



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

**MARIA CECILIA DE SOUZA E SOUZA**

**APLICAÇÃO DO BIM NO SETOR DE INFRAESTRUTURA: ESTUDO EM UMA**  
**COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO RN**

**NATAL/RN**

**2020**

MARIA CECILIA DE SOUZA E SOUZA

APLICAÇÃO DO BIM NO SETOR DE INFRAESTRUTURA: ESTUDO EM UMA  
COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO RN

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito final à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Josyanne Pinto Giesta.  
Coorientador: Prof. Dr. Reymard Sávio Sampaio de Melo.

NATAL/RN

2020

MARIA CECILIA DE SOUZA E SOUZA

APLICAÇÃO DO BIM NO SETOR DE INFRAESTRUTURA: ESTUDO EM UMA  
COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO RN

Dissertação apresentada ao curso de Pós-graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como requisito final à obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Josyanne Pinto Giesta – Orientadora (IFRN)

---

Prof. Dr. Reymard Sávio Sampaio de Melo – Coorientador (UFBA)

---

Prof. Dr. Heitor de Andrade Silva – Examinador Interno (UFRN)

---

Prof. Dr. Max Lira Veras Xavier de Andrade – Examinador Externo (UFPE)

**Natal, 15 de julho de 2020.**

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais agradeço a paciência e o carinho ao longo dessa jornada. Sou grata por ter suportado minhas ausências, as inúmeras madrugadas acordada e meu cansaço, a vocês minha gratidão.

Aos meus amigos e irmãos de fé, agradeço a atenção, a preocupação, as palavras de incentivo e o sustento através da intercessão por meio da oração. Aos meus companheiros de mestrado, em meio aos desafios e dificuldades da atividade de pesquisa, muito obrigada pelo auxílio e convivência durante esse tempo.

Meu agradecimento particular a Breno Otávio Ferreira da Silva e ao Jezrael Wenderson Moura de Souza, pelo auxílio no desenvolvimento dessa pesquisa de mestrado; aos colegas de mestrado Luane Assunção e Wesley Eunatan pela ajuda na condução do grupo focal. A todos meu muito obrigada.

A Caern, em especial, pela disponibilidade de permitir o desenvolvimento desse trabalho na empresa; a todas as organizações visitadas e seus servidores e colaboradores, que me receberam e dispuseram de seu tempo e de informações relevantes para essa pesquisa, meu agradecimento.

Por fim, a minha orientadora, professora dr. Josyanne Pinto Giesta e ao meu coorientador, professor dr. Reymard Sávio Sampaio de Melo, sou grata pela confiança em mim depositada, pelas orientações e paciência na supervisão das atividades.

As vossas universidades, as vossas empresas, as vossas organizações são canteiros de esperança para construir outras modalidades de entender a economia e o progresso, para combater a cultura do descarte, para dar voz a quantos não a têm, para propor novos estilos de vida.

Papa Francisco.

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN  
Sistema de Bibliotecas – SISBI  
Catalogação de Publicação da Fonte. UFRN – Biblioteca Central Zila Mamede

Souza, Maria Cecilia de Souza e.

Aplicação do BIM no setor de infraestrutura: estudo em uma companhia de água e esgoto do RN / Maria Cecilia de Souza e Souza. - 2020.

186 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Josyanne Pinto Giesta.

Coorientador: Prof. Dr. Reymard Sávio Sampaio de Melo.

1. BIM - Dissertação. 2. Building Information Modelling - Dissertação. 3. Projeto - Dissertação. 4. Infraestrutura - Dissertação. 5. Saneamento - Dissertação. I. Giesta, Josyanne Pinto. II. Melo, Reymard Sávio Sampaio de. III. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 628.3 (813.2)

## RESUMO

A infraestrutura é considerada fundamental para a produtividade e o desenvolvimento econômico de um país, pois integra mercados e conecta agentes econômicos, auxilia na redução de custos e no fluxo de informações. Em boa parte dos países, o investimento em infraestrutura está no rol das prioridades político-econômicas. Porém, o Brasil é um dos que menos investem no setor: o aporte atual está em torno de 2% do PIB, enquanto China, por exemplo, aplica 7% do seu PIB. Além de escasso e mal aplicado, parte do investimento brasileiro em infraestrutura também acaba retido em obras paralisadas, que em 2017, segundo o Ministério do Planejamento, representava 18,5% do total dos projetos parados. Reconhecendo a relevância e os benefícios do BIM para o mercado da construção civil, o Governo Federal passou a exigir a adequação de órgãos da administração pública federal - entre eles o Ministério da Infraestrutura - ao paradigma BIM, através da publicação dos Decretos nº 9.983/2019 e nº 10.306/2020. Diante desse cenário, surge o interesse e a importância de se analisar e avaliar a aplicabilidade da Modelagem da Informação da Construção em empreendimentos de Infraestrutura. O objetivo geral dessa dissertação de mestrado é propor diretrizes que auxiliem a introdução do Building Information Modeling no processo de projeto do setor de projetos de uma empresa pública de saneamento do Estado do Rio do Grande do Norte. Para tanto, o método de pesquisa empregado foi o Design Science Research, que divide a condução das atividades em cinco etapas (conscientização do problema, sugestão, desenvolvimento, avaliação e conclusão), abarcando um estudo empírico no setor de projetos de uma empresa pública de saneamento (Caern), um estudo diagnóstico sobre a adoção do BIM em órgãos públicos do Rio Grande do Norte (18 organizações ao todo), a proposição de um método (artefato) composto de diretrizes que orientam a adoção do BIM no processo de projeto de redes de abastecimento de água e esgotamento sanitário e sua avaliação em relação a generalidade, operacionalidade e facilidade de utilização por meio da técnica de grupo focal. Os resultados revelaram que o setor de projetos da Caern, que ainda trabalha de forma tradicional, convive com a carência de padrões gráficos e de procedimentos, poucas soluções tecnológicas e o trabalho não colaborativo; metade das organizações do diagnóstico do BIM no RN possui alguma iniciativa para adoção do BIM; o método proposto foi bem avaliado, considerado fácil de usar, funcional e generalizável, porém difícil de implementar. No geral, percebe-se como o setor de infraestrutura ainda carece de estudos e delimitações para uso do BIM e esta pesquisa contribui para que o setor da infraestrutura possa inserir o BIM em seus fluxos e processos de trabalho.

Palavras-chave: BIM. Building Information Modeling. Projeto. Infraestrutura. Saneamento.

## **ABSTRACT**

Infrastructure is considered a fundamental factor for the productivity and economic development of a country, given that it integrates markets, connects economic agents and helps with cost reduction and information flow. In many countries, infrastructure investment is viewed as a political and economic priority. Brazil, however, is one of the countries that invests the least in the sector: currently less than 2% of its Gross Domestic Product (GDP), while China, for example, invests 7% of its GDP. In addition to being scarce and poorly applied, part of the Brazilian investment in infrastructure ends up retained in suspended construction projects which, in 2017, represented 18,5% of the halted projects, according to the Brazilian Ministry of Planning. Having in mind the relevance and benefits of BIM (Building Information Modeling) for the construction industry, the Brazilian Federal Government has started to require an adjustment of federal public administration agencies - among them the Ministry of Infrastructure - to BIM, through the Decrees 9.983/2019 and 10.306/2020. In view of these circumstances, there is a growing interest and importance in analyzing and evaluating the applicability of BIM in infrastructure enterprises. The general objective of this dissertation is to propose guidelines to facilitate the introduction of BIM in processes of the projects sector of a public sanitation company in the state of Rio Grande do Norte, Brazil. For this purpose, the applied research method was the Design Science Research, which divides the conduction of activities in five main steps (awareness of the problem, suggestion, development, evaluation and conclusion), involving an empirical study in the projects sector of a public sanitation company (the Water and Sewage Company of Rio Grande do Norte - Caern), a diagnostic study about BIM adoption in public agencies in Rio Grande do Norte (18 agencies, in total), the proposal of a method (artefact) with guidelines for the adoption of BIM in projects of water supply and sewerage networks and its evaluation in regards to generality, operability and ease of use by applying a focus group technique. Results revealed that the projects sector at Caern still operates in a traditional manner, and deals constantly with a lack of graphical standards and procedures, scarcity of technological solutions and with non-collaborative work; that half of the agencies analyzed in the diagnostic study have developed initiatives for BIM adoption; that the proposed method was well evaluated, considered easy to use, functional and generalizable, albeit hard to implement. Generally, the infrastructure sector noticeably still lacks studies and delimitations for the use of BIM, and this research contributes to BIM insertion in its workflow and processes.

Keywords: BIM. Building Information Modeling. Design. Infrastructure. Sanitation.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 1 - Três fases gerais de um empreendimento. ....                                     | 28  |
| Figura 2 - Aplicação do BIM nas etapas do ciclo de vida de um empreendimento. ....          | 29  |
| Figura 3 - Três dimensões fundamentais do BIM. ....                                         | 30  |
| Figura 4 - Cinco níveis de LOD ( <i>Level of Development</i> ). ....                        | 33  |
| Figura 5 - Os 25 usos do BIM. ....                                                          | 36  |
| Figura 6 - Ciclo de vida de uma obra militar. ....                                          | 44  |
| Figura 7 – Dados da estratégia de implementação do BIM no DNIT. ....                        | 45  |
| Figura 8 - Resumo da sequência metodológica da RSL. ....                                    | 53  |
| Figura 9 - Esquema: resumo da seleção de fontes bibliográficas. ....                        | 54  |
| Figura 10 – Delineamento adotado para a pesquisa. ....                                      | 77  |
| Figura 11 - Fluxograma do questionário utilizado no diagnóstico do BIM no RN. ....          | 80  |
| Figura 12 - Fluxograma de questionário diagnóstico aplicado na GPR. ....                    | 84  |
| Figura 13 – Momento de acolhida dos participantes do grupo focal. ....                      | 87  |
| Figura 14 – Dois grupos formados para discussão do artefato. ....                           | 88  |
| Figura 15 - Organograma geral da Diretoria de Empreendimentos. ....                         | 100 |
| Figura 16 - Fluxograma da primeira versão do artefato. ....                                 | 114 |
| Figura 17 - Perfil de capacitação BIM. ....                                                 | 115 |
| Figura 18 - Usos BIM. ....                                                                  | 116 |
| Figura 19 - Fases da primeira versão do fluxograma de elaboração de Projetos de Redes. .... | 118 |
| Figura 20 - Segunda versão do artefato. ....                                                | 126 |
| Figura 21 - Fluxograma do projeto-piloto. ....                                              | 131 |
| Figura 22 - Fases do roteiro de adequação. ....                                             | 132 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfico 1 - Artigos publicados por ano. ....                                           | 55  |
| Gráfico 2 - Publicações por país.....                                                  | 55  |
| Gráfico 3 - Autores que mais publicaram.....                                           | 56  |
| Gráfico 4 - Palavras-chave mais utilizadas. ....                                       | 57  |
| Gráfico 5 - Publicações por evento.....                                                | 58  |
| Gráfico 6 - Publicações por periódico. ....                                            | 58  |
| Gráfico 7 - Adesão às expressões de pesquisa. ....                                     | 59  |
| Gráfico 8 - Termos que se referem ao BIM na infraestrutura adotados pelas fontes. .... | 59  |
| Gráfico 9 - Tipos de infraestrutura. ....                                              | 60  |
| Gráfico 10 - Termos citados. ....                                                      | 61  |
| Gráfico 11 - Cargo/função ocupado na organização. ....                                 | 89  |
| Gráfico 12 – Área do conhecimento.....                                                 | 90  |
| Gráfico 13 – Nível de escolaridade. ....                                               | 90  |
| Gráfico 14 – Tempo de experiência profissional.....                                    | 91  |
| Gráfico 15 – Tempo de atuação no órgão.....                                            | 91  |
| Gráfico 16 - Esfera de atuação a qual o órgão está vinculado.....                      | 92  |
| Gráfico 17 - Nível de atuação da organização.....                                      | 93  |
| Gráfico 18 - Área de atuação.....                                                      | 93  |
| Gráfico 19 - Conhece o termo BIM.....                                                  | 94  |
| Gráfico 20 - Conhecimento da publicação do Decreto nº 9.983/2019. ....                 | 95  |
| Gráfico 21 - Posicionamento pessoal em relação ao BIM.....                             | 95  |
| Gráfico 22 - Uso do BIM ou iniciativa para tal nas organizações.....                   | 96  |
| Gráfico 23 - Fase do processo que está inserido. ....                                  | 101 |
| Gráfico 24 - Softwares utilizados. ....                                                | 101 |
| Gráfico 25 - Entregáveis.....                                                          | 102 |
| Gráfico 26 - Forma dos entregáveis. ....                                               | 102 |
| Gráfico 27 - Prazo médio para conclusão de etapas. ....                                | 103 |
| Gráfico 28 - Taxa de cumprimento de prazos. ....                                       | 104 |
| Gráfico 29 - Principais razões para não cumprimento dos prazos. ....                   | 104 |
| Gráfico 30 - Incidência de retrabalho. ....                                            | 105 |
| Gráfico 31 - Principais razões para retrabalho. ....                                   | 105 |
| Gráfico 32 - Principais dificuldades encontradas pela equipe da GPR. ....              | 106 |

|                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------|-----|
| Gráfico 33 - Produção de projetos da GPR de 2016 a 2018..... | 111 |
|--------------------------------------------------------------|-----|

## LISTA DE QUADROS

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Quadro 1 - Ações de adesão ao BIM em municípios brasileiros.....                    | 43  |
| Quadro 2 - Objetivos do Sistema Unificado do Processo de Obras (OPUS). ....         | 44  |
| Quadro 3 – Normas BIM desenvolvidas ou traduzidas pela ABNT/ CEE-134 em vigor. .... | 46  |
| Quadro 4 - Resumo das <i>strings</i> de busca.....                                  | 52  |
| Quadro 5 – Tipos de artefato. ....                                                  | 75  |
| Quadro 6 – Organizações selecionadas para o diagnóstico do BIM no RN.....           | 79  |
| Quadro 7 – Fontes de Evidência utilizadas na pesquisa. ....                         | 82  |
| Quadro 8 - Relação de entrevistados. ....                                           | 85  |
| Quadro 9 - Corpo técnico da GPR.....                                                | 100 |
| Quadro 10 - O que, na visão da equipe, pode melhorar. ....                          | 107 |
| Quadro 11 - Questões discursivas aplicadas aos chefes e gerente. ....               | 108 |
| Quadro 12 - Definição de padrões básicos. ....                                      | 117 |
| Quadro 13 - Profissionais participantes do grupo focal. ....                        | 120 |
| Quadro 14 - Quadro resumo da avaliação do artefato. ....                            | 122 |
| Quadro 15 - Respostas discursivas. ....                                             | 122 |
| Quadro 16 - Quadro resumo de comentários e sugestões do grupo focal. ....           | 124 |
| Quadro 17 - Padrão de organização interna.....                                      | 127 |
| Quadro 18 - Estruturação básica.....                                                | 127 |
| Quadro 19 - Definições avançadas. ....                                              | 128 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Rankings de frequência e benefícios do uso do BIM. ....              | 35 |
| Tabela 2 - Classificação da infraestrutura conforme domínio e tipo.....         | 50 |
| Tabela 3 - Distribuição das publicações por <i>string</i> e base de dados. .... | 53 |
| Tabela 4 – Categorização dos artigos coletados na RSL.....                      | 65 |

## LISTA DE SIGLAS

|         |                                                                           |
|---------|---------------------------------------------------------------------------|
| AASHTO  | <i>American Association of State Highway and Transportation Officials</i> |
| ABDI    | Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial                          |
| ABES    | Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental                 |
| ABNT    | Associação Brasileira de Normas Técnicas                                  |
| AECO    | Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação                            |
| AGC     | <i>Associated General Contractors of America</i>                          |
| AIA     | <i>American Institute of Architects</i>                                   |
| ARTBA   | <i>American Road &amp; Transportation Builders Association</i>            |
| AsBEA   | Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura                      |
| AVAC    | Aquecimento, Ventilação e Ar-condicionado                                 |
| BCF     | <i>BIM Collaboration Format</i>                                           |
| BEP     | <i>BIM Execution Plan</i>                                                 |
| BIM     | <i>Building Information Modeling</i>                                      |
| BNDES   | Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social                      |
| BR      | Brasil                                                                    |
| BrIM    | <i>Bridge Information Modeling</i>                                        |
| BSI     | <i>BuildingSMART Internacional</i>                                        |
| CA      | Comissão de Análise                                                       |
| CAD     | <i>Computer Aided Design</i>                                              |
| Caern   | Companhia de Água e Esgoto do Rio Grande do Norte                         |
| CBESA   | Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental                  |
| CBIC    | Câmara Brasileira da Indústria da Construção                              |
| CEE-134 | Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção      |
| Cepal   | Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe                       |
| CI      | Comissão de Implantação                                                   |
| CIM     | <i>Civil information modeling</i>                                         |
| CIM     | <i>Civil integrated management</i>                                        |
| CIM     | <i>Construction information modeling</i>                                  |
| COMPESA | Companhia Pernambucana de Saneamento                                      |
| CS      | Certificação de Software                                                  |

|          |                                                                    |
|----------|--------------------------------------------------------------------|
| DBB      | <i>Design-Bid-Build</i>                                            |
| DNIT     | Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes             |
| DOM      | Diretoria de Obras Militares                                       |
| DSR      | <i>Design Science Research</i>                                     |
| EB       | Exército Brasileiro                                                |
| EDC      | <i>Every Day Counts</i>                                            |
| EUA      | Estados Unidos da América                                          |
| FHWA     | <i>Federal Highway Administration</i>                              |
| GAO      | Grupo de Acompanhamento de Obras                                   |
| GCE      | Gerencia de Controle de Empreendimentos                            |
| GPR      | Gerência de Projetos                                               |
| GTBIM    | Grupo Técnico BIM                                                  |
| IFC      | <i>Industry Foundation Classes</i>                                 |
| IPD      | <i>Integrated Project Delivery</i>                                 |
| Ipea     | Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada                           |
| LaBIM PR | Laboratório BIM do Paraná                                          |
| LOD      | <i>Level of Detail</i>                                             |
| LOD      | <i>Level of Development</i>                                        |
| LOI      | <i>Level of Information</i>                                        |
| MDIC     | Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior       |
| MLIT     | Ministério da Terra, Infraestrutura, Transporte e Turismo do Japão |
| MMS      | <i>Mobile Mapping System</i>                                       |
| MPDG     | Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão               |
| NBP's    | Publicações BIM Notáveis                                           |
| ND       | Nível de Desenvolvimento                                           |
| OAE's    | Obras de Arte Especiais                                            |
| ODS      | Objetivos do Desenvolvimento Sustentável                           |
| OMS      | Organização Mundial da Saúde                                       |
| ONU      | Organização das Nações Unidas                                      |
| OPUS     | Sistema Unificado do Processo de Obras                             |
| P.I.C.O  | <i>Population, Intervention, Comparison, Outcomes</i>              |
| PAC      | Programa de Aceleração do Crescimento                              |
| PIB      | Produto Interno Bruto                                              |
| PLANSAB  | Plano Nacional de Saneamento Básico                                |

|         |                                                     |
|---------|-----------------------------------------------------|
| PPI     | Projeto Piloto de Investimentos                     |
| PROART  | Programa de Manutenção e Reabilitação de Estruturas |
| RN      | Rio Grande do Norte                                 |
| ROI     | Retorno e Investimentos                             |
| RSL     | Revisão Sistemática de Literatura                   |
| SAC     | Secretaria Nacional de Aviação Civil                |
| SANEPAR | Companhia de Saneamento do Paraná                   |
| SEIL    | Secretaria de Infraestrutura e Logística do Paraná  |
| SENAI   | Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial         |
| TIM     | <i>Tunnel Information Model</i>                     |
| UACP    | Unidade de Análise e Controle de Projetos           |
| UAS     | <i>Unmanned Aircraft Systems</i>                    |
| UPOP    | Unidade de Planejamento e Orçamento de Projetos     |
| SPG     | Secretaria de Estado de Planejamento                |

