamentos ciclovários
- Área das setas direcionais
- Comprimento das setas direcionais
- Distâncias das setas direcionais
- Área dos símbolos
- Áreas das Legendas
- Detalhes dos símbolos, legendas e setas
- Detalhes padrões de interseções
- Tipo de material a ser usado nas pinturas e marcações no pavimento
- Tipos de dispositivos auxiliares e segregadores a serem utilizados
- Outros

Em caso de outros, quais informações não foram mapeadas e são possíveis extrair dos projetos ciclovários?



26 B - Os dados de entrada do projeto ciclovitário vem de quais outros projetos?

26 C - Com quais disciplinas precisa haver troca de informações/compatibilização durante o desenvolvimento do projeto?

26 D - Que disciplinas consultam a sua no desenvolvimento dos projetos?

Etapa - Projeto de Sinalização Semafórica (SS)

27- Quais dados de entrada (*input*) necessários para elaboração do projeto de sinalização Semafórica?

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Diagnóstico | <input type="checkbox"/> Estudo técnico de circulação / concepção |
| <input type="checkbox"/> Levantamento topográfico planialtimétrico e cadastral | <input type="checkbox"/> Projeto geométrico |
| <input type="checkbox"/> Projeto de acessibilidade | <input type="checkbox"/> Projeto de sinalização horizontal |
| <input type="checkbox"/> Projeto de sinalização vertical de regulamentação | <input type="checkbox"/> Projeto de sinalização vertical de advertência |
| <input type="checkbox"/> Projeto de sinalização indicativa | |

- Mapa da área de abrangência do projeto identificando os principais acessos, serviços, atrativos turísticos, bairros, avenidas, dentre outros necessários para orientação dos condutores
- Compatibilização dos projetos predecessores para análise de implantações de placas indicativas
- Informações das placas indicativas a implantar, manter e retirar
- Mapa com as melhores rotas, mensagens, pontos turísticos e informações importantes para o projeto
- Informações dos nomes populares dos locais a serem implantadas as sinalizações
- Outros

Em caso de outros, quais informações são necessários para elaboração dos projetos de SS?

Dos itens acima, quais desses não são importantes para elaboração dos projetos de SS?



Etapa - Projeto de Sinalização Semafórica (SS)

27 A - Quais os dados de saída (*outputs*) são extraídos na etapa do desenvolvimento do Projeto Semafórico?

- Diagrama de conflitos
- Diagrama de estágios
- Programação semafórica
- Forma do foco (pedestre quadrada, veículo circular)
- Dimensões das lentes
- Tipo de semáforo (veicular, ciclistas, faixas reversíveis, pedestres ou sinal de advertência)
- Compatibilização com o projeto de sinalização horizontal para implantação de LRE e FTP (caso haja foco de pedestre)
- Compatibilização com o projeto de sinalização vertical (A-14)
- Compatibilização com o projeto cicloviário para implantação da MCC
- Tipo do elemento de sustentação (colunas, braços projetados, cordoalhas e pórticos)
- Tipo do controlador (controladores eletromecânicos, controladores eletrônicos)
- Tipo de detectores de tráfego (laços detectores indutivos, laços virtuais por tratamento de imagem, detectores por microondas, detectores magnéticos, detectores por radiação infravermelha)
- Tipo de Botoeiras (compatibilização com o projeto de sinalização)
- Amarração (cotagem) de toda a sinalização semafórica
- Detalhamento dos semáforos padrões para facilitar implantação
- Outros

Em caso de outros, quais informações não foram mapeadas e são possíveis extrair dos projetos semafóricos?



27 B - Os dados de entrada do projeto semafórico vem de quais outros projetos?

27 C - Com quais disciplinas precisa haver troca de informações/compatibilização durante o desenvolvimento do projeto?

27 D - Que disciplinas consultam a sua no desenvolvimento dos projetos?

Etapa - Levantamento de Quantitativos e Orçamento

28 - Quais dados de entrada (*input*) necessários para elaboração das planilhas de quantitativos e orçamentação?