## SUMÁRIO

|                                                                                     |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                           | <b>22</b> |
| 1.1 JUSTIFICATIVA .....                                                             | 23        |
| 1.2 OBJETIVOS DE PESQUISA .....                                                     | 25        |
| 1.2.1 Objetivo geral .....                                                          | 25        |
| 1.2.2 Objetivos específicos .....                                                   | 25        |
| 1.3 DELIMITAÇÕES.....                                                               | 26        |
| 1.4 ESTRUTURA DA PESQUISA.....                                                      | 26        |
| <b>2 MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO .....</b>                                | <b>28</b> |
| 2.1 DEFINIÇÃO.....                                                                  | 28        |
| 2.2 FUNDAMENTOS DO BIM.....                                                         | 29        |
| 2.3 CONCEITOS ASSOCIADOS AO BIM .....                                               | 30        |
| 2.3.1 Interoperabilidade .....                                                      | 31        |
| 2.3.2 Parametrização.....                                                           | 31        |
| 2.3.3 Nível de Desenvolvimento (ND) .....                                           | 32        |
| 2.3.4 Níveis de Maturidade.....                                                     | 33        |
| 2.4 USOS E BENEFÍCIOS DO BIM .....                                                  | 34        |
| 2.5 MANUAIS E GUIAS.....                                                            | 36        |
| 2.5.1 Guia AsBEA de Boas Práticas em BIM .....                                      | 37        |
| 2.5.2 Coletânea de Guias Implementação do BIM em construtoras e incorporadoras..... | 37        |
| 2.5.3 Coletânea Guias BIM ABDI – MDIC .....                                         | 38        |
| 2.5.4 Caderno de apresentação de projetos BIM do Governo de Santa Catarina.....     | 39        |
| 2.5.5 <i>BIM Project Execution Planning Guide 2.0</i> .....                         | 40        |
| 2.6 LEGISLAÇÃO .....                                                                | 41        |
| 2.6.1 Programas Piloto .....                                                        | 43        |
| 2.6.2 Normatização.....                                                             | 45        |
| 2.7 SÍNTESE DO CAPÍTULO.....                                                        | 46        |
| <b>3 PRODUÇÃO CIENTÍFICA DO BIM NA INFRAESTRUTURA.....</b>                          | <b>48</b> |
| 3.1 INFRAESTRUTURA.....                                                             | 48        |
| 3.2 BIM NA INFRAESTRUTURA .....                                                     | 50        |
| 3.3 SELEÇÃO DOS ESTUDOS .....                                                       | 53        |
| 3.4 DADOS BIBLIOMÉTRICOS.....                                                       | 54        |
| 3.4.1 Publicações por ano .....                                                     | 55        |

|                                                                                                              |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.4.2 Publicações por país .....                                                                             | 56        |
| 3.4.3 Autores que mais publicam .....                                                                        | 56        |
| 3.4.4 Palavras-chave mais utilizadas .....                                                                   | 56        |
| 3.4.5 Publicações por veículo de publicação .....                                                            | 57        |
| 3.5 CRITÉRIOS DE AGRUPAMENTO .....                                                                           | 58        |
| 3.5.1 Adesão aos termos de pesquisa .....                                                                    | 58        |
| 3.5.2 Classificação conforme domínio da infraestrutura .....                                                 | 60        |
| 3.6 CIM, SEUS ACRÔNIMOS E SIGNIFICADO DOS TERMOS.....                                                        | 60        |
| 3.6.1 “ <i>Construction Information Modeling</i> ” (Japão, 2012).....                                        | 61        |
| 3.6.2 “ <i>Civil Integrated Management</i> ” (EUA, 2010) .....                                               | 62        |
| 3.6.3 “ <i>Civil Information Modeling</i> ” (Hong Kong - 2016).....                                          | 63        |
| 3.6.4 “ <i>Construction Information Management</i> ” .....                                                   | 64        |
| 3.6.5 “ <i>BIM for Infrastructure</i> ” .....                                                                | 64        |
| 3.6.6 “ <i>Horizontal BIM</i> ” e “ <i>Heavy BIM</i> ” .....                                                 | 64        |
| 3.6.7 Outros termos .....                                                                                    | 64        |
| 3.7 CATEGORIZAÇÃO DOS ARTIGOS COLETADOS .....                                                                | 65        |
| 3.7.1 Implementação do CIM em agências de transporte.....                                                    | 65        |
| 3.7.2 Revisão de literatura .....                                                                            | 66        |
| 3.7.3 Teórico/conceitual .....                                                                               | 67        |
| 3.7.4 Soluções de modelagem .....                                                                            | 68        |
| 3.7.5 CIM para revisão de construtibilidade .....                                                            | 69        |
| 3.7.6 CIM na etapa de construção .....                                                                       | 69        |
| 3.8 CONSIDERAÇÕES GERAIS.....                                                                                | 69        |
| 3.9 SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E ESGOTAMENTO SANITÁRIO....                                            | 70        |
| 3.9.1 Contextualização .....                                                                                 | 71        |
| 3.9.2 Características gerais de sistemas coletivos de abastecimento de água e esgotamento<br>sanitário. .... | 73        |
| 3.10 SÍNTESE DO CAPÍTULO.....                                                                                | 74        |
| <b>4 MÉTODO DE PESQUISA .....</b>                                                                            | <b>75</b> |
| 4.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA .....                                                                             | 75        |
| 4.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....                                                                            | 76        |
| 4.2.1 Conscientização .....                                                                                  | 77        |
| 4.2.2 Sugestão.....                                                                                          | 80        |
| 4.2.3 Desenvolvimento .....                                                                                  | 81        |

|                                                                                  |            |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2.4 Avaliação .....                                                            | 85         |
| 4.2.5 Conclusão .....                                                            | 88         |
| 4.3 SÍNTESE DO CAPÍTULO.....                                                     | 88         |
| <b>5 CARACTERIZAÇÃO DO BIM EM ORGÃOS PÚBLICOS NO RN .....</b>                    | <b>89</b>  |
| 5.1 TABULAÇÃO DOS DADOS.....                                                     | 89         |
| 5.1.1 Perfil do respondente .....                                                | 89         |
| 5.1.2 Perfil da Organização .....                                                | 92         |
| 5.1.3 Conhecimento de BIM.....                                                   | 94         |
| 5.1.4 BIM na organização.....                                                    | 95         |
| 5.1.5 Manifestação Livre .....                                                   | 97         |
| 5.2 SÍNTESE DO CAPÍTULO.....                                                     | 97         |
| <b>6 ESTUDO EMPÍRICO .....</b>                                                   | <b>99</b>  |
| 6.1 A INSTITUIÇÃO .....                                                          | 99         |
| 6.2 TABULAÇÃO DAS ENTREVISTAS.....                                               | 100        |
| 6.3 DIAGNÓSTICO GPR .....                                                        | 109        |
| 6.3.1 Contexto institucional.....                                                | 110        |
| 6.3.2 Dados de produção de projetos.....                                         | 110        |
| 6.3.3 Processo de projeção atual.....                                            | 111        |
| 6.3.4 Desafios atuais.....                                                       | 111        |
| 6.4 SÍNTESE DO CAPÍTULO.....                                                     | 113        |
| <b>7 MÉTODO PARA IMPLEMENTAÇÃO DO BIM EM SETOR DE PROJETOS .....</b>             | <b>114</b> |
| 7.1 PRIMEIRA VERSÃO DO ARTEFATO .....                                            | 114        |
| 7.1.1 Definição do Perfil de Capacitação BIM.....                                | 114        |
| 7.1.2 Definição dos casos de uso BIM .....                                       | 116        |
| 7.1.3 Definição de padrões básicos .....                                         | 117        |
| 7.1.4 Fluxograma base para elaboração de Projetos de Redes de Água e Esgoto..... | 118        |
| 7.2 AVALIAÇÃO DO MÉTODO .....                                                    | 120        |
| 7.3 SEGUNDA VERSÃO DO ARTEFATO .....                                             | 124        |
| 7.3.1 Definição do Perfil de Capacitação BIM.....                                | 126        |
| 7.3.2 Definição de Padrões Básicos.....                                          | 126        |
| 7.3.3 Programa de Reciclagem Profissional.....                                   | 128        |
| 7.3.4 Programa de Disseminação do Conhecimento .....                             | 129        |
| 7.3.5 Projeto-piloto .....                                                       | 131        |

|                                                                                                                                                       |            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 7.3.6 Fluxograma Base para Elaboração de Projetos de Redes de Abastecimento de Água e Coleta de Esgoto .....                                          | 132        |
| 7.3.7 Roteiro de Adequação .....                                                                                                                      | 132        |
| 7.4 SÍNTESE DO CAPÍTULO.....                                                                                                                          | 139        |
| <b>8 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                                                                                                    | <b>140</b> |
| 8.1 LIMITAÇÕES.....                                                                                                                                   | 141        |
| 8.2 RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS .....                                                                                                        | 142        |
| <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                                                                                                               | <b>144</b> |
| <b>APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DO USO DO BIM.....</b>                                                                                 | <b>153</b> |
| <b>APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO APLICADO NA GPR.....</b>                                                                                     | <b>160</b> |
| <b>APÊNDICE C – CARTA CONVITE PARA PARTICIPAÇÃO EM GRUPO FOCAL .....</b>                                                                              | <b>164</b> |
| <b>APÊNDICE D – ROTEIRO DE CONDUÇÃO DO GRUPO FOCAL.....</b>                                                                                           | <b>166</b> |
| <b>APÊNDICE E – MATERIAL ENTREGUE AOS PARTICIPANTES DO GRUPO FOCAL .....</b>                                                                          | <b>168</b> |
| <b>APÊNDICE F – 1ª VERSÃO DO FLUXOGRAMA BASE PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE REDES DE ÁGUA E ESGOTO.....</b>                                           | <b>177</b> |
| <b>APÊNDICE G – 2ª VERSÃO DO FLUXOGRAMA BASE PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE REDES DE ÁGUA E ESGOTO – EMPREENDIMENTOS DE PEQUENO PORTE.....</b>        | <b>179</b> |
| <b>APÊNDICE H – 2ª VERSÃO DO FLUXOGRAMA BASE PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE REDES DE ÁGUA E ESGOTO – EMPREENDIMENTOS DE MÉDIO E GRANDE PORTE.....</b> | <b>181</b> |
| <b>ANEXO A – HIERARQUIA GERAL DA CAERN.....</b>                                                                                                       | <b>183</b> |
| <b>ANEXO B – LAYOUT DO ESPAÇO FÍSICO DA GERÊNCIA DE PROJETOS.....</b>                                                                                 | <b>184</b> |
| <b>ANEXO C - MAPA DO PROCESSO DE PROJETO ATUAL DA GPR.....</b>                                                                                        | <b>185</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

No ano de 2019, o Brasil foi considerado a 9ª (nona) maior economia do mundo (BUSINESS INSIDER, 2020), mas ocupou a 71ª posição no ranking de competitividade econômica e a 78ª posição no ranking de qualidade de infraestrutura do Fórum Econômico Mundial, num total de 140 países avaliados (WORLD ECONOMIC FORUM, 2019).

A infraestrutura é vista como fundamental para a produtividade, para o desenvolvimento econômico de um país e, conseqüentemente, como um dos principais atrativos para investidores e negócios. Ela integra mercados e conecta agentes econômicos, auxilia na redução de custos e no fluxo de informações. Em boa parte dos países, o investimento em infraestrutura está no rol das prioridades político-econômicas. Entretanto, dentre os países em desenvolvimento, o Brasil é um dos que menos investe no setor, e os aportes são cada vez menores. Os investimentos em infraestrutura chegaram a taxas médias anuais próximas a 7% do Produto Interno Bruto (PIB) na década de 70, mas, por causa de problemas fiscais e crises econômicas, vêm sofrendo redução desde os anos 1980. Nesse período, houve queda de mais de 5%, sendo o investimento atual, aproximadamente, 2% do PIB (GRUPO BANCO MUNDIAL, 2017; OLIVER WYMAN, 2018).

O investimento do Brasil em infraestrutura está abaixo da maioria dos países em desenvolvimento, como China (que investe quase 7% do PIB) e Índia (com taxa de, aproximadamente, 5,5% do PIB). Países que focam somente em manutenção, por possuírem uma infraestrutura desenvolvida, ainda investem mais que o Brasil cerca de 2,5%, como é o caso de Singapura e Estados Unidos (este somente em água e transporte). A precariedade dos investimentos na infraestrutura brasileira provocou um déficit no setor que atualmente abarca um estoque total de infraestrutura (saneamento, transportes, energia e telecomunicações) de 36% do PIB, quando se estima que seja necessário um estoque de 60% do PIB, considerando a universalização, modernização e melhoria na qualidade dos serviços (FRISCHTAK; MOURÃO, 2018; GRUPO BANCO MUNDIAL, 2017; OLIVER WYMAN, 2018).

O baixo investimento no setor faz da infraestrutura brasileira insuficiente e de má qualidade. Além de escasso e mal aplicado, parte do investimento acaba retido em obras paralisadas. De acordo com o Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão (MPDG), 2.796 projetos estavam paralisados em 2017, sendo que 18,5% (517 empreendimentos) são do setor de infraestrutura. Entre as razões para o atraso são apontados problemas técnicos, abandono pelas empresas e dificuldades orçamentárias e/ou financeiras (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA, 2018; OLIVER WYMAN, 2018).

No decorrer dos últimos 30 anos, vários programas de incentivo ao desenvolvimento da infraestrutura nacional foram lançados, entre eles "Brasil em Ação" (1996), "Avança Brasil" (2000), "Projeto Piloto de Investimentos – PPI" (2005), "Programa de Aceleração do Crescimento – PAC" fase 1 (2007) e fase 2 (2010). No início, os projetos financiados foram submetidos a uma seleção cuidadosa e intenso monitoramento, obtendo bons resultados, dado o número reduzido de projetos. Entretanto, em escalas maiores como o PAC, a qualidade do monitoramento e da gestão dos projetos declinaram. A problemática dos insucessos dos programas de investimento é atribuída à incapacidade de planejamento, execução e monitoramento de projetos complexos; à baixa capacidade técnica de estados, municípios e empresas construtoras; a deficiências nos mecanismos de controle; e à dificuldade dos ministérios em acompanhar e garantir execuções adequadas. Sem avanços nas instituições e processos responsáveis pelo planejamento, gestão e implementação, é muito difícil que ações de investimento na infraestrutura logrem êxito (GRUPO BANCO MUNDIAL, 2017).

### 1.1 Justificativa

Com o intuito de fomentar o desenvolvimento do setor de construção no âmbito nacional, o Governo Federal, por meio do Decreto nº 9.983 de 22 de agosto de 2019, instituiu a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM (Estratégia BIM BR), com a finalidade de promover um ambiente apropriado para o investimento em BIM e sua difusão no país e, através do Decreto nº 10.306 de 2 de abril de 2020, estabeleceu seu emprego na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia efetuadas por órgãos e entidades da administração pública federal (BRASIL, 2019a; BRASIL, 2020a). BIM, acrônimo do termo *Building Information Modeling*, é definido como um conjunto de políticas, processos e tecnologias capazes de produzir, utilizar, atualizar, comunicar e analisar modelos de construção virtual durante todo o ciclo de vida da edificação a serviço de variadas finalidades (EASTMAN *et al.*, 2014; PENTTILA, 2006; SUCCAR, 2009). Traduzido como Modelagem da Informação da Construção, o BIM é considerado no mundo todo um novo paradigma da construção civil, principalmente no desenvolvimento de projetos e no gerenciamento de obras e manutenção de ativos.

Através da Modelagem da Informação da Construção, é possível levantar quantitativos, estimar custos, realizar simulações (energéticas, acústicas, estruturais, etc.) e compatibilizar as diversas disciplinas (arquitetura, estrutura, instalações, etc.) envolvidas num projeto, prevenindo e/ou corrigindo falhas antes da execução da obra. Isso implica numa

maior confiabilidade dos projetos e, consequentemente, impacta as estimativas de custos e o cumprimento de prazos, proporcionando redução de erros e imprevistos, o que reflete diretamente no aumento da produtividade, na diminuição de riscos e na economia de recursos. Além do mais, as informações alocadas no modelo virtual favorecem o proprietário em termos de eficiência na gestão e manutenção de ativos. Com a instituição da Estratégia BIM BR, o Governo brasileiro pretende dar mais transparência aos processos licitatórios, economicidade para as compras públicas e contribuir para a otimização de processos de manutenção e gerenciamento, conferindo maior qualidade às suas obras (BRASIL, 2018b).

Sendo o cliente detentor de uma parcela considerável das obras do país e, principalmente, do campo da infraestrutura, com a publicação dos decretos, o Governo passa a exigir dos fornecedores que seus empreendimentos sejam entregues na plataforma BIM, estimulando o mercado brasileiro da construção civil como um todo. A exigência do BIM, entretanto, está proposta pelo Decreto nº 10.306/2020 de modo escalonado em fases: em janeiro de 2021, o BIM será exigido na modelagem de projetos e revisão dos modelos (disciplinas de estrutura, hidráulica e elétrica, AVAC – aquecimento, ventilação e ar-condicionado), na detecção de interferências, na extração de quantitativos e na geração de documentação gráfica, a partir desses modelos; em janeiro de 2024, adiciona-se a aplicação do BIM na execução direta ou indireta de projetos, na orçamentação e no planejamento da execução de obras, e na atualização do modelo e de suas informações como construído – *as built*; em janeiro de 2028, serão incluídos os serviços de gerenciamento e manutenção do empreendimento após a sua construção, cujos projetos e obras tenham sido realizados ou executados com uso do BIM. A princípio, serão exigidas a adesão do Exército Brasileiro, da Marinha do Brasil, da Força Aérea Brasileira, da Secretaria Nacional de Aviação Civil e do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (BRASIL, 2020a). Estas instituições, por sua vez, são responsáveis pelo processo de concepção, projeto, construção, operação e/ou manutenção de grandes e estratégicos empreendimentos e ativos de infraestrutura no Brasil. Dada a realidade de limitações no investimento em infraestrutura, a necessidade de reestruturação do setor em quantidade e qualidade para atender demandas estruturais e econômicas, aliadas à exigência de adequação ao decreto e ao potencial de qualidade, redução de tempo, custos e erros do paradigma BIM, tem-se a questão de pesquisa: como introduzir o BIM no setor de infraestrutura brasileiro?

Essa pesquisa se justifica pelas necessidades de adequação das instituições públicas e prestadores de serviço aos Decretos nº 9.983/2019 e nº 10.306/2020, mas também está fortemente apoiada pelos objetivos específicos da Estratégia BIM BR, definidos no artigo 2º

do Decreto nº 9.983/2019, nos incisos I - Difundir o conceito BIM e seus benefícios; II - Coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM; e VI - Desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para adoção do BIM (BRASIL, 2019a). Ainda dentro dos objetivos específicos, a Estratégia BIM BR propõe a execução de ações para cada objetivo. O estudo caminha em convergência com algumas delas: Sensibilizar atores sobre a importância da adoção do BIM e da necessidade de mudanças estruturais para sua implantação; reduzir desigualdades regionais no tocante à disseminação do BIM; mapear, planejar e implementar mudanças estruturantes para utilização do BIM pelo setor público; publicar documentos e referências técnicas com ênfase em infraestrutura e edificações com vistas a exigibilidade do BIM (BRASIL, 2018b)

Estudos conduzidos por Cheng, Lu e Deng (2016) e Bradley *et al.* (2016), coletaram informações a respeito do BIM no setor de infraestrutura por perspectivas diferentes e apontaram a escassez de trabalhos acadêmicos que abordem a aplicação do *Building Information Modeling* em infraestruturas de serviços públicos, entre eles sistemas de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário. Uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) abrangendo diversas expressões e termos associados ao BIM para infraestrutura, parte deste trabalho de pesquisa, identificou avanços nessa área, principalmente no domínio de transportes, mas poucos estudos no domínio de serviços públicos. O campo de atuação desta pesquisa está em convergência com as lacunas citadas, e tem os objetivos e delimitações descritos a seguir.

## **1.2 Objetivos de pesquisa**

### **1.2.1 Objetivo geral**

Este trabalho de pesquisa tem como objetivo geral propor diretrizes que auxiliem a introdução do *Building Information Modeling* no processo de projeto do setor de projetos de uma empresa pública de saneamento do Estado do Rio do Grande do Norte.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Caracterizar a utilização do BIM em órgãos públicos responsáveis por empreendimentos de infraestruturas que atuam no Rio Grande do Norte;

- Identificar o processo de projeto, as práticas atuais de trabalho e as necessidades e desafios vivenciados pela equipe de projeto da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (Caern);
- Propor um método (artefato) composto de diretrizes que orientam a adoção do BIM no processo de projeto de redes de abastecimento de água e esgotamento sanitário;

### 1.3 Delimitações

As delimitações desse estudo estão relacionadas ao contexto de desenvolvimento prático da pesquisa. As atividades foram conduzidas em uma empresa pública que atua na área de saneamento básico, Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (Caern), mais especificamente na Gerência de Projetos da companhia, que atua na captação e distribuição de água e coleta e tratamento de esgotos. Este estudo, em particular, versará sobre os sistemas de abastecimento de água e coleta de esgotos, serviços pertinentes ao domínio de infraestrutura de serviços públicos, conforme Cheng, Lu e Deng (2016). Dessa forma, possíveis características de outras realidades do setor da infraestrutura não serão contempladas.

O método de pesquisa empregado foi o *Design Science Research* (DSR) que delimita a condução das atividades de pesquisa em cinco etapas: conscientização do problema, sugestão, desenvolvimento, avaliação e conclusão. A DSR tem como finalidade a proposição de um artefato, que neste estudo é um método composto de diretrizes que orientam a adoção do BIM no processo de projeto de redes de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

### 1.4 Estrutura da pesquisa

Neste **capítulo 1**, foi feita uma breve introdução contextualizando o cenário em que está inserida a atividade de pesquisa, além de uma justificativa respaldando a relevância do trabalho, com explicitação da questão de pesquisa, do objetivo geral e dos objetivos específicos do estudo, das condições delimitadoras da pesquisa e da estruturação do trabalho.

O **capítulo 2** define em termos gerais o BIM e faz uma breve revisão sobre os fundamentos do BIM e conceitos associados ao tema. O capítulo também faz uma apresentação de publicações, como manuais e guias utilizados durante a pesquisa, assim como da legislação brasileira de BIM.

O **capítulo 3** aborda o tema da infraestrutura e apresenta uma revisão sistemática da literatura, através de artigos acadêmicos que exploram a aplicação do BIM na área de infraestrutura. Também faz uma breve abordagem sobre saneamento, apresentando definições e comentários acerca do contexto brasileiro, além de uma breve caracterização de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

No **capítulo 4**, são descritos os procedimentos metodológicos adotados para esse trabalho de pesquisa, explicitando a estratégia de pesquisa utilizada e o delineamento adotado, com a devida descrição das etapas do processo de pesquisa.

O **capítulo 5** contém a tabulação e a análise dos dados coletados com a aplicação de entrevistas em órgãos públicos atuantes no Estado do RN e respectivo diagnóstico.

O **capítulo 6** apresenta o estudo empírico desenvolvido nesse trabalho de pesquisa. O estudo aconteceu numa empresa pública do RN e é composto pela caracterização genérica da instituição e do setor específico estudado, pela tabulação de dados provenientes da realização de entrevistas, e por um diagnóstico elaborado a partir de variadas fontes de evidência.

No **capítulo 7**, está retratada a construção do método proposto. Nele estão contidos o desenvolvimento de diretrizes para a implantação do BIM na empresa estudada, as contribuições e sugestões por ocasião da avaliação do método e a proposta de melhoria do método após a avaliação.

O **capítulo 8** trata das considerações finais, onde são comentadas as principais contribuições dessa dissertação, as limitações da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO

O presente capítulo dá a definição geral do BIM e expõe uma breve revisão sobre os fundamentos do BIM e conceitos associados ao tema. Apresenta também publicações como manuais e guias utilizados durante a pesquisa e aborda a legislação brasileira de BIM.

### 2.1 Definição

O *Building Information Modeling* (BIM) ou Modelagem da Informação da Construção pode ser definido como um conjunto inter-relacionado de políticas, processos e tecnologias, capazes de produzir, utilizar ou atualizar um modelo virtual de informações da edificação (SUCCAR, 2009). Outra definição indica que o BIM é baseado em uma tecnologia de modelagem e em um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção (EASTMAN *et al.*, 2014). No Brasil, o Decreto nº 9.983/2019 define BIM como:

[...] o conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, de forma a servir a todos os participantes do empreendimento, potencialmente durante todo o ciclo de vida da construção. (BRASIL, 2019a).

Isto é, está na definição do *Building Information Modeling* a aplicabilidade do paradigma durante todas as etapas do ciclo de vida de um empreendimento, partindo da concepção, passando pelo desenvolvimento do projeto, pela construção, operação e manutenção, e finalizando com a demolição da edificação (Figura 2). Ou seja, o modelo contempla as três fases gerais de um empreendimento: pré-construção, construção e pós-construção (Figura 1).

Figura 1 - Três fases gerais de um empreendimento.



Fonte: Adaptado de CBIC (2016).

Figura 2 - Aplicação do BIM nas etapas do ciclo de vida de um empreendimento.



Fonte: Adaptado de Brasil (2017b).

## 2.2 Fundamentos do BIM

Segundo Brasil (2017b), três dimensões fundamentais embasam a efetiva implantação do BIM: tecnologia, pessoas e processos, vinculadas entre si por Procedimentos, Normas e Boas Práticas, como explicitado na Figura 3.

A dimensão “tecnologia” abarca a infraestrutura necessária para a operação, os computadores, servidores e equipamentos relacionados, softwares, sistemas de armazenamento e segurança de dados, redes de internet e intranet, e o treinamento e aculturação necessários aos usuários da tecnologia no processo BIM. A escolha da infraestrutura de implantação precisa ser devidamente analisada, considerando o funcionamento próprio da organização, a opinião dos profissionais técnicos, as experiências vividas por outras organizações e o suporte fornecido pelos fornecedores.

A dimensão “pessoas” é crucial na estratégia de implantação do BIM. Os profissionais precisam ter a experiência necessária, saber trabalhar em equipe, ser disponíveis

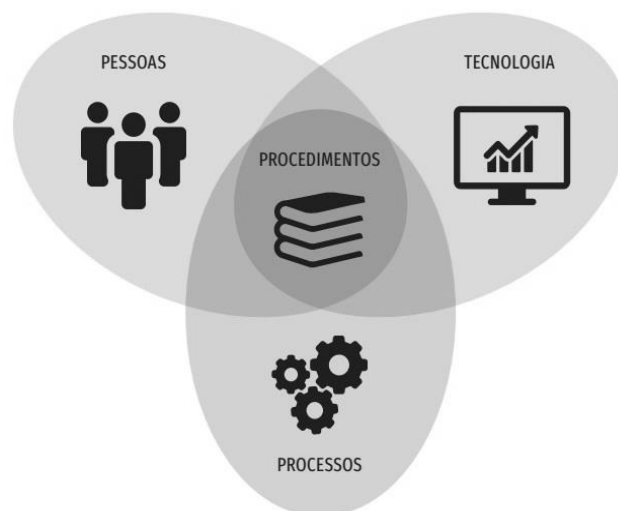
à mudanças e manterem-se constantemente atualizados em tecnologia. As partes envolvidas no processo de projeto precisam saber detectar falhas ou possibilidade de melhorias e fazer as devidas comunicações, de modo mais eficiente, a quem seja de interesse, sempre com nível de informação adequado para a tomada de decisões e de ações necessárias para a correção de falhas ou a viabilização da melhoria.

A dimensão “processo” abrange os processos internos, bem como os processos interempresariais. Compreende toda a dinâmica de trabalho, envolvendo o fluxo de trabalho, cronograma, os entregáveis, a comunicação, a determinação de funções, o sistema de armazenamento de dados, arquivos e informações, o nível de detalhe em cada fase e a discriminação do uso do modelo em todos os ciclos de vida da edificação.

Todas as três dimensões anteriormente comentadas são atreladas entre si por Procedimentos, Normas e Boas Práticas. Eles são “o conjunto de documentos que regula e consolida os processos e as políticas de pessoal, práticas comerciais e o uso e operação da infraestrutura tecnológica.” (BRASIL, 2017b, p. 11).

A implantação do BIM numa organização compreende uma reestruturação estratégica da organização como um todo, principalmente na dinâmica de trabalho, que passa pela documentação adequada dos novos procedimentos adotados, inclusive devendo incidir sobre documentação contratual.

Figura 3 - Três dimensões fundamentais do BIM.



Fonte: Adaptado de Brasil (2017b).

## 2.3 Conceitos associados ao BIM

Esse tópico aborda conceitos fundamentais associados à metodologia BIM.

### 2.3.1 Interoperabilidade

Interoperabilidade pode ser definida como a capacidade que sistemas ou softwares distintos possuem de se comunicarem e trocarem dados entre si, bem como utilizar as informações que foram trocadas (CBIC, 2016).

Na busca da formulação de padrões e fluxos de trabalhos abertos para troca de informações, a *buildingSMART Internacional* (BSI) passou a desenvolver formatos padrão internacionais de arquivos que permitam a interoperabilidade, entre eles o IFC e o BCF.

#### 2.3.1.1 IFC

O *Industry Foundation Classes* (IFC) é um padrão internacional aberto e neutro (independente de fabricante) capaz de permitir a interoperabilidade de dados sem perda ou distorção da informação. Como forma de validar a capacidade técnica de softwares para troca de dados em IFC, a BSI criou a Certificação de Software (CS), que garante a importação e exportação de modo correto e consistente dos dados da IFC entre partes interessadas (BUILDINGSMART INTERNACIONAL, 2020a).

#### 2.3.1.2 BCF

O *BIM Collaboration Format* (BCF) é um padrão aberto, que opera através da transferência de dados no formato XML e aperfeiçoa o fluxo de informações e a colaboração entre projetistas. O BCF permite a comunicação de informações contextualizadas sobre uma questão ou problema presente no modelo BIM entre aplicativos distintos (BUILDINGSMART INTERNACIONAL, 2020b; GONÇALVES JR, 2018).

### 2.3.2 Parametrização

Um modelo BIM é construído a partir da inserção e interação de diversos componentes BIM, que nada mais são do que “objetos virtuais” que simulam um objeto construído ou a ser construído. Um objeto paramétrico é um componente que pode ser editável automaticamente sem necessidade de redesenho. Dessa forma, parâmetros alterados ou adicionados no modelo que se relacionem com esse objeto provocarão uma alteração automática e imediata no objeto paramétrico. Por exemplo, uma modificação na largura de uma porta implicará na atualização automática da parede a que está vinculada e modificações

nas especificações de materiais são refletidas imediatamente nas planilhas anexadas ao modelo (BRASIL, 2017b).

Além do objeto paramétrico, há também o projeto paramétrico (ou design paramétrico, ou modelagem paramétrica). Nessa modalidade de projeto “[...] são os parâmetros de um projeto específico que são declarados, não sua forma.” (KOLAREVIC 2000, p.4, tradução nossa). Ou seja, “[...] novas formas ou configurações são obtidas à medida que novos valores são atribuídos aos parâmetros disponíveis, o que remete a relações de vínculos e interdependências entre dados e geometrias.” (ALMEIDA, 2018, p.50). São exemplos de ferramentas computacionais que trabalham com projeto paramétrico o Dynamo e o Grasshopper.

### 2.3.3 Nível de Desenvolvimento (ND)

O *Level of Development* (LOD) é um termo criado pelo *American Institute of Architects* (AIA) e representa uma estrutura conceitual para organizar as etapas do desenvolvimento de um projeto em BIM, estabelecendo, de forma sucinta, o detalhamento das informações necessárias a cada etapa do projeto, permitindo que os diversos participantes da equipe de trabalho compreendam o nível de desenvolvimento em que precisam trabalhar (MANZIONE; MELHADO, 2013).

A sigla LOD, além de representar *Level of Development* (ou Nível de Desenvolvimento), também pode ser interpretada como sendo o *Level of Detail* (ou Nível de Detalhamento). Porém, ambas as interpretações possuem significados diferentes: enquanto o Nível de Desenvolvimento está relacionado ao grau de conceituação da geometria e informações dos elementos, ou seja, a confiabilidade do modelo, o Nível de Detalhamento refere-se à quantidade de detalhe que é incluída no modelo (BRASIL, 2017b).

Há ainda o *Level of Information* (LOI), traduzido como Nível de Informação, que está relacionado ao nível de detalhamento das informações contidas nos elementos, e diz respeito ao conteúdo não gráfico dos modelos em cada etapa do desenvolvimento (ASBEA, 2013b).

O *Level of Development* é uma orientação que permite especificar o conteúdo – geometria e informação – do modelo BIM que deve ser entregue nas várias etapas do processo de projeção, viabilizando especificar as entregas BIM e prover um padrão possível de ser reportado nos contratos e planos de execução BIM (PEREIRA, 2017). O AIA propôs, no

documento de 2015 *Project BIM Protocol Form* (G202-2013), cinco níveis de Nível de Desenvolvimento, representados na Figura 4.

Figura 4 - Cinco níveis de LOD (*Level of Development*).



Fonte: Adaptado de Bimlab (2016).

Posteriormente, o grupo de trabalho do BIMForum, que desenvolveu as especificações e interpretações de LOD da AIA, adicionou o LOD 350 (que fica entre o LOD 300 e o LOD 400) com intuito de atender melhor os níveis de informação necessários para uma coordenação comercial eficaz, e também não trata da especificação do LOD 500, por considerar que esse LOD está relacionado à verificação de campo e não é uma indicação de progressão para nível mais elevado de geometria ou informações (BIMFORUM, 2019).

#### 2.3.4 Níveis de Maturidade

A Maturidade BIM se refere às melhorias graduais e contínuas em qualidade, repetibilidade e previsibilidade relativas às habilidades mínimas de uma organização ou equipe para entregar resultados mensuráveis em BIM (SUCCAR, 2009).

O nível de implementação BIM, ou seja, o nível de habilidades mínimas em que se encontra uma equipe, empresa ou organização qualquer, pode ser classificado em cinco estágios, conforme requisitos mínimos especificados. Os estágios de maturidade são classificados segundo o número de disciplinas envolvidas nos projetos, fases do ciclo de vida da edificação abordadas e os níveis de adoção e utilização de políticas, processos e tecnologia (SUCCAR, 2009).

- **Pré-BIM:** é o estágio inicial e antecede a implementação do BIM na organização. Não há a inserção de ferramentas e fluxos de trabalho BIM e pressupõe a dependência de desenhos e cálculos manuais e documentação baseada em 2D CAD. Pode haver representações 3D CAD, mas não têm informações associadas e são modeladas com base em documentos 2D. Também não existe colaboração entre as diversas disciplinas do projeto.

- **Estágio 1:** marca o início da transição do CAD para o BIM. Esse estágio se inicia quando uma ferramenta de software BIM é adotada pela organização. Por meio dela, os usuários geram modelos individuais das disciplinas (seja nas fases de projeto, construção ou operação do ciclo de vida da edificação). Os modelos desenvolvidos são geralmente utilizados para a geração automática de documentação 2D, compatibilização de projetos, visualizações 3D e exportação de dados básicos. Assim como no pré-BIM, ainda não há ocorrência de práticas colaborativas.
- **Estágio 2:** Nessa fase, os membros do projeto colaboram ativamente através de modelos multidisciplinares, por meio da troca de arquivos em formatos proprietários ou não-proprietários entre diferentes ferramentas de software BIM, podendo ocorrer dentro de uma fase ou entre duas fases do ciclo de vida do projeto. É possível que alguns membros do projeto ainda utilizem ferramentas e fluxos de trabalho do pré-BIM.
- **Estágio 3:** Nesse terceiro estágio da implementação do BIM, contempla-se a criação, compartilhamento e manutenção colaborativa de Modelos Integrados ou Federados<sup>1</sup> ricos em dados, ao longo das três fases do ciclo de vida da edificação. Essa integração é alcançada através de servidores centrais ou nuvens de dados, que permitem o trabalho simultâneo de vários profissionais numa mesma base. A colaboração passa a incluir a maior parte da equipe de projeto em todas as fases do ciclo de vida do empreendimento e o Modelo Integrado central passa a ser vinculado a repositórios de dados externos.
- **Entrega integrada de projetos:** Ou *Integrated Project Delivery* (IPD), é uma modalidade de contrato que pressupõe uma abordagem equitativa de riscos e benefícios entre as partes integrantes de um empreendimento. Exige elevada confiança entre todos os membros que precisarão compartilhar decisões, riscos e recompensas. O IPD prevê a adoção de tecnologias apropriadas, porém não necessariamente o uso de modelos BIM.

## 2.4 Usos e benefícios do BIM

---

<sup>1</sup> Modelo Integrado ou Federado: é um modelo constituído por diversos arquivos compatíveis entre si (formato IFC, ou arquivos de formato proprietário), oriundos de variadas disciplinas envolvidas no projeto, que unidas propiciam a visão completa da construção virtual. (BRASIL, 2017b).

O *BIM Project Execution Planning Guide 2.0*, um dos guias BIM mais respeitados no mundo, relata 25 usos do BIM, classificados em primários e secundários, ocorridos durante as quatro fases de um empreendimento: Planejamento, Projeto, Construção e Operação (Figura 5). Outro estudo, Kreider, Messner e Dubler (2010 apud CBIC, 2016), relata a frequência de utilização de cada uso BIM e a mensuração dos benefícios dos respectivos usos para empresas americanas; os rankings de frequência e benefício podem ser visualizados na Tabela 1.