- Projeto geométrico
- Projeto de acessibilidade
- Projeto de sinalização horizontal
- Projeto de sinalização vertical de Regulamentação
- Projeto de sinalização vertical de Advertência
- Projeto de sinalização indicativa
- Projeto semafórico
- Projeto de sinalização cicloviária
- Outros

Em caso de outros, quais informações são necessários para elaboração do Levantamento de Quantitativos e Orçamento?

Dos itens acima, quais desses não são importantes para elaboração dos projetos de Levantamento de Quantitativos e Orçamento?

Etapa - Levantamento de Quantitativos e Orçamento

28 A - Quais os dados de saída (*output*) são extraídos na etapa de elaboração dos quantitativos e orçamentação?

- () Planilha de quantitativos do projeto geométrico (pavimentação a implantar, calçada a implantar, área de jardim a implantar, meio fio a implantar, supressão de árvores, realocação de árvores, mobiliário urbanos a retirar, implantar, sarjetas à implantar, boca de lobo a remover, implantar e manter dentre outros)
- () Planilha de quantitativos do projeto de acessibilidade (rebaixo a remover, implantar, manter, sinalização tátil de alerta, direcional, concreto ou pisos de concretos para melhoria da aderência da calçada, grelhas e boca de lobo acessível dentre outros)
- () Planilha de quantitativos de sinalização horizontal por tipo de material, termoplásticos aspergido, extrudado retroflexivo, resina metacrílica dentre outras necessários para perfeita execução do projeto
- () Planilha de quantitativos de sinalização vertical por tipo de material, retrorrefletividade, tipo de suporte, altura dos suportes, áreas de sinalização indicativas, e tipos de suporte para as mesmas
- () Planilha de quantitativos do projeto semafórico a implantar, remover ou realocar como: colunas, porta focos, cabos, isolador, controlador eletrônico de semáforo, kit de energia padrão,
- () Planilha de orçamentos, com preços de mercado, considerando BDI de todo o projeto elaborado

Em caso de outros, quais informações não foram mapeadas e são possíveis extrair dos projetos cicloviários?



28 B - Os dados de entrada do levantamento de quantitativos e orçamentação vem de quais outros projetos?

28 C - Com quais disciplinas precisa haver troca de informações/compatibilização durante o desenvolvimento do projeto?

28 D - Que disciplinas consultam a sua no desenvolvimento dos projetos?



29 - Os dados de entrada dos projetos complementares vem de quais outros projetos?

29 A - Com quais disciplinas precisa haver troca de informações/compatibilização durante o desenvolvimento do projeto?

29 B - Que disciplinas consultam a sua no desenvolvimento dos projetos?

APÊNDICE III – QUESTIONÁRIO EMPRESAS – PVU

**Proposta de um fluxo de processos para
desenvolvimento de projetos viários urbanos
utilizando a Metodologia BIM**

*Entrevista semiestruturada para pesquisa de dissertação
do Departamento de Engenharia de Transportes e
Geotecnia da Universidade Federal de Minas Gerais.*

*Orientador: Marcelo Franco Porto
Aluno: Israel Gustavo Freitas Figueredo*

Belo Horizonte
Dezembro/2022

01 - Qual a sua formação acadêmica?

- Arquiteto e Urbanista
- Engenheiro Civil
- Engenheiro Mobilidade/Tráfego
- Técnico em Transporte
- Técnico em Estradas
- Outros _____

02 - Qual o seu cargo na empresa?

- Supervisor de Projetos
- Gerente de Projetos
- Analista de Projetos
- Engenheiro
- Arquiteto
- Outro _____

03 - Tempo de atuação profissional na empresa que está inserido(a)?

- Até 5 anos
- Entre 5 a 10 anos
- 10 a 15 anos
- Mais de 15 anos

04 - Tempo de atuação da empresa no mercado?