Tabela 1 - Rankings de frequência e benefícios do uso do BIM.

| USOS BIM                                | Frequência | Ranking | Benefícios | Ranking |
|-----------------------------------------|------------|---------|------------|---------|
|                                         | %          | 1 a 25  | -2 a +2    | 1 a 25  |
| Coordenação espacial 3D                 | 60%        | 1       | 1,6        | 1       |
| Revisão de Projetos                     | 54%        | 2       | 1,37       | 2       |
| Criação de Projetos                     | 42%        | 3       | 1,03       | 7       |
| Projeto de Sistemas Construtivos        | 37%        | 4       | 1,09       | 6       |
| Modelagem das Condições Existentes      | 35%        | 5       | 1,16       | 3       |
| Controle e Planejamento 3D              | 34%        | 6       | 1,1        | 5       |
| Programação                             | 31%        | 7       | 0,97       | 9       |
| Planejamento de Fases (4D)              | 30%        | 8       | 1,15       | 4       |
| Modelagem de registros                  | 28%        | 9       | 0,89       | 14      |
| Planejamento de Utilização              | 28%        | 10      | 0,99       | 8       |
| Análises Locais                         | 28%        | 11      | 0,85       | 17      |
| Análise Estrutural                      | 27%        | 12      | 0,92       | 13      |
| Análise Energética                      | 25%        | 13      | 0,92       | 11      |
| Estimativas de Custos                   | 25%        | 14      | 0,92       | 12      |
| Avaliação LEED Sustentabilidade         | 23%        | 15      | 0,93       | 10      |
| Análise do Sistema de Construção        | 22%        | 16      | 0,86       | 16      |
| Gerenciamento de Espaços / Rastreamento | 21%        | 17      | 0,78       | 18      |
| Análise Mecânica                        | 21%        | 18      | 0,67       | 21      |
| Validação de Códigos                    | 19%        | 19      | 0,77       | 19      |
| Análise Luminotécnica                   | 17%        | 20      | 0,73       | 20      |
| Análises de Outras Engenharias          | 15%        | 21      | 0,59       | 22      |
| Fabricação Digital                      | 14%        | 22      | 0,89       | 15      |
| Gerenciamento de Ativos                 | 10%        | 23      | 0,47       | 23      |
| Planejamento de Manutenção              | 5%         | 24      | 0,42       | 24      |
| Planejamento contra Desastres           | 4%         | 25      | 0,26       | 25      |

Fonte: Adaptado de Kreider, Messner e Dubler (2010 apud CBIC, 2016).

Lideram o ranking de emprego mais frequente pelas empresas os usos de coordenação espacial 3D (1°), a revisão de projetos (2°), a criação de projetos (3°), o projeto de sistemas construtivos (4°) e modelagem das condições existentes (5°), ao passo que os usos que mais geram benefícios são a coordenação espacial 3D (1°), a revisão de projetos (2°), a

modelagem das condições existentes (3°), o planejamento de fases (4D) (4°) e o controle e planejamento 3D (5°). É interessante observar que a modelagem das condições existentes ocupa o quinto lugar em frequência de aplicação, mas aparece em terceiro em relação aos benefícios proporcionados. Destaque também para o planejamento de fases (4D), considerado o quarto maior uso em geração de benefícios, porém oitavo colocado no ranking de frequência.

Figura 5 - Os 25 usos do BIM.

| PLANEJAMENTO                          | PROJETO | CONSTRUÇÃO | OPERAÇÃO |
|---------------------------------------|---------|------------|----------|
| Modelagem das Condições Existentes    |         |            |          |
| Estimativas de Custos                 |         |            |          |
| Planejamento 4D                       |         |            |          |
| Programação                           |         |            |          |
| Análises Locais                       |         |            |          |
| Revisão de Projetos                   |         |            |          |
| Design Autoral                        |         |            |          |
| Análise Estrutural                    |         |            |          |
| Análise Luminotécnica                 |         |            |          |
| Análise Energética                    |         |            |          |
| Análise Mecânica                      |         |            |          |
| Análise de Outras Engenharias         |         |            |          |
| Avaliação LEED Sustentabilidade       |         |            |          |
| Validação de códigos                  |         |            |          |
| Coordenação Espacial 3D               |         |            |          |
| Planejamento de Utilização            |         |            |          |
| Projeto do Sistema Construção         |         |            |          |
| Fabricação Digital                    |         |            |          |
| Planejamento de Controle 3D           |         |            |          |
| Planejamento de Manutenção            |         |            |          |
| Modelagem de Registros                |         |            |          |
| Análise do Sistema de Construção      |         |            |          |
| Gestão de Ativos                      |         |            |          |
| Gerenciamento de Espaços/Rastreamento |         |            |          |
| Planejamento contra Desastres         |         |            |          |

Fonte: Adaptado de CBIC (2016).

## 2.5 Manuais e Guias

Em decorrência da expansão na adoção do BIM pelo mundo inteiro, atualmente há uma vasta disponibilidade de Publicações BIM Notáveis (NBP's) em diversos países. As publicações podem partir do governo, da indústria, de organizações variadas e da Academia, compilando diretrizes, requisitos e protocolos, enfocando produtos e fluxos de trabalho BIM. Cada vez mais a indústria e os governos interessados na adoção do BIM têm empenhado forças na construção de normas, manuais e guias para o desenvolvimento de empreendimentos em BIM como forma de auxiliar o mercado na implementação da metodologia e garantir que os investimentos sejam aplicados de forma adequada (FARIAS; BARROS; SANTOS, 2016; BORGES 2019). Em 2014, Shou *et al.* (2014) apontaram ter encontrado 42 publicações que abordam diretrizes e padrões BIM, de dez diferentes países, sendo metade delas originárias dos Estados Unidos, o que evidencia o interesse em torno da implementação e discussão do BIM.

Nessa dissertação, foram utilizados como fonte de pesquisa cinco guias, sendo quatro nacionais e um internacional: Guia AsBEA de Boas Práticas em BIM, Coletânea de Guias Implementação do BIM em construtoras e incorporadoras da CBIC, Coletânea Guias BIM ABDI – MDIC, Caderno de apresentação de projetos BIM do Governo de Santa Catarina, e o *BIM Project Execution Planning Guide 2.0*.

#### 2.5.1 Guia AsBEA de Boas Práticas em BIM

O Guia AsBEA de Boas Práticas em BIM foi produzido pelo Grupo Técnico BIM (GTBIM) da Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (AsBEA) e é o primeiro guia BIM brasileiro. Pensado para ser uma coleção, atualmente possui apenas dois fascículos publicados. O primeiro foi lançado no ano de 2013 e tem como título “Estruturação do Escritório de Projeto para a Implantação do BIM”<sup>2</sup>. Já o segundo fascículo é intitulado “Fluxo de Projetos em BIM: Planejamento e Execução”<sup>3</sup> e data de 2015.

#### 2.5.2 Coletânea de Guias Implementação do BIM em construtoras e incorporadoras

---

<sup>2</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA - ASBEA. Grupo Técnico BIM – GTBIM. Guia AsBEA Boas Práticas em BIM Fascículo 1: Fluxo de Projetos em BIM: Planejamento e Execução. São Paulo, 2013a. 20 p.

<sup>3</sup> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA - ASBEA. Grupo Técnico BIM – GTBIM. Guia AsBEA Boas Práticas em BIM Fascículo 2: Estruturação do Escritório de Projeto para a Implantação do BIM. São Paulo, 2013b. 24 p.

A Coletânea de Guias Implementação do BIM em construtoras e incorporadoras é uma publicação da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) em parceria com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI nacional), datada de 2016. A coletânea tem o objetivo de disseminar e democratizar o acesso à informação sobre a utilização da tecnologia e orientações para sua aplicação por construtoras e incorporadoras. A CBIC pretende oferecer às empresas dados necessários ao bom desempenho, à modernização e à competitividade do setor (CBIC, 2016).

O material dispõe de cinco volumes, que tratam de vários temas (fundamentos, implementação, colaboração e integração, fluxos de trabalho e formas de contratação), todos restringidos ao segmento das Edificações e aos casos de uso BIM mais comuns no cenário brasileiro. A coletânea é bastante parecida com o *BIM Project Execution Planning Guide 2.0*, assimilando inclusive figuras e mapas de processo traduzidos para o português e alguns tópicos contextualizados para a conjuntura nacional.

### 2.5.3 Coletânea Guias BIM ABDI – MDIC

A Coletânea Guias BIM ABDI – MDIC foi publicada no ano de 2018 e produzida a partir de uma parceria entre o Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC) e a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI). As instituições estão unidas em busca de aplicar recursos e esforços para disseminação do BIM no Brasil e lançaram a coletânea com o objetivo de consolidar e tornar acessíveis informações de boas práticas sobre o processo e contratação de projetos na plataforma BIM, de modo claro e preciso, para os profissionais e contratantes (de modo particular aos envolvidos em obras públicas) ligados ao ciclo de vida das edificações. A publicação, que representa uma contribuição importante da parte do Governo Federal para a disseminação da plataforma no país, teve a participação de gestores públicos, acadêmicos e profissionais do setor privado (BRASIL, 2017b).

A coleção é composta por seis volumes de guias, que abordam diretrizes para condução da implantação, contratação e utilização do BIM. Os guias estão divididos em processo de projeto BIM (1); classificação da informação no BIM (2); BIM na quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços (3); contratação e elaboração de projetos BIM na arquitetura e engenharia (4); avaliação de desempenho energético em projetos BIM (5); e implantação de processos BIM (6), além de um anexo que contém um plano de execução BIM e um fluxograma do processo de projeto BIM (BRASIL, 2017b).

A intenção é fazer da coletânea uma referência para a capacitação e qualificação técnica e colaborar para a melhoria da assertividade de editais, projetos, orçamentos e planejamento de obras públicas e privadas. Os guias publicados são completos e com conteúdo bastante aprofundado, abordando temas e práticas BIM bem consolidadas de forma detalhada:

- O volume 1 aborda os principais conceitos e processos BIM, contemplando fluxos e usos da concepção até o pós-obra, modelagem de componentes, a relação do BIM com as áreas da indústria da construção e com a norma de desempenho e as normas ISO, bem como a coordenação e comunicação de projetos BIM.
- O volume 2 discorre sobre a aplicabilidade da classificação da informação no BIM conforme os diversos sistemas de classificação existentes, a adequação à NBR 15965<sup>4</sup>, e a contribuição da classificação para a automação de tarefas no modelo.
- O volume 3 abrange as diretrizes gerais para extração de quantitativos (seja de serviços, equipamentos ou materiais) para uso em estimativas, análises de custos, planejamento da execução e sistemas de gestão de obras.
- O volume 4 contempla a metodologia para elaboração de projetos BIM de disciplinas diversas, os requisitos essenciais a serem definidos em editais/contratos para desenvolvimento e acompanhamento de projetos e obras em BIM, e as questões de autoria de dados, objetos e modelos.
- O volume 5 apresenta as alternativas de avaliação segundo os níveis de desenvolvimento do projeto, os requisitos do modelo para viabilizar a avaliação e a etiquetagem em modelos e projetos BIM.
- O volume 6 dispõe das diretrizes para o planejamento da implantação BIM nas organizações (diagnóstico, metas, *roadmap*, plano de implantação e gerenciamento da implantação).
- O anexo é composto de planilhas e fluxogramas em formatos para impressão e em arquivos digitais editáveis (BRASIL, 2017b).

#### 2.5.4 Caderno de apresentação de projetos BIM do Governo de Santa Catarina

Publicado em 2014, o Caderno de projetos BIM do Governo de Santa Catarina é o documento base que descreve os procedimentos e instruções para elaboração e contratação de

---

<sup>4</sup> Coletânea de Normas Técnicas que dispõe de um sistema de classificação das informações para aplicação na modelagem da informação da construção.

projetos em BIM por parte do Governo do Estado de Santa Catarina, no âmbito do Poder Executivo.

O Caderno define a padronização e formatação necessárias à apresentação de projetos de edificações de forma ampla e abrangente, englobando conceitos associados ao BIM, sistemas de classificação, gestão das fases e etapas dos projetos de edificações, elementos de projeto, requisitos BIM, níveis de desenvolvimento, nomenclaturas, documentos, entre outros (SANTA CATARINA, 2014).

#### 2.5.5 *BIM Project Execution Planning Guide 2.0*

Produzido pelo *The Computer Integrated Construction Research Group* da *The Pennsylvania State University*, em 2010, o *BIM Project Execution Planning Guide 2.0* é um dos guias mais conhecidos e difundidos internacionalmente. Esse guia foi elaborado com o intuito de fornecer um manual prático que equipes de projetos possam utilizar para criar suas estratégias e desenvolver um plano de execução BIM [BEP (*BIM Execution Plan*)].

O guia apresenta uma introdução aos conceitos do BIM, bem como diretrizes que auxiliam na identificação da melhor forma de utilização do BIM para que os objetivos pretendidos sejam alcançados e dos ganhos efetivos que a equipe absorverá ao realizar esse processo. Enfatiza-se que a equipe de projeto deve construir um planejamento detalhado e abrangente para que a implementação do BIM seja eficiente. Por essa razão, o guia se concentra no desenvolvimento da documentação necessária para as etapas iniciais do processo de implantação, consideradas fundamentais para o êxito desse processo (BORGES, 2019).

A publicação propõe um plano de implementação organizado em quatro etapas, sendo a primeira delas a identificação dos objetivos e usos BIM; a segunda, o planejamento do processo de execução BIM através da elaboração de mapas de processo; a terceira, o desenvolvimento das trocas de informação (definição do conteúdo, nível de detalhe e responsabilidade das partes); e a quarta, a determinação da infraestrutura de suporte necessária à implementação (CIC, 2010).

Uma das principais e mais conhecidas contribuições da publicação foi a categorização de 25 usos BIM, divididos nas fases de planejamento, projeto, construção e operação do empreendimento, e que compõem a primeira etapa do plano de implementação. Mas, apesar do avanço significativo nos incentivos à adoção do BIM, o guia contribui apenas com diretrizes genéricas que se delimitam às primeiras fases de um projeto, sem explicar

como se dá a incorporação e a prática dos usos do BIM dentro de um projeto ou organização (CIC, 2010).

## 2.6 Legislação

Recentemente, no Brasil, passou a ser obrigatório a adesão ao BIM por parte de setores estratégicos ligados ao Governo Federal. A intenção de inserir o BIM no setor público brasileiro surgiu oficialmente com a instituição do Comitê Estratégico de Implementação do *Building Information Modelling* (CE-BIM), por meio do Decreto de 5 de junho de 2017, que, pouco depois, foi revogado pelo Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018, o qual instituiu a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM (Estratégia BIM BR). Em seguida, o Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019, que dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do BIM e institui o Comitê Gestor da Estratégia do BIM, foi publicado revogando o Decreto nº 9.377/2018 e sendo complementado posteriormente pelo Decreto nº 10.306 de 2 de abril de 2020 (BRASIL, 2017a, 2018a, 2019a).

O Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020, estabelece a utilização da Modelagem da Informação da Construção na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia, realizada por órgãos e entidades da administração pública federal, no contexto da Estratégia BIM BR. O documento define a implementação gradual do BIM em 3 fases: a partir de janeiro de 2021, o BIM será exigido na modelagem de projetos de arquitetura e engenharia, detecção de interferências e extração de quantitativos; a partir de janeiro de 2024, haverá o acréscimo da aplicação do BIM na orçamentação, planejamento e controle da execução de obras e *as built* (para obras com projetos realizados em BIM); a partir de janeiro de 2028 em diante, serão incluídos os serviços de gerenciamento e manutenção dos empreendimentos na etapa pós-construção cujos projetos e obras tenham sido desenvolvidos com uso do BIM. Estão vinculados às exigências do decreto o Ministério da Defesa, por meio do Exército Brasileiro, da Marinha do Brasil e da Força Aérea Brasileira; e o Ministério da Infraestrutura, através da Secretaria Nacional de Aviação Civil e do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) (BRASIL, 2020a).

Em atendimento as disposições do Decreto nº 10.306/2020 foram publicadas duas portarias regulamentando atuações dos ministérios da Defesa e da Infraestrutura com vistas à aplicação do BIM nos respectivos órgãos e entidades vinculadas. A Portaria nº 1.014, de 6 de maio de 2020, publicada pelo Ministério da Infraestrutura, que constitui o Comitê BIM Infraestrutura visando a discussão, difusão e implantação da Estratégia BIM BR no âmbito do

órgão e suas vinculadas (BRASIL, 2020c); e a Portaria nº 56/GM-MD, de 6 de julho de 2020, publicada pelo Ministério da Defesa que definiu os empreendimentos, programas e iniciativas de média e grande relevância para a disseminação do BIM na esfera do ministério (BRASIL, 2020b).

A obrigatoriedade de adesão ao BIM por parte de setores do Governo Federal tem gerado um efeito cascata sobre as unidades da federação e tem despertado o interesse de gestores públicos em fomentar o paradigma em seus estados e municípios. O Governo do Rio de Janeiro e a Prefeitura Municipal de Ceará-Mirim/RN, por exemplo, publicaram decretos similares ao do Governo Federal. No Rio de Janeiro, o Decreto nº 46.471 de 24 de outubro de 2018 institui a Estratégia Estadual de Disseminação do *Building Information Modelling*, enquanto em Ceará-Mirim/RN, o Decreto nº 2.577 de 18 de novembro de 2019 institui a Estratégia Municipal de Disseminação do *Building Information Modelling* e dá outras providências. Alguns municípios e estados também têm adotado ações inovadoras para adesão ao BIM, conforme exibido no Quadro 1.

Mesmo antes da instituição dos Decretos Federais, o Governo do Estado do Paraná inseriu a adoção do BIM no Plano de Metas que compreendeu os anos de 2015 a 2018, na intenção de obter ganhos na qualidade de projetos e obras públicas, e também publicou, em 2018, o Caderno BIM (Caderno de Especificações Técnicas para Contratação de Projetos em BIM – Edificações). Por sua vez, o Governo de Santa Catarina, através da Secretaria de Estado de Planejamento (SPG), publicou o Caderno de Apresentação de Projetos em BIM de Santa Catarina, o primeiro BIM Mandate do país.

Em 2014, os três estados da região sul brasileira (Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina) assinaram um termo de cooperação técnica e em 2015 lançaram a proposta de estruturação da REDE BIM GOV SUL. A proposta surgiu com a missão de favorecer ações integradas que fomentem adoção do BIM nas esferas públicas desses estados.

A Secretaria de Infraestrutura e Logística do Paraná (SEIL) redigiu o Plano de Fomento BIM, que define um conjunto de ações a partir de seis linhas estratégicas. Entre essas ações, estão o fomento às soluções BIM para a área pública, a estruturação de grupos de trabalho e a criação do Laboratório BIM do Paraná (LaBIM PR) (PARANÁ, 2020).

Recentemente, em outubro de 2019, no 5º Consórcio de Integração Sul e Sudeste (COSUD), formado pela integração dos sete estados da região Sul e Sudeste, os governadores dos estados assinaram um termo de cooperação para a implementação da Modelagem da Informação da Construção (TEIXEIRA, 2019).

Quadro 1 - Ações de adesão ao BIM em municípios brasileiros.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Prefeitura Municipal de Teresina/PI</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Por meio da Secretaria Municipal de Planejamento, criou o Núcleo do BIM da Prefeitura Municipal de Teresina (NUBIM) que tem como competência a fomentação e gestão do BIM na administração do município e assume a missão de implementar a plataforma em todos os setores da prefeitura que envolva projetos e execução de obras, bem como capacitar os profissionais envolvidos para desenvolver, analisar e fiscalizar projetos em BIM.                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Prefeitura Municipal de Salvador/BA</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Através do projeto “Simplifica 360”, que engloba um conjunto de ações que visa desburocratizar projetos na cidade de Salvador, pretende implantar um sistema de análise de projetos de grandes empreendimentos via BIM garantindo a análise prévia de mais de 400 itens exigidos por normas, agilizando processos de licenciamento.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Prefeitura Municipal de Manaus/AM</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Deu início à implantação da Plataforma de Gestão Colaborativa de Projetos e Planejamento Urbano. Essa plataforma é uma ferramenta que pretende beneficiar o sistema mobiliário e imobiliário da capital amazonense, além de agilizar os processos de licenciamento urbano, gerando economicidade de tempo e dinheiro. A plataforma faz parte de uma parceria das secretarias municipais de Finanças e Tecnologia da Informação e Controle Interno (Semef) e do Instituto Municipal de Planejamento Urbano (Implurb) e vai unificar procedimentos de aplicação do método BIM para obras realizadas ou viabilizadas por todas as instituições, empresas e órgãos. |

Fonte: Adaptado de Gonçalves (2019), Teresina (2020) e Salvador (2020).