- Até 5 anos
- Entre 5 a 10 anos
- 10 a 15 anos
- Mais de 15 anos

05 - Número em projetos que a empresa já desenvolveu na área ?

- Até 50 projetos
- Entre 50 a 100 projetos
- 100 a 200 projetos
- Mais de 200 projetos



PARTE II - Elaboração de Projetos

06 - Quais *softwares* utilizados na empresa?

- Autocad
- Revit
- Civil 3D
- Microstation
- Archicad
- Infraworks
- Pacote Office (Word, Excel, Power Point)
- Outros _____

07 - A empresa possui cronograma para o desenvolvimento dos projetos?

- Sim
- Não

08 - Os prazos estipulados para elaboração dos projetos são cumpridos?

- Sim
- Não

08 A - Qual a taxa de incidência de atraso na entrega dos projetos?

- Em até 25% dos projetos
- Entre 25 % a 50% dos projetos
- Entre 50% a 75% dos projetos
- Mais de 75% dos projetos

08 B - Quais os motivos para o atraso na entrega dos projetos?

09- Há um checklist para o desenvolvimento dos projetos?

- Sim
- Não

10 - Ocorrem retrabalhos no desenvolvimento dos projetos?

- Sim
- Não

11 - Qual a taxa de incidência de retrabalhos nos projetos?

- Em até 25% dos projetos
- Entre 25 % a 50% dos projetos
- Entre 50% a 75% dos projetos
- Mais de 75% dos projetos

12 - Quais documentos, normas, manuais, cartilhas a empresa utiliza para elaboração dos projetos?

13 - Há reuniões com a equipe no início do desenvolvimento dos projetos?

- Sim
- Não

14 - A empresa possui um fluxo de processos geral para elaboração do PVU?

- Sim
- Não

15 - É elaborado um fluxo para cada projeto contratado?

- Sim
- Não

16 - Como é realizado a compatibilização dos projetos? Qual momento do processo é feito?

17 - Em qual momento é realizado a revisão dos projetos? Qual momento do processo é feito?

18 - Quais os entregáveis elaborados pela empresa?

- Estudo de Tráfego (relatório Word ou compatíveis)
- Diagnóstico (relatório Word ou compatíveis)
- Projeto Funcional CAD 2D
- Projeto Básico CAD 2D
- Projeto Executivo CAD 2D
- Projeto Básico CAD 3D
- Projeto Executivo CAD 3D
- Memorial Descritivo em formato Word ou compatíveis
- Planilha de quantitativo em formato Excel ou compatíveis
- Planilha de orçamento em formato Excel ou compatíveis
- Outro _____

19 - De que maneira os entregáveis chegam nos órgãos competentes para análise?

- Papel
- Arquivo Digital por e-mail
- Arquivos digitais por site
- Arquivo Digital em Cd, pendrive ou outros compatíveis
- Papel e Digital



APÊNDICE IV – QUESTIONÁRIO AVALIATIVO 1º ARTEFATO

**Proposta de um fluxo de processos para
desenvolvimento de projetos viários urbanos
utilizando a Metodologia BIM**

*Questionário de avaliação do fluxo de processos para
pesquisa de dissertação do Departamento de
Engenharia de Transportes e Geotecnia da Universidade
Federal de Minas Gerais.*

*Orientador: Marcelo Franco Porto
Aluno: Israel Gustavo Freitas Figueredo*

Belo Horizonte
Janeiro/2023

Questionário de Avaliação do fluxo de Processos

Este é um fluxo de processos básico para elaboração de um projeto viário urbano, podendo servir como referência para você ou sua empresa adaptar para um caso concreto, e também nortear para desenvolvimento de novos fluxos considerando cada disciplina do projeto e suas etapas.

Para responder o questionário favor considerar a escala de cores onde:

- 0 1 2 3 4
- Nenhuma Pouca Média Boa Alta

01 - Para você esse fluxo de processos é de fácil compreensão?