## 2.6.1 Programas Piloto

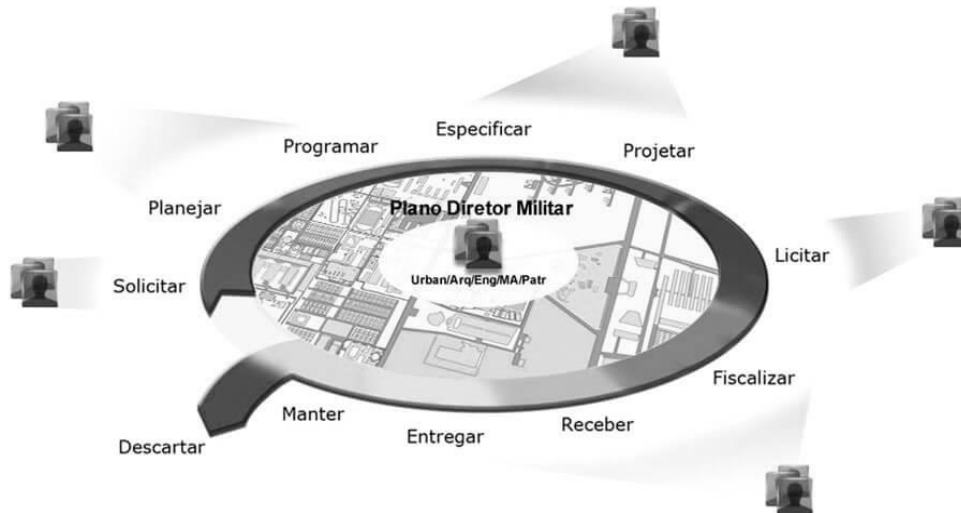
### 2.6.1.1 Sistema Unificado do Processo de Obras (OPUS)

O OPUS (Sistema Unificado do Processo de Obras), programa piloto desenvolvido pelo Exército Brasileiro, tem como missão construir e manter a infraestrutura necessária para o órgão alcançar seus objetivos estratégicos.

“[...] é um Sistema de apoio à decisão que suporta as funcionalidades de planejamento, programação, acompanhamento, fiscalização, controle, gerência e execução de obras e serviços de Engenharia de todas as atividades dos macroprocessos analíticos do Sistema de Obras Militares (SOM), tanto no nível executivo quanto gerencial e estratégico.” (EXÉRCITO BRASILEIRO, 2018, on-line).

O projeto foi idealização da Diretoria de Obras Militares (DOM), gestora do Macroprocesso de Obras Militares, com o intuito de desenvolver um sistema corporativo de apoio à decisão para suporte a todos os processos de Obras Militares. No Quadro 2 a seguir estão os objetivos do OPUS e na Figura 6 está representado o ciclo de vida de uma obra militar.

Figura 6 - Ciclo de vida de uma obra militar.



Fonte: Adaptado de Exército Brasileiro (2018).

Quadro 2 - Objetivos do Sistema Unificado do Processo de Obras (OPUS).

| OBJETIVOS DO OPUS                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Proporcionar transparência no uso de recursos públicos.                             |
| Garantir informações oportunas para a tomada de decisão em diversos níveis.         |
| Agilizar a comunicação entre os diversos atores do processo de gestão de obras.     |
| Reduzir drasticamente o uso de papel nos processos internos.                        |
| Promover agilidade na execução de processos até então burocráticos.                 |
| Favorecer a estatística dos dados gerados no processo de gestão de uma obra pública |
| Viabilizar o reaproveitamento de projetos de engenharia                             |

Fonte: Adaptado de Exército Brasileiro (2018).

#### 2.6.1.2 Programa de Manutenção e Reabilitação de Estruturas (PROARTE)

A implementação do BIM no Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) tem como projeto piloto o Programa de Manutenção e Reabilitação de Estruturas. O PROARTE é um programa nacional que tem por objetivo a manutenção, recuperação e reabilitação das obras de arte especiais (OAE's) que compõem a malha de rodovias federais administradas pelo DNIT. O órgão assumiu o compromisso de efetuar todas as adequações e capacitações necessárias que possibilitem a contratação de projetos e especificações para o PROARTE, em BIM, até o início do ano de 2021 (DNIT, 2018).

A Figura 7 apresenta algumas informações da estratégia de implementação do BIM no DNIT, extraídas de um mapa resumo (*project canvas*) elaborado pela equipe responsável.

Figura 7 – Dados da estratégia de implementação do BIM no DNIT.

| Objetivos Smart                                                                                                                                | Resultados                                                                                                                         | Benefícios Futuros                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sensibilização, alinhamento e engajamento dos SERVIDORES DNIT e TERCEIROS (Prestadores Serviços) sobre os benefícios e vantagens do uso do BIM | Desenvolvimento da MACRO-ESTRATÉGIA de implantação BIM no DNIT<br><i>OBS: Na qual o BIM no PROARTE é o primeiro projeto piloto</i> | Continuidade da TRANSFORMAÇÃO DIGITAL do DNIT a partir da sua capacitação para a realização de fluxos de trabalho baseados em BIM para projetos, especificações e gestão de ações de recuperação de OAE's |
| Início do ACULTURAMENTO dos SERVIDORES do DNIT e TERCEIROS à adoção e uso do BIM                                                               | Sistema de CLASSIFICAÇÃO das INFORMAÇÕES definido para PROARTE do DNIT                                                             | Reafirmação e continuidade da LIDERANÇA NACIONAL do DNIT como 'fonte' de referências técnicas para o segmento de Infraestruturas                                                                          |
| Capacitação em BIM dos SERVIDORES do DNIT e TERCEIROS envolvidos na realização do PROJETO-PILOTO BIM do Programa PROARTE                       | Processos implantados para desenvolvimento e análise de ANTEPROJETOS do PROARTE em BIM                                             | PROJEÇÃO INTERNACIONAL do DNIT como referência da adoção BIM em fluxos de trabalho para OAE's.                                                                                                            |
| Adequação da INFRAESTRUTURA do DNIT para o uso do BIM no PROJETO-PILOTO BIM do Programa PROARTE                                                | Processos implantados para desenvolvimento e análise de PROJETOS EXECUTIVOS do PROARTE em BIM                                      |                                                                                                                                                                                                           |
| Definição de um mecanismo / solução para RETENÇÃO do CONHECIMENTO desenvolvido - GESTÃO DO CONHECIMENTO                                        |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                           |
| INCLUSÃO de alguns OBJETOS BIM para INFRAESTRUTURA na BN-BIM                                                                                   |                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                           |

Fonte: Adaptado de DNIT (2018).

### 2.6.1.3 Aeroporto Digital

O Aeroporto Digital é o projeto piloto direcionado para implementação BIM na Secretaria Nacional de Aviação Civil (SAC). Foi lançado no ano de 2018 no aeroporto de Londrina/PR e servirá de modelo para os demais terminais operados pela Infraero. Expecta-se que o projeto piloto promova a integração das várias áreas da Empresa em uma base de informações única e em tempo real, com o intuito de melhorar a assertividade das decisões, aperfeiçoando a gestão dos negócios e dando mais segurança e eficiência às operações aeroportuárias.

Prevê-se ainda a expansão do piloto para outros aeroportos (Congonhas/SP, Santos Dumont/RJ, Curitiba/PR e Goiânia/GO) por meio da execução de ações como a expansão dos treinamentos de modelagem, simulação de fluxos e volume de passageiros, criação de um banco de dados geoespacial e integração dos dados de outras áreas da empresa.

O programa também foi ganhador do prêmio de Reconhecimento Especial na conferência *The Year in Infrastructure 2018*, promovida pelo *Bentley Institute*, sendo a primeira vez que uma empresa pública brasileira ganha essa premiação (INFRAERO, 2018).

### 2.6.2 Normatização

No Brasil, no ano de 2009, foi instaurada a Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção (ABNT/CEE-134), que ficou com a responsabilidade de desenvolver normas técnicas acerca do *Building Information Modeling*. A

Comissão iniciou suas atividades através da tradução da norma ISO 12006-2, do desenvolvimento de um sistema de classificação para a Construção e de diretrizes para criação de componentes BIM. A disponibilidade de um sistema de classificação de informações codificado padronizado favorece bastante a implementação de usos BIM (planejamento, orçamento e suprimentos), bem como viabiliza o trabalho colaborativo na indústria da construção civil brasileira (CATELANI; SANTOS, 2016).

Atualmente existem oito normas em vigor, entre elaboradas e traduzidas pela ABNT/CEE-134, que objetivam dispor condições para a adoção do BIM no país (Quadro 3). Das normas em vigor quatro delas pertencem ao conjunto de normas do Sistema de Classificação da Informação da Construção, a NBR 15965, que é dividida em 7 partes, restando três partes (partes 4, 5 e 6) para serem publicadas. Outro conjunto de normas em desenvolvimento é sobre Componentes BIM, tem o título de “Requisitos de Objetos para Modelagem da Informação da Construção (BIM)” e a previsão é que seja constituída de 19 partes. A NBR ISO 19650 intitulada “Organização e digitalização de informações sobre edifícios e obras de engenharia civil, incluindo Modelagem de Informações de Construção (BIM) - Gerenciamento de informações usando Modelagem de Informações de Construção” está em fase de conclusão e deve ser publicada em 2 partes (ABNT, 2020a).

Quadro 3 – Normas BIM desenvolvidas ou traduzidas pela ABNT/ CEE-134 em vigor.

| NORMA (ABNT NBR) | TÍTULO                                                                                                                        |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 15965-1:2011     | Sistema de classificação da informação da construção<br>Parte 1: Terminologia e estrutura                                     |
| 15965-2:2012     | Sistema de classificação da informação da construção<br>Parte 2: Características dos objetos da construção                    |
| 15965-3:2014     | Sistema de classificação da informação da construção<br>Parte 3: Processos da construção                                      |
| 15965-7:2015     | Sistema de classificação da informação da construção<br>Parte 7: Informação da construção                                     |
| ISO 16354:2018   | Diretrizes para as bibliotecas de conhecimento e bibliotecas de objetos                                                       |
| ISO 16757-1:2018 | Estruturas de dados para catálogos eletrônicos de produtos para sistemas prediais<br>Parte 1: Conceitos, arquitetura e modelo |
| ISO 16757-2:2018 | Estruturas de dados para catálogos eletrônicos de produtos para sistemas prediais<br>Parte 2: Geometria                       |
| ISO 12006-2:2018 | Construção de edificação - Organização de informação da construção<br>Parte 2: Estrutura para classificação                   |

Fonte: Adaptado de ABNT (2020b).

## 2.7 Síntese do capítulo

O capítulo expõe uma breve revisão sobre os fundamentos e sobre os principais conceitos associados ao BIM, como interoperabilidade, parametrização, nível de desenvolvimento e de maturidade, além de discorrer sobre os usos e benefícios do BIM. Essa

seção também apresentou os manuais e guias utilizados nessa pesquisa e abordou a legislação brasileira acerca do BIM, citando, inclusive, projetos-piloto desenvolvidos por instituições públicas e normas técnicas publicadas.

### 3 PRODUÇÃO CIENTÍFICA DO BIM NA INFRAESTRUTURA

O capítulo 3 discorre sobre infraestrutura e apresenta uma revisão sistemática da literatura, através de artigos acadêmicos que exploram a aplicação do BIM em infraestrutura. Também discute sobre o tema saneamento, definindo e comentando acerca do contexto brasileiro, apresentando uma breve caracterização dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

#### 3.1 Infraestrutura

A palavra “infraestrutura” tem origem na combinação dos termos em latim “*inferus*” e “*structura*” que significam “a estrutura inferior/que está abaixo”, sendo o termo “inferior” referente ao suporte para as variadas atividades urbanas e não quanto à localização da estrutura (FREIRE, 2017). Para Freire (2017, p.25) “[...] a infraestrutura urbana é o conjunto dos sistemas sociotécnicos incorporados ao meio urbano para o qual oferecem serviços fundamentais para o seu funcionamento, como energia, água, comunicações ou transporte.”. Os investimentos em infraestrutura devem ser compatíveis com as necessidades de bens e serviços públicos da população, proporcionando qualidade de vida, produtividade e crescimento econômico a uma sociedade (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2018).

Não há uma definição unânime e unificada a respeito de classificações e setores integrantes do rol de infraestrutura. Do ponto de vista econômico, diversas organizações como Banco Mundial, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), e Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (Cepal) utilizam o termo infraestrutura econômica e apresentam definições diferentes sobre o tema. O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) divide o tema em duas frentes: a infraestrutura social e urbana, referente ao suporte aos cidadãos e seus domicílios; e infraestrutura econômica, referente ao apoio às atividades do setor produtivo (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, 2010). Simultaneamente, o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), maior iniciativa de investimentos em infraestrutura do país, divide seus empreendimentos em três eixos: infraestrutura logística (rodovias; ferrovias; portos; aeroportos; hidrovias; defesa; ciência, tecnologia, inovações e comunicações), infraestrutura energética (geração de energia; transmissão de energia; petróleo e gás) e infraestrutura social

e urbana (habitação; mobilidade urbana; saneamento; prevenção em áreas de risco; recursos hídricos; equipamentos sociais; cidades históricas; luz para todos) (BRASIL, 2018c).

Por outro lado, na engenharia, o termo é conhecido e muito utilizado para designar grandes empreendimentos estruturantes e de construção pesada, como pontes, barragens, sistemas de água e esgoto, entre outros. Outra definição designa infraestrutura como tudo que está localizado abaixo de uma construção ou a parte inferior de uma estrutura de engenharia civil, geralmente enterrada (INFRAESTRUTURA, 2019). Mas, no geral, não há uma categorização estabelecida na teoria que reúna e classifique os tipos de empreendimentos em áreas ou setores específicos.

Recentemente, Cheng, Lu e Deng (2016), em seu estudo sobre o uso do BIM em empreendimentos de infraestrutura, o qual denominaram *Civil Information Modeling*, classificaram o tema em cinco domínios, 13 tipos e nove categorias (Tabela 2). Nesse estudo, o autor realizou uma revisão de literatura à procura de casos na indústria e de publicações acadêmicas. Os casos de aplicação na indústria foram pesquisados utilizando diferentes combinações de palavras-chave com os termos “BIM” e nomes de infraestruturas específicas (ponte, túnel, etc.) na internet e em relatórios das empresas de software BIM *Autodesk* e *Bentley*. Já as publicações acadêmicas foram detectadas nas bases de dados *Scopus* e *Google Scholar*, por meio da combinação dos termos “BIM”, “CIM”, “VDC”, “*data model*”, “IFC”, “4D”, “5D”, “nD” e nomes de infraestruturas específicas. O pesquisador concluiu que foram encontrados poucos relatos que abordaram a implementação do BIM para a infraestrutura de serviços públicos, tanto na indústria quanto em trabalhos acadêmicos. Ele propõe também que mais esforços sejam empregados para a utilização do BIM em serviços públicos, incluindo a realização de mais empreendimentos e a criação de modelos mais detalhados. Foi verificado um destaque para o domínio de transportes, principalmente pontes e túneis, em trabalhos acadêmicos.

Bradley *et al.* (2016) também conduziram uma revisão sistemática de literatura, com a *string* de busca ((*BIM OR Building Information Modelling*) AND (*Infrastructure OR Construction*)), nas bases de dados: *Scopus*, *Engineering Village*, *Science Direct* & *Web of Science*; bem como a pesquisa por padrões e procedimentos nos âmbitos internacionais, nacionais e comerciais sobre adoção do BIM na arquitetura, engenharia, construção e operação (AECO). Com o objetivo de pesquisar a literatura existente sobre BIM dentro do setor de Infraestrutura e seu uso na perspectiva do construtor, os autores comentam que o domínio de transportes representa aproximadamente 40% dos estudos coletados (maioria de

rodovias e pontes) e apontam a ausência de pesquisas nos domínios de serviços públicos e de infraestrutura ambiental.

Tabela 2 - Classificação da infraestrutura conforme domínio e tipo.

| DOMÍNIO                                   |    | TIPO                         |                                                                                               | CATEGORIAS |
|-------------------------------------------|----|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Infraestrutura de transporte              | 1  | Pontes                       |                                                                                               | I          |
|                                           | 2  | Rodovias                     |                                                                                               | II         |
|                                           | 3  | Ferrovias                    |                                                                                               | III        |
|                                           | 4  | Túneis                       |                                                                                               | IV         |
|                                           | 5  | Aeroportos                   |                                                                                               | V          |
|                                           | 6  | Portos                       |                                                                                               |            |
| Infraestrutura de energia                 | 7  | Geração de energia           | usinas hidrelétricas, termoelétricas, eólicas nucleares, subestações, etc.                    | VI         |
|                                           | 8  | Óleo e gás                   | terminais de distribuição e estocagem, refinarias, etc.                                       |            |
|                                           | 9  | Minas                        | carvão, minério de ferro, cobre, etc.                                                         |            |
| Infraestrutura de serviços públicos       | 10 | Serviços públicos            | eletricidade, gás natural, sistemas de distribuição de água e coleta de esgotos, e oleodutos. | VII        |
| Infraestrutura de instalações recreativas | 11 | Instalações recreativas      | Parques, estádios, etc.                                                                       | VIII       |
| Infraestrutura ambiental                  | 12 | Instalações de água e esgoto |                                                                                               | IX         |
|                                           | 13 | Barragens, canais e diques   |                                                                                               |            |

Fonte: adaptado de Cheng, Lu e Deng (2016).

### 3.2 BIM na Infraestrutura

McGraw-Hill Construction (2012) fez um levantamento sobre a aplicação do BIM no setor de infraestrutura no final do ano de 2011. O estudo envolveu 466 entrevistados, e todos tinham que ter trabalhado em empreendimentos de infraestrutura no ano anterior. Quase metade (46%) das organizações de infraestrutura pesquisadas estavam utilizando tecnologias e processos BIM em alguma parte de seu portfólio de infraestrutura. Dois anos antes, somente

27% das empresas faziam uso do BIM na infraestrutura, sendo que 89% delas relataram obter ganhos com o BIM. São benefícios que atingem os empreendimentos, bem como questões internas das organizações.

No entanto, apesar do crescimento da aplicação da modelagem da informação da construção no setor de infraestrutura, essa ainda continua muito atrasada quando comparada com a construção vertical (edifícios). Nos últimos anos, o *Building Information Modeling* (BIM) tornou-se uma tática importante para melhorar a produtividade e a rentabilidade da construção de edifícios, entretanto, no “mundo horizontal da construção de infraestrutura”, sua utilização ainda está se iniciando. Diante da expressividade do BIM na construção de edifícios, o termo tem sido arraigado ao processo de construção vertical. Por isso, tem-se criado outras expressões para designar a aplicação do BIM para infraestrutura (“*Horizontal BIM*”, “*Heavy BIM*”, “*VDC*”, “*Civil Information Modeling*”), sendo que todas se referem à possibilidade de criação de modelos 3D (ou mais dimensões), ricos em dados, que melhorem o processo de projeto e construção (MCGRAW-HILL CONSTRUCTION, 2012).

Baseando-se em McGraw-Hill Construction (2012) e em Cheng, Lu e Deng (2016) e Bradley *et al.* (2016), citados na seção anterior, percebe-se que há dispersão e muita variabilidade em torno dos estudos relacionando à aplicação do BIM na infraestrutura, a começar pelos termos e expressões utilizados. Com o objetivo de ampliar a abrangência do campo de pesquisa em Modelagem da Informação da Construção na infraestrutura, um levantamento bibliográfico foi realizado.

Para tanto, uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) foi adotada com intuito de investigar os trabalhos acadêmicos que abordam a aplicação do BIM na área de infraestrutura e responder às seguintes questões de pesquisa: existe um ramo específico que norteie a aplicação do BIM na área de infraestrutura? Há alguma denominação própria e o que ela significa? Quais subáreas da infraestrutura têm sido estudadas? A revisão foi orientada por um protocolo de pesquisa que abrangeu as etapas descritas na sequência e resumidas na Figura 8.

A RSL foi definida pelos critérios P.I.C.O:

- *Population* (População): publicações que relacionem o uso do BIM e a infraestrutura urbana;
- *Intervention* (Intervenção): levantamento e caracterização de termos empregados na designação do BIM aplicado à infraestrutura;
- *Comparison* (Comparação): definição e uso dos termos (se houver);

- *Outcomes* (Resultados): bases conceituais, possíveis diretrizes e experiências na aplicabilidade do BIM em infraestrutura.

As fontes de buscas utilizadas foram as bases de dados: *Web of Science*; *Engineering Village* (*Compendex*) e *Scopus*, devido à relevância das mesmas para o tema.

A escolha das palavras-chave foi determinada por uma investigação prévia que detectou os termos descritos no Quadro 4. Cada termo listado resultou numa *string* de busca, totalizando oito *strings*, que foram utilizadas em todas as bases de dados como meio de seleção de fontes bibliográficas. Os estudos de McGraw-Hill Construction (2012), Cheng, Lu e Deng (2016) e Bradley *et al.* (2016) serviram de base para a seleção das expressões.

Quadro 4 - Resumo das *strings* de busca.

| TERMOS CITADOS                             | STRINGS                               |
|--------------------------------------------|---------------------------------------|
| <i>Civil Information Modeling</i>          | "civil information modeling"          |
| <i>Civil Integrated Management</i>         | "civil integrated management"         |
| <i>Construction Information Modeling</i>   | "construction information modeling"   |
| <i>Construction Information Management</i> | "construction information management" |
| <i>Horizontal BIM</i>                      | "horizontal BIM"                      |
| <i>Heavy BIM</i>                           | "heavy BIM"                           |
| <i>BIM for Civil Infrastructure</i>        | "BIM for civil infrastructure"        |
| <i>BIM for Infrastructure</i>              | "BIM for infrastructure"              |

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Foram definidos os seguintes critérios de inclusão (I) e exclusão (E):

(I) o assunto principal é BIM para infraestrutura, *Civil Information Modeling* e seus acrônimos;

(I) está em língua inglesa ou portuguesa;

(I) publicações de periódicos e eventos;

(I) dissertações de mestrado e teses de doutorado;

(E) trabalhos que não têm relação com arquitetura, engenharia ou construção de empreendimentos de infraestrutura;

(E) trabalhos sem acesso ao texto completo; e

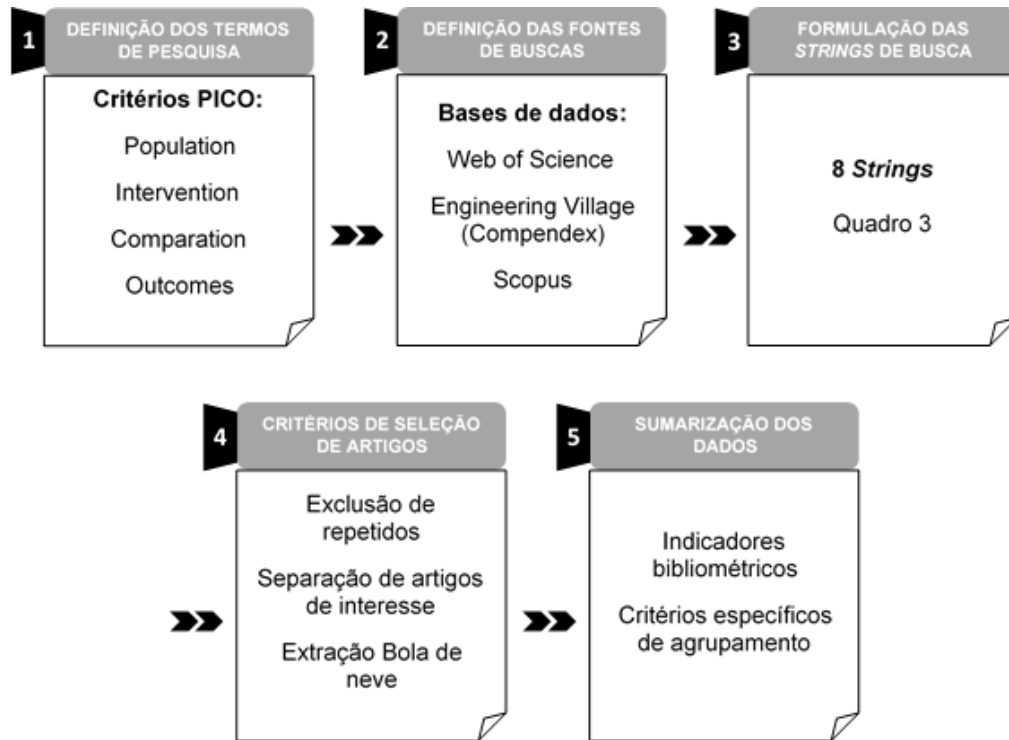
(E) publicações duplicadas.

A estratégia de seleção dos estudos considerou que devem estar contidos no título, resumo ou nas palavras-chave os termos contidos na *string* de busca. O trabalho deve ter sido publicado no período de 2008 – 2018, e ter disponibilidade de acesso gratuito. Foram empregadas ferramentas computacionais, a StArt e o Microsoft Office Excel, como auxílio na seleção e catalogação das publicações.

Por fim, os dados extraídos das publicações foram: autores; ano de publicação; veículo de publicação (periódico, evento ou instituição); natureza da publicação (artigo de

periódico/evento, dissertação ou tese); país de origem; tipo de infraestrutura; e análise dos capítulos de referências em busca de estudos primários relevantes (bola de neve). A sumarização dos dados foi fixada na classificação dos artigos conforme critérios específicos de agrupamento e indicadores bibliométricos.

Figura 8 - Resumo da sequência metodológica da RSL.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### 3.3 Seleção dos estudos

A Tabela 3 apresenta os dados de distribuição das publicações por *string* de busca e base de dados:

Tabela 3 - Distribuição das publicações por *string* e base de dados.

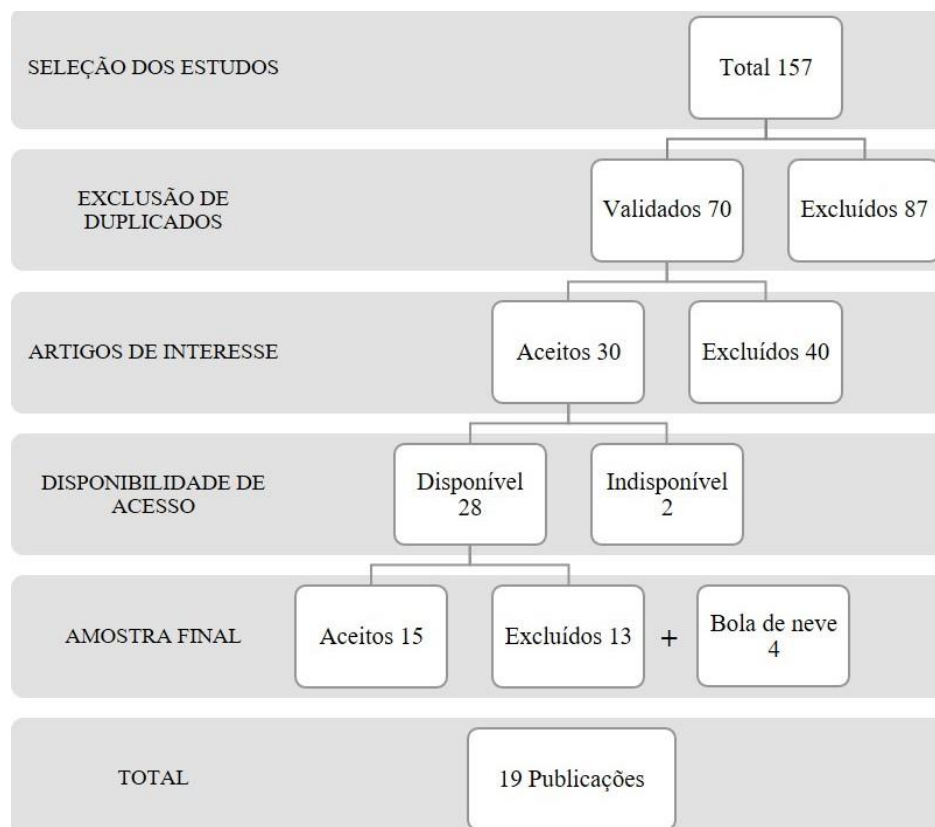
| EXPRESSÃO                             | SCOPUS | WEB OF SCIENCE | COMPENDEX | TOTAL |
|---------------------------------------|--------|----------------|-----------|-------|
| “civil information modeling”          | 7      | 3              | 5         | 15    |
| “civil integrated management”         | 9      | 8              | 6         | 23    |
| “construction information modeling”   | 15     | 9              | 15        | 39    |
| “construction information management” | 25     | 21             | 22        | 68    |
| “horizontal BIM”                      | 0      | 0              | 0         | 0     |
| “heavy BIM”                           | 1      | 0              | 1         | 2     |

| EXPRESSÃO                      | SCOPUS | WEB OF SCIENCE | COMPENDEX | TOTAL |
|--------------------------------|--------|----------------|-----------|-------|
| "BIM for civil infrastructure" | 0      | 0              | 0         | 0     |
| "BIM for infrastructure"       | 5      | 3              | 2         | 10    |
|                                |        |                |           | 157   |

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A etapa de seleção de estudos ocorreu por busca automática, através da aplicação das *strings* nas bases de dados definidas, resultando numa amostra total de 157 fontes bibliográficas. Inicialmente, foram excluídas da amostra publicações duplicadas, resultando em 70 fontes validadas. Em seguida, realizou-se a leitura analítica do título e abstract dos trabalhos e, aplicando os critérios de inclusão e exclusão, foram aceitas 30 publicações consideradas de interesse e excluídas as de não interesse. Prosseguindo com a leitura e extração de dados, apenas 15 fontes foram incluídas e somadas outras 4 por bola de neve, resultando em uma amostra final total de 19 publicações, conforme exibido na Figura 9.

Figura 9 - Esquema: resumo da seleção de fontes bibliográficas.



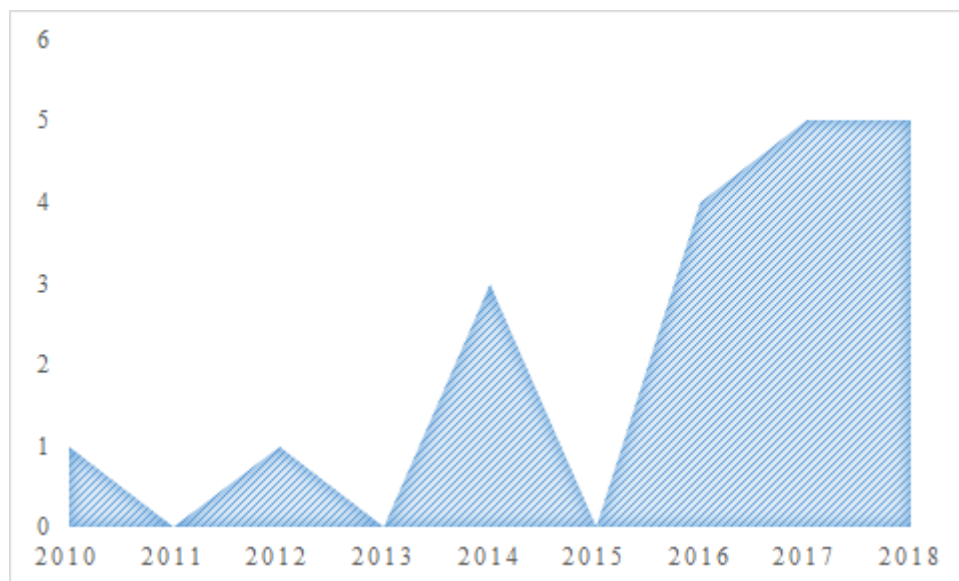
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### 3.4 Dados bibliométricos

### 3.4.1 Publicações por ano

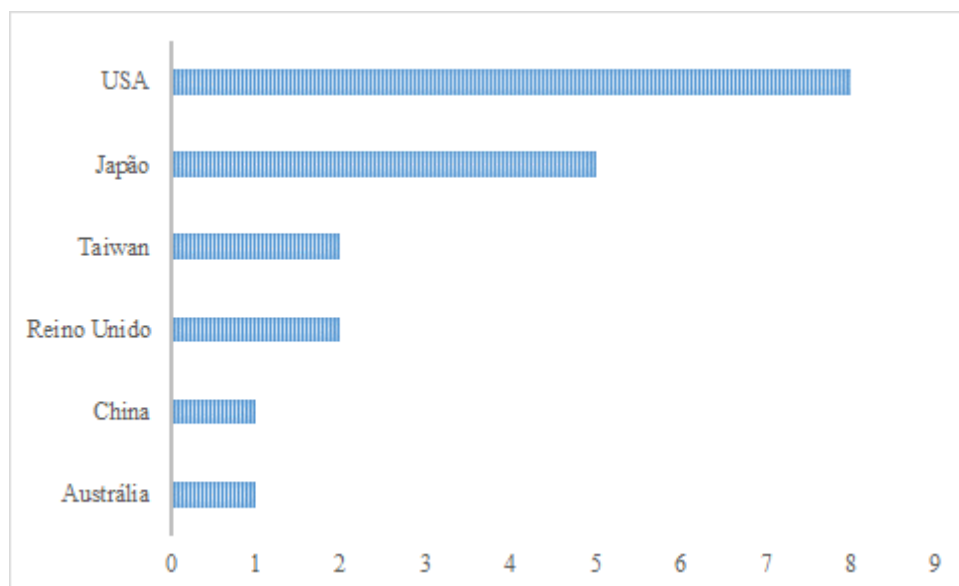
O Gráfico 1 demonstra a distribuição do montante das publicações no intervalo temporal estabelecido. Nota-se que, apesar da pesquisa englobar o período de 2008 a 2018, somente foram detectados estudos a partir de 2010, com interrupções nos anos de 2011, 2013 e 2015. Observa-se, ainda, um aumento significativo de publicações entre 2015 e 2016 (avanço de zero para quatro trabalhos), sendo os anos de 2017 e 2018 de maior destaque, com cinco publicações cada.

Gráfico 1 - Artigos publicados por ano.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Gráfico 2 - Publicações por país.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

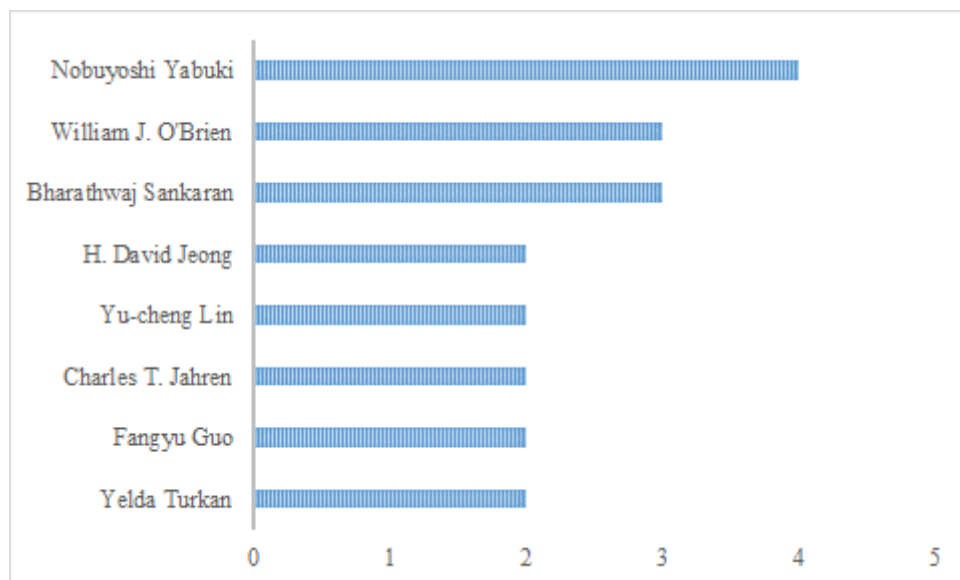
### 3.4.2 Publicações por país

Em relação à distribuição geográfica (Gráfico 2) dos trabalhos de pesquisa, pode-se perceber uma concentração de trabalhos nos Estados Unidos da América (EUA), com oito trabalhos publicados (aproximadamente 42% das publicações), seguidos do Japão, com cinco trabalhos publicados. Na lista, também estão Taiwan e Reino Unido, com duas publicações cada, e China e Austrália, com uma publicação cada.

### 3.4.3 Autores que mais publicam

O Gráfico 3 apresenta os autores que mais publicaram e o respectivo número de publicações. Para essa seção, foram considerados os autores e coautores que possuem dois ou mais artigos. Observou-se oito pesquisadores dentro desses critérios, sendo o Nobuyoshi Yabuki o autor com mais publicações – um total de quatro artigos –, seguido de Bharathwaj Sankaran e William J. O'Brien, com três artigos cada.

Gráfico 3 - Autores que mais publicaram.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

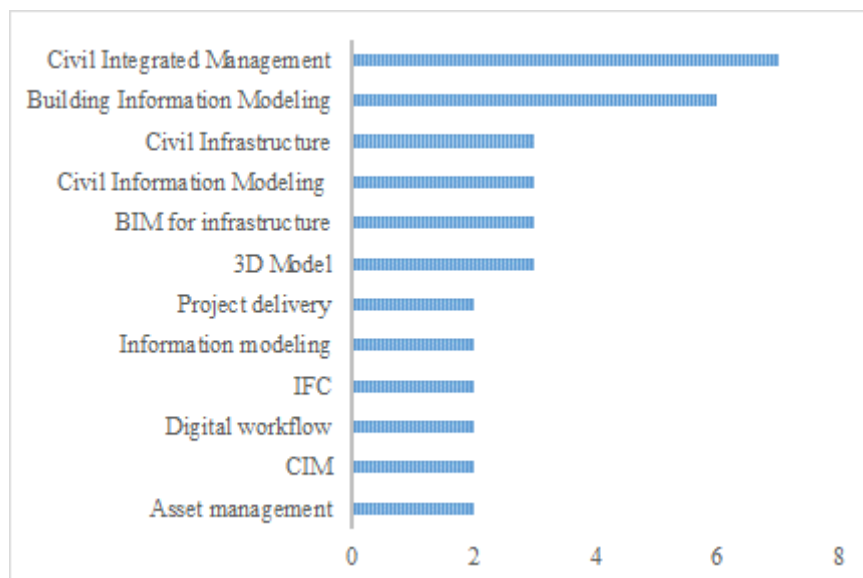
### 3.4.4 Palavras-chave mais utilizadas

O Gráfico 4 exibe as palavras-chave mais citadas nas publicações. Foram computadas as palavras que tiveram pelo menos duas aparições. Para simplificação e expressividade da

análise, palavras-chave parecidas e com o mesmo sentido foram alocadas em um único termo unificador:

- IFC = “IFC”, “*Industry Foundation Classes (IFC)*”;
- 3D Model = “3D Model”, “3-dimensional model”, “*Three-dimensional (3D) Engineered Models*”;
- Civil Infrastructure = “Civil Infrastructure”, “Civil infrastructure”, “*Civil Infrastructure Domain*”;
- Building Information Modeling = “BIM”, “*Building Information Modeling*”, “*Building Information Modelling*”;
- Civil Integrated Management = “Civil Integrated Management”, “*Civil Integrated Management (CIM) Maturity*”.