- 0 Nenhuma compreensão
- 1 Pouca compreensão
- 2 Média compreensão
- 3 Boa compreensão
- 4 Alta compreensão

02- Você acredita que esse fluxo de processos é aplicável?

- 0 Nenhuma aplicabilidade
- 1 Pouca aplicabilidade
- 2 Média aplicabilidade
- 3 Boa aplicabilidade
- 4 Alta aplicabilidade

03 - É possível expandir o fluxo para as diversas disciplinas do projeto viário urbano?

- 0 Nenhuma aplicabilidade
- 1 Pouca aplicabilidade
- 2 Média aplicabilidade
- 3 Boa aplicabilidade
- 4 Alta aplicabilidade



04 - O fluxograma contempla todas as etapas para o desenvolvimento do projeto?

- Sim
- Não

05 - Você está de acordo com o fluxo apresentado?

06 - Após análise, quais alterações você faria no fluxo de processos?

07 - Após análise, gostaria de comentar algo a mais que não foi considerado na avaliação e acha importante expor?



APÊNDICE V – QUESTIONÁRIO ESPECIALISTAS BIM

**Proposta de um fluxo de processos para
desenvolvimento de projetos viários urbanos
utilizando a Metodologia BIM**

*Questionário de avaliação do fluxo de processos para
pesquisa de dissertação do Departamento de
Engenharia de Transportes e Geotecnia da Universidade
Federal de Minas Gerais.*

*Orientador: Marcelo Franco Porto
Aluno: Israel Gustavo Freitas Figueredo*

Belo Horizonte
Setembro/2023

01 - Qual a sua formação acadêmica?

- Arquiteto e Urbanista
- Engenheiro Civil
- Engenheiro Mobilidade/Tráfego
- Técnico em Transporte
- Técnico em Estradas
- Outros _____

02 - Qual o seu nível de escolaridade?

- Técnico
- Superior
- Especialização
- Mestrado
- Doutorado
- Pós doutorado

03 - Possui especialização em BIM?

- sim não

Se sim, qual? _____

04 - Qual a sua função no desenvolvimento de projetos em BIM?

- BIM Manager
- Coordenador de Projeto
- Especialista BIM
- Modelador BIM
- Outro _____

05 - Tempo de atuação profissional em projetos BIM?

- Até 3 anos
- Entre 3 a 5 anos
- 5 a 7 anos
- Mais de 7 anos

APÊNDICE VI – QUESTIONÁRIO AVALIATIVO 2º ARTEFATO

Questionário de Avaliação do fluxo de Processos

Este é um fluxo de processos básico para elaboração de um projeto viário urbano, podendo servir como referência para você ou sua empresa adaptar para um caso concreto, e também nortear para desenvolvimento de novos fluxos considerando cada disciplina do projeto e suas etapas.

Para responder o questionário favor considerar a escala de cores onde:

- | | | | | |
|---------|-------|-------|-----|------|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Nenhuma | Pouca | Média | Boa | Alta |

06 - Para você esse fluxo de processos é de fácil compreensão?

- 0 Nenhuma compreensão
- 1 Pouca compreensão
- 2 Média compreensão
- 3 Boa compreensão
- 4 Alta compreensão

07- Você acredita que esse fluxo de processos é aplicável?

- 0 Nenhuma aplicabilidade
- 1 Pouca aplicabilidade
- 2 Média aplicabilidade
- 3 Boa aplicabilidade
- 4 Alta aplicabilidade

08 - Através do fluxo criado é possível adapta-lo para utilizar em outros tipos de projetos de infraestrutura?

- 0 Nenhuma adaptabilidade
- 1 Pouca adaptabilidade
- 2 Média adaptabilidade
- 3 Boa adaptabilidade
- 4 Alta adaptabilidade



09 - Você está de acordo com o fluxo apresentado?

10 - Após sua análise, gostaria de comentar algo a mais que não foi considerado na avaliação e acha importante expor?