Gráfico 4 - Palavras-chave mais utilizadas.

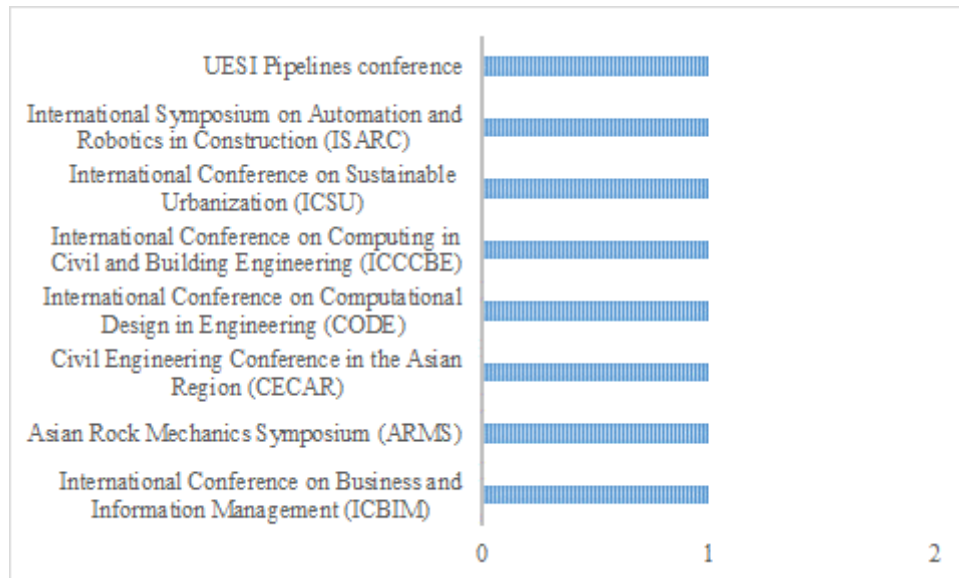


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

#### 3.4.5 Publicações por veículo de publicação

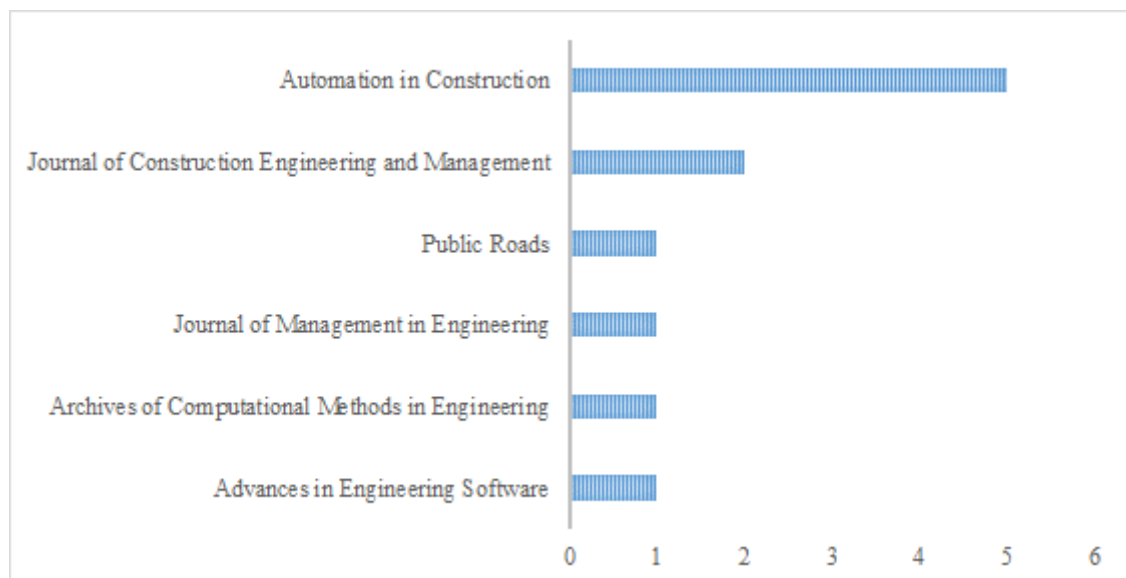
A amostra foi composta apenas por artigos científicos, sendo 11 artigos de periódicos e oito de eventos. Observa-se bastante diversidade nos veículos de publicação, especialmente nos eventos – com oito eventos distintos –, como pode ser visto no Gráfico 5. Em relação aos periódicos, no Gráfico 6, destaca-se a *Automation in Construction*, com cinco artigos publicados.

Gráfico 5 - Publicações por evento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Gráfico 6 - Publicações por periódico.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

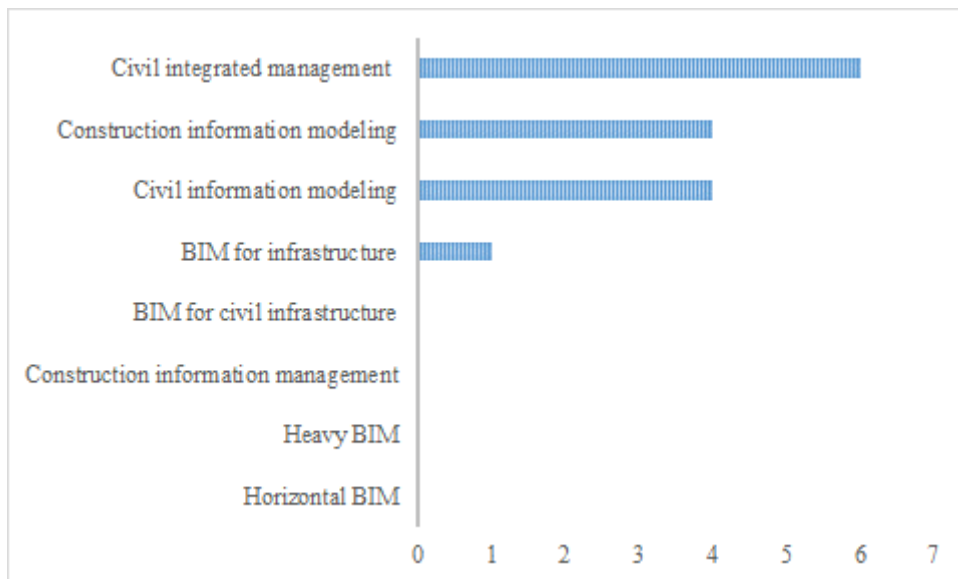
### 3.5 Critérios de agrupamento

#### 3.5.1 Adesão aos termos de pesquisa

A RSL foi conduzida através das expressões de pesquisa: *Civil Integrated Management*, *Civil Information Modeling*, *Construction Information Modeling*, *Construction Information Management*, *Horizontal BIM*, *Heavy BIM*, *BIM for Civil Infrastructure*, *BIM for*

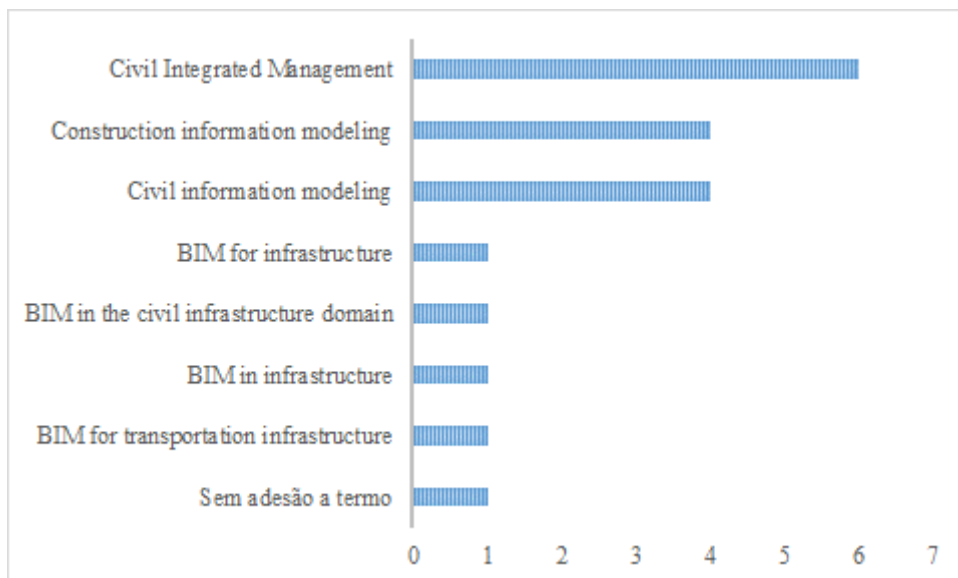
*Infrastructure*. A totalidade das fontes bibliográficas analisadas não se enquadraram nessas expressões para se referir ao BIM em empreendimentos de infraestrutura. No Gráfico 7, pode-se visualizar que apenas 15 fontes, de um total de 19, usam as expressões citadas se referindo à aplicação do BIM na infraestrutura. No entanto, no Gráfico 8, visualiza-se uma fonte que não assumiu nenhuma expressão específica, e outras três que se referiam a outros termos não mencionados: *BIM for Transportation Infrastructure*, *BIM in Infrastructure* e *BIM in the Civil Infrastructure Domain*.

Gráfico 7 - Adesão às expressões de pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Gráfico 8 - Termos que se referem ao BIM na infraestrutura adotados pelas fontes.

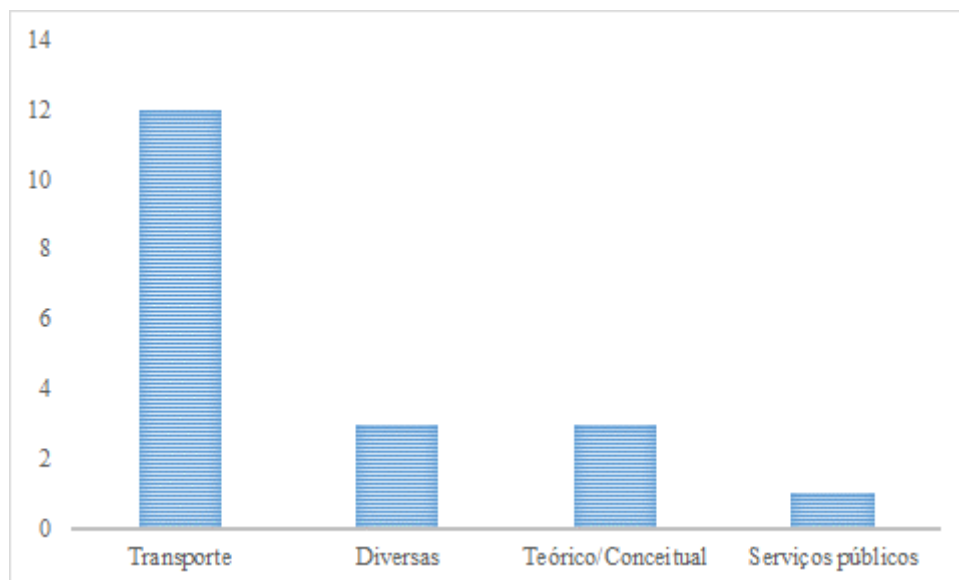


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### 3.5.2 Classificação conforme domínio da infraestrutura

Os artigos da amostra final de seleção da revisão sistemática também foram classificados de acordo com o domínio da infraestrutura abordada, conforme Cheng, Lu e Deng (2016). O Gráfico 9 sinaliza que a maioria dos estudos foram concentrados na área de transportes, com 12 publicações, incluindo trabalhos que abordam túneis, rodovia, ferrovia, revisão de literatura e implementação do *Civil Integrated Management* em agências de transporte americanas. Além disso, indica um estudo envolvendo tubulações (domínio de serviços públicos), três estudos envolvendo diversas áreas da infraestrutura e outros três estudos de cunho teórico/conceitual sobre o BIM/CIM e que não abordam nenhum tipo de empreendimento específico.

Gráfico 9 - Tipos de infraestrutura.



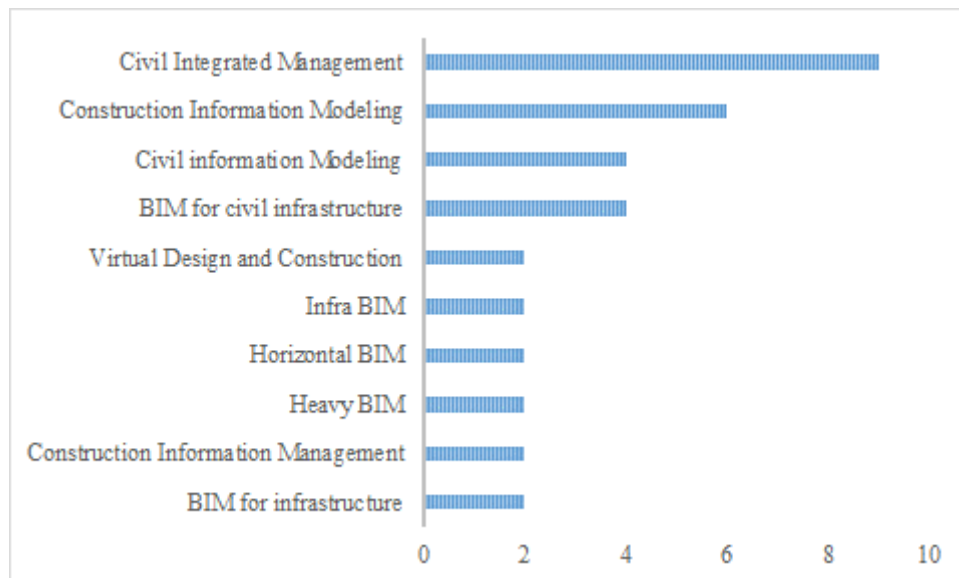
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### 3.6 CIM, seus acrônimos e significado dos termos

Como descrito anteriormente, essa pesquisa se baseia em uma série de expressões que sugerem designar a aplicação do BIM para a área de infraestrutura. Oito termos foram levantados e pesquisados inicialmente, conforme a Tabela 3. Por meio da RSL, pretende-se entender o que cada termo significa e suas aplicações. No Gráfico 10, é possível notar a recorrência de citação de termos associados à aplicação do BIM na infraestrutura em todos os estudos da amostra. Foram consideradas na construção do gráfico apenas expressões que

aparecem no mínimo duas vezes, em artigos diferentes. Pode-se observar que há citação de expressão diferente das pesquisadas (“*Virtual Design and Construction*”) bem como ênfase para os termos: “*Civil Integrated Management*” (nove artigos citaram), “*Construction Information Modeling*” (seis artigos citaram), “*Civil Information Modeling*” e “*BIM for Civil Infrastructure*” (quatro fontes citaram).

Gráfico 10 - Termos citados.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### 3.6.1 “*Construction Information Modeling*” (Japão, 2012)

O termo “*Construction Information Modeling*” foi criado pelo Ministério da Terra, Infraestrutura, Transporte e Turismo do Japão (MLIT), através do engenheiro Naoyoshi Sato, no ano de 2012, com significado de uso do BIM no desenvolvimento de infraestrutura civil, almejando principalmente a diminuição de erros, o aumento da eficiência e a melhoria na qualidade e produtividade por meio do compartilhamento de dados do modelo de produto 3D (SATO, 2013; YABUKI, 2012).

O MLIT iniciou os testes do CIM ainda em 2012, quando cada uma das nove filiais regionais do MLIT selecionou um ou dois empreendimentos com projeto detalhado para o teste. Ao todo, 11 projetos foram testados (seis projetos de pontes, quatro projetos de rodovias e um projeto de túnel). No teste, foram executados modelos 3D a partir dos desenhos 2D originais para detecção de interferências, apresentação, extração de quantitativos, etc. Para a promoção do CIM no país, foram criados o *CIM Institution Group* e o *CIM Technology Group*. O primeiro é constituído de oficiais do governo, acadêmicos e representantes da

indústria e aborda questões relacionadas a instituições, sistemas, padrões, especificações, etc. O segundo é formado principalmente por engenheiros da indústria e trata de questões técnicas como modelagem de dados, técnicas de topografia, etc. Posteriormente, foi criado um grupo intersetorial *CIM Investigation Group* (industrial-acadêmico-governamental) devido à necessidade entre setores e para a elaboração de diretrizes de introdução ao CIM, publicadas no ano de 2017. Em 2016, um outro comitê de promoção foi instituído para introduzir e divulgar o CIM no Japão (YABUKI, 2016).

### 3.6.2 “Civil Integrated Management” (EUA, 2010)

O CIM surgiu no ano de 2010, quando um comitê de tecnologia formado por membros da *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO), da *Associated General Contractors of America* (AGC) e da *American Road & Transportation Builders Association* (ARTBA) recomendou, de forma específica, o uso de máquinas automatizadas na construção de estradas e o uso do *Building Information Modeling* com o intuito de acelerar a construção de rodovias e melhorar a eficiência da construção (UNKEFER *et al.*, 2016).

O comitê também recomendou que a *Federal Highway Administration* (FHWA) adicionasse esse conceito na iniciativa *Every Day Counts* (EDC) da agência, pedido que foi aceito pela liderança da FHWA e considerado um impulso para o CIM atual. Foi o trabalho conjunto das agências o ponto de partida que preparou o caminho para o CIM. Desde então, a FHWA, a AASHTO, os principais departamentos de transportes estaduais e demais partes interessadas defendem o uso do “*Civil Integrated Management*” (UNKEFER *et al.*, 2016).

A FHWA, AASHTO, ARTBA e AGC definiram o CIM como:

O *Civil Integrated Management* (CIM) é a coleção de tecnologia habilitada, organização, acessibilidade gerenciada e uso de dados e informações precisos ao longo do ciclo de vida de um ativo de transporte. O conceito pode ser usado por todas as partes afetadas para uma ampla gama de propósitos, incluindo planejamento, avaliação ambiental, levantamento topográfico, projeto, construção, manutenção, gerenciamento de ativos e avaliação de risco. (JAHREN, 2015, p. 1-1, tradução nossa).

Entre as vantagens potenciais do CIM estão a economia de tempo e custo, melhoria no fluxo da informação e aumento da eficácia dos profissionais da agência e prestadores de

serviços, aplicáveis ao planejamento, projeto e construção, bem como à gestão do ciclo de vida de ativos (DODGE DATA & ANALYTICS, 2017).

### 3.6.3 “Civil Information Modeling” (Hong Kong - 2016)

O termo “*Civil Information Modeling*” (CIM) foi utilizado para denominar a aplicação de tecnologias BIM para projetos de infraestrutura “não-construtivos” (CHENG; LU; DENG, 2016). Apesar dos autores citarem que o termo *Civil Information Modeling* (CIM) é comumente utilizado na indústria da arquitetura, engenharia e construção (AEC), nenhuma publicação científica anterior cita esse termo. Apenas McGraw-Hill Construction (2012) faz uma alusão ao termo (e outros) para descrever o modo como empresas da indústria da construção têm implantando modelos baseados em tecnologias e processos para projetos não-construtivos, mas sem mais detalhes.

O CIM diverge em três pontos principais do BIM: (1) estrutura e componentes; (2) terminologia; e (3) metodologia de modelagem. No primeiro ponto, tem-se que as estruturas e componentes de um edifício são distintos de um empreendimento de infraestrutura, como as janelas que estão presentes num edifício, mas não numa rodovia, por exemplo. Outro detalhe está na interferência do ambiente geométrico ao redor da construção. Para edifícios, há pouca interferência, mas, no caso de boa parte das infraestruturas, elas são suscetíveis a todas as nuances do terreno, devido às suas características longitudinais (como rodovias, ferrovias e redes de distribuição). Nesse caso, utilizam-se os termos “projetos verticais” para edifícios e “projetos horizontais” para infraestruturas. No segundo ponto, as terminologias variam de infraestruturas para edifícios, até mesmo pela diferença de estruturas e componentes. No terceiro ponto, metodologia de modelagem – que varia conforme eixo de referência –, infraestruturas são alocadas horizontalmente com definição de seções transversais, enquanto edifícios são desenhados verticalmente, pavimento por pavimento. Outra diferença reside na aplicação mais frequente do GIS (Sistema de Informações Geográficas), dado o porte expressivo dos empreendimentos de infraestrutura, que acabam por demandar equipes maiores e mais interação colaborativa (CHENG; LU; DENG, 2016; BRADLEY *et al.*, 2016).

Cheng, Lu e Deng (2016) classificam a infraestrutura em cinco domínios principais: (a) infraestrutura de transporte, (b) infraestrutura de energia, (c) infraestrutura de serviços públicos, (d) infraestrutura de instalações recreativas e (e) infraestrutura ambiental; e em 13 tipos: (1) pontes, (2) rodovias, (3) ferrovias, (4) túneis, (5) aeroportos, (6) portos, (7) geração

de energia, (8) óleo e gás, (9) minas, (10) serviços públicos, (11) instalações recreativas, (12) instalações de água e esgoto, e (13) barragens, canais e diques.

#### 3.6.4 “*Construction Information Management*”

Nenhum artigo da amostra final se refere a essa expressão.

#### 3.6.5 “*BIM for Infrastructure*”

“*BIM for Infrastructure*” foi utilizado por Bradley *et al.* (2016) como termo para designação de aplicação do BIM para o setor de infraestrutura. Tal termo foi encontrado três vezes em palavras-chave e nove vezes como termo citado (duas para “*BIM for Infrastructure*”, quatro para “*BIM for Civil Infrastructure*”, uma para “*BIM in Infrastructure*”, uma para “*BIM in Infrastructure Industry*” e uma para “*BIM in the Civil Infrastructure Domain*”) em publicações na amostra da revisão sistemática.

McGraw-Hill Construction (2012) fez um compilado das aplicações e usos do BIM na infraestrutura na indústria da construção, em que trata sobre perspectivas do BIM no setor, benefícios, dados de implementação no período, tendências de implementação, abordagem de estudos de caso, retorno e investimentos (ROI), entre outras discussões. O relatório pode ser considerado um marco no setor devido à visibilidade dada ao tema – esse foi citado por sete publicações da amostra.

#### 3.6.6 “*Horizontal BIM*” e “*Heavy BIM*”

Não foram detectadas pesquisas que tenham os termos “*Horizontal BIM*” e “*Heavy BIM*” como expressão principal que designasse o uso do BIM no setor de infraestrutura. As expressões também não foram encontradas nas palavras-chave, mas foram citadas por dois estudos. O McGraw-Hill Construction (2012) também cita os termos para descrever o modo como empresas da indústria da construção têm implantado modelos baseados em tecnologias e processos para projetos não-construtivos, mas sem mais detalhes.

#### 3.6.7 Outros termos

Outros termos como “*Bridge Information Modeling*” (BrIM) e “*Tunnel Information Model*” (TIM) foram percebidos e designam aplicações do BIM em setores específicos, neste caso pontes (BrIM) e túneis (TIM).

### 3.7 Categorização dos artigos coletados

Os artigos coletados foram categorizados em seis temas conforme a Tabela 4 abaixo.

Tabela 4 – Categorização dos artigos coletados na RSL.

| TEMA                                           | Nº DE ARTIGOS |
|------------------------------------------------|---------------|
| Implementação do CIM em agências de transporte | 5             |
| Revisão de literatura                          | 4             |
| Teórico/conceitual                             | 4             |
| Soluções de modelagem                          | 3             |
| CIM para revisão de construtibilidade          | 2             |
| CIM na etapa de construção                     | 1             |

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

#### 3.7.1 Implementação do CIM em agências de transporte

A categoria de implementação do CIM em agências de transporte foi a que mais agregou publicações – são cinco, no total – e aborda a implementação e aplicação do *Civil Information Modeling* e do *Civil Integrated Management* em departamentos e agências de transporte. Guo *et al.* (2014) desenvolveram um estudo de caso com o objetivo de explorar o *status* de implementação do *Civil Information Modeling* no Departamento de Transportes dos Estados de Iowa e Missouri, nos Estados Unidos da América, e os consequentes benefícios e desafios provenientes da implementação.

Os outros quatro artigos tratam da implementação do *Civil Integrated Management* em agências de transportes. Sankaran e O'Brien (2018a) investigaram a implementação do CIM em empreendimentos reais e avaliaram o impacto das políticas do *Civil Integrated Management* e das agências de transporte no desempenho desses empreendimentos. Os autores modelaram o efeito das práticas do CIM na redução de mudanças, melhoria na qualidade do trabalho, benefícios em segurança, entre outros, por meio da compilação de

estudos de caso envolvendo 12 empreendimentos rodoviários nos Estados Unidos e um megaprojeto no Reino Unido.

Guo *et al.* (2017) definem a visão e o conceito do CIM e propõe uma estrutura inicial de implementação para auxiliar agências de transporte na transição da entrega de projetos 2D em papel para entrega em 3D digital. Os autores coletaram informações a respeito de práticas CIM por meio de visitas a sete agências de transporte dos Estados Unidos. Eles também apontaram que a coleta e gerenciamento eficazes de um *pool* de dados corporativos durante todo o ciclo de vida de um ativo de transporte é altamente desejável para tomar melhores decisões.

Sankaran e O'Brien (2018b) formularam um modelo unificado de maturidade CIM, com o objetivo de produzir uma abordagem de mensuração útil e confiável para ser utilizada pelas agências rodoviárias que fazem uso do CIM. Eles avaliaram as interações entre os fatores principais que influenciam a integração de tecnologias CIM nas agências e consideraram atributos de ordem tecnológica, contratual, legal e organizacional, que podem ter diferentes níveis de implementação e importância no contexto CIM.

Sankaran *et al.* (2018) investigaram o uso do CIM em 42 agências de transporte estaduais dos Estados Unidos, e avaliaram o estado das práticas CIM e a influência das principais políticas das agências (especificações de contrato, métodos de entrega de projetos e orçamento) no uso da CIM, por meio de análises estatísticas. Os autores também desenvolveram um sistema formal de avaliação da utilização das práticas CIM.

### 3.7.2 Revisão de literatura

Os artigos incluídos nesse tema desenvolveram revisões de literatura sobre aplicação do BIM no setor de infraestrutura. Bradley *et al.* (2016) e Cheng, Lu e Deng (2016) fazem uma ampla revisão sistemática da literatura sobre a aplicação do BIM no setor de infraestrutura como um todo, abrangendo os mais diversos tipos de infraestrutura, enquanto Costin *et al.* (2018) e Shou *et al.* (2014) focam na área de transportes.

Shou *et al.* (2014) fornecem uma análise comparativa do *status* de implementação do BIM na indústria da construção civil e infraestrutura (aeroportos, pontes e estradas). Os autores exploraram o nível de uso do BIM na prática a partir de 40 estudos de caso e identificaram 13 principais usos BIM encontrados em artigos de periódicos e anais de eventos representativos dessa área. Foram coletados outros 24 estudos de caso industriais, sendo 15 da infraestrutura e nove da construção, que enfatizam o uso do BIM nas etapas de projeto e

construção. O artigo também lista 42 diretrizes e padrões BIM no mundo e extraiu deles 31 usos BIM das áreas de planejamento, projeto e construção. Shou *et al.* (2014) concluem que os estudos de caso acadêmicos mostram o alto nível de implementação do BIM na prática e que o desenvolvimento inicial do BIM na infraestrutura pode ser associado à experiência existente no setor de construção civil; também afirmam que o BIM tem se expandido para o campo de pontes, estradas e outras infraestruturas e listam ainda quatro implementações emergentes de BIM na prática de infraestrutura: visualização, coordenação, análise e integração da cadeia de suprimentos.

Costin *et al.* (2018) apresentam uma revisão de literatura abrangente e uma análise crítica sobre uso BIM para infraestruturas de transporte, principalmente em estradas, rodovias e pontes. Foram revisadas 189 publicações, entre artigos de periódicos, anais de conferências e relatórios, na área de BIM para infraestrutura de transporte, além de esquemas e formatos de arquivo de nove categorias e 34 áreas relacionadas à infraestrutura de transporte. Os resultados revelam lacunas e tecnologias emergentes necessárias para facilitar pesquisas e aplicações na academia e no setor em questão. Revelam também a necessidade de um padrão neutro de troca de dados e de um esquema para promoção da interoperabilidade. Além disso, evidencia-se a necessidade de colaboração contínua entre a academia e a indústria para superar boa parte dos desafios e realizar plenamente o potencial do BIM na infraestrutura de transporte.

### 3.7.3 Teórico/conceitual

Essa temática abarca publicações que tratam da explicação e esclarecimento sobre os termos e/ou paradigmas em estudo e pode envolver definições, conceitos, diretrizes, promoção de metodologias e estabelecimento de padrões.

Yabuki (2012, 2016) discorre a respeito do *Construction Information Modeling*. Yabuki (2012) trata brevemente do BIM e o CIM no Japão. Segundo o autor, o termo *Construction Information Modeling* foi criado pelo Ministério da Terra, Infraestrutura, Transporte e Turismo do Japão (MLIT) para designar a aplicação do BIM na infraestrutura civil. Yabuki (2016) descreve o esboço dos projetos-piloto realizados pelo MLIT, comenta sobre as organizações e grupos para promoção e disseminação do CIM, sobre o empenho na elaboração de diretrizes para introdução do CIM e discute o futuro do *Construction Information Modeling* no Japão.

Unkefer *et al.* (2016) trazem esclarecimentos sobre o *Civil Integrated Management*, definindo o CIM, sua origem, aplicações e usos, além de componentes presentes em empreendimentos produzidos na plataforma CIM. Yabuki (2010) trata da adoção do BIM no domínio da infraestrutura civil, abordando problemas como a lentidão da adoção do BIM nesse domínio quando comparado à construção civil, os obstáculos para a adoção e os requisitos para a promoção do BIM, como também a eficácia e a necessidade do paradigma na infraestrutura. Yabuki (2010) conclui, entre outras coisas, que a mentalidade conservadora, o método rígido de contrato *Design-Bid-Build* (DBB)<sup>5</sup>, a ausência de modelos padrão e a falta de comunicação entre engenheiros civis e especialistas em tecnologia da informação, são obstáculos à adoção do BIM. O autor indica que, para a promoção do BIM no domínio da infraestrutura civil, seria necessário um formato de contrato flexível, padrões e ferramentas interoperáveis, além do apoio do governo, que inclui visão, estratégia, educação, pesquisa e desenvolvimento.

### 3.7.4 Soluções de modelagem

A temática sobre modelagem reúne publicações que focam na análise ou desenvolvimento de métodos e ferramentas que propiciem modelagens de parâmetros de projeto e condições existentes.

Ninic, Koch e Stascheit (2017) apresentam o SATBIM, uma plataforma abrangente para incorporar representações multinível em BIM e que possibilita informações e modelagem numérica, preservando a consistência dos dados em diferentes LODs dentro de um ambiente unificado. O artigo tem foco na ligação entre a modelagem semântico-geométrica de túneis de blindagem em diferentes LODs, a análise numérica e a visualização de resultados centrais da análise numérica.

Javadnejad *et al.* (2017) desenvolveram um estudo de caso explorando o uso de LiDAR e *Unmanned Aircraft Systems* (UAS), tecnologias do *Civil Integrated Management*, no registro e processamento de nuvem de pontos para fins de modelagem de tubulações.

Hidaka (2018) propõe um método para criação de modelos poligonais baseados em similaridade geométrica. O principal objetivo da publicação é criar automaticamente um modelo poligonal a partir de dados de nuvem de pontos de grandes e longas infraestruturas,

---

<sup>5</sup>*Design-Bid-Build*: conhecido como “projeta, licita e constrói”. Nesse tipo de contrato, o proprietário, projetista e construtor são atores distintos e não trabalham de forma integrada. O proprietário licita a construção através dos projetos e aquele que oferecer a melhor proposta, ganha o contrato para construção da obra.

adquiridos com o *Mobile Mapping System* (MMS), para utilização em aplicativos CIM (*Construction Information Modeling*). Os autores usaram estudos de caso reais, de um quebra-mar de porto e um monotrilho, para validar o método proposto.

### 3.7.5 CIM para revisão de construtibilidade

Nessa categoria, Liaua e Linb (2017) e Lin, Yen e Hu (2017) desenvolveram estudos de caso sobre a aplicação do *Civil Information Modeling* para a revisão da construtibilidade de rodovias e ferrovias, respectivamente.

### 3.7.6 CIM na etapa de construção

Essa categoria tem apenas um artigo que discute os esforços empenhados na elaboração de um modelo CIM (*Construction Information Modeling*) durante a construção de um túnel no Japão. Sawamura, Iwamoto e Kashihara (2014) discorrem sobre o modelo que integra dados geográficos, geológicos e dados de projeto (obtidos antes da construção), informações de atributos ao modelo tridimensional (dados obtidos durante a construção) e dados de rachadura no revestimento para manutenção em serviço (obtidos após a construção). O estudo de caso inovou o CIM ao construir um modelo que unifica o gerenciamento de informações sobre as condições da geologia e da construção, e que permite executar com eficiência a construção de túneis.

## 3.8 Considerações gerais

A RSL exposta acima teve como objetivo principal ampliar conhecimentos sobre a aplicação da Modelagem da Informação da Construção no setor de infraestrutura, e responder às questões de pesquisa:

- (1) existe um ramo específico que norteie a aplicação do BIM na área de infraestrutura?
- (2) há alguma denominação própria e o que ela significa?
- (3) quais subáreas da infraestrutura têm sido estudadas?

Sobre a questão (1), foi observado que sim, existe ramo específico da aplicação do BIM, mas exclusivo para área de transportes (especialmente rodovias), o *Civil Integrated Modeling*, concebido e aplicado majoritariamente em agências e departamentos de rodovias

dos EUA. Em relação à questão (2), há denominações próprias – como o caso do CIM (*Civil Integrated Modeling*), que é bem definido e adotado nos EUA –, mas também denominações aparentemente regionais, como *Civil Information Modeling* em Hong Kong, *Construction Information Modeling* no Japão e *BIM for Infrastructure* na indústria de modo geral. Sobre a questão (3), a subárea mais estudada é a de transportes, conforme exibido no Gráfico 9, e que converge com os trabalhos de Cheng, Lu e Deng (2016) e Bradley *et al.* (2016).

Apesar dos vários estudos sobre a aplicação do BIM pelo setor da infraestrutura, percebe-se que ainda há uma variedade de termos e expressões que abarcam o tema, o que o torna disperso. Embora considerada por muitos incipiente na infraestrutura frente às edificações, vê-se avanços e consolidações na aplicação do BIM, principalmente no domínio de transportes. Outra realidade se refere aos países e regiões onde essa aplicação é mais desenvolvida. Nessa RSL, a América do Norte (EUA, oito) e a Ásia (nove) predominam no contexto. Na pesquisa de Bradley *et al.* (2016), China, Coreia e vizinhança acumulam, aproximadamente, 40% das publicações sobre infraestrutura, enquanto América do Norte e Europa somam, aproximadamente, 25% dessas publicações. Os autores comentam que países do leste asiático estão produzindo muitos trabalhos no setor de infraestrutura, ao passo que o foco do continente europeu foi em edifícios e projetos, mas crescendo em infraestrutura.

Os artigos também foram divididos em seis categorias, tendo acumulado mais publicações na categoria de implementação do CIM em agências de transporte, com cinco artigos, seguida de revisão de literatura e teórico/conceitual, com quatro artigos cada.

### **3.9 Sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário**

Como apontado na Revisão Sistemática de Literatura tem crescido o número de estudos que abordam a aplicação do *Building Information Modeling* na área de infraestrutura, com destaque para o domínio de transportes. Entre os domínios pouco estudados está o de serviços públicos que, segundo Cheng, Lu e Deng (2016), abrange eletricidade, gás natural, sistemas de distribuição de água e coleta de esgotos, e oleodutos.

Considerando a relevância dos sistemas de distribuição de água e coleta de esgotos para o cotidiano das cidades e sua população; os impactos na saúde, economia e qualidade de vida das pessoas; e a complexidade dos empreendimentos no campo da infraestrutura foi estabelecido como objeto de pesquisa deste estudo a aplicação do BIM em projetos de infraestrutura de serviços públicos (sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário).

### 3.9.1 Contextualização

Os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário são parte do conjunto de serviços e instalações essenciais à promoção da saúde chamado de saneamento. Há anos o saneamento é tema de discussões e debates públicos no Brasil e no mundo. É reconhecido que o investimento nesse tipo de infraestrutura gera ganhos de qualidade de vida e qualidade ambiental, diminuindo a incidência de doenças e reduzindo gastos com saúde. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), a cada US\$ 1,00 investido em serviços de saneamento básico, aproximadamente US\$ 4,00 são economizados em custos de saúde no mundo (WHO, 2012).

O ano de 2008 foi declarado como o Ano Internacional do Saneamento pela Organização das Nações Unidas com o intuito de defender e conscientizar sobre a importância do tema, e chamar a atenção para a necessidade de tornar o saneamento acessível e disponível para todos, preservando o direito a uma vida saudável e digna (UN WATER, 2008). Em 2010, a Assembleia Geral das Nações Unidas reconheceu o direito à água e ao saneamento e, em 2015, a Cúpula de Desenvolvimento Sustentável adotou a Agenda 2030, que estabelece 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), sendo o ODS nº 6 assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos (UN, 2020).

A Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização das Nações Unidas (ONU) definem saneamento como “manejo seguro dos excrementos humanos” (UN WATER, 2008, p. 10, tradução nossa), em geral por meio de banheiro, que permita a contenção dos excrementos e posterior armazenamento e tratamento no local, ou o transporte, tratamento e descarte seguro. A ONU também entende saneamento como um conceito de “vida limpa, livre de contato com excrementos e outros agentes transmissores de doenças” (UN WATER, 2008, p. 10, tradução nossa) e inclui a limpeza ambiental, o ato de lavar as mãos, a coleta de lixo e a disposição de águas residuais. Para a OMS, o termo também abrange o gerenciamento seguro de resíduos sólidos e de animais e, quando ausente ou inadequado, é um dos grandes causadores de doenças infecciosas. Em contrapartida, o investimento em saneamento promove o avanço em saúde e desenvolvimento econômico (UN WATER, 2008; WHO, 2020).

A ONU Brasil define saneamento como “provisão de instalações e serviços para o gerenciamento e o descarte de resíduos líquidos e sólidos gerados por atividades humanas” e como “controle dos fatores para obter e garantir a saúde pública, através de um conjunto de

ações, recursos e técnicas. É dividido em Saneamento Ambiental, Saneamento Básico e Saneamento Geral” (NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL, 2018, n.p).

No Brasil, o saneamento básico é considerado um direito pela Constituição Federal e está regulamentado pela Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, conhecida como Lei do Saneamento, que estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico. Segundo a lei, saneamento básico é definido como:

[...] conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais, limpeza e fiscalização preventiva das respectivas redes urbanas. (BRASIL, 2007).

Dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento dão conta que, em 2018, a média nacional da população atendida com rede de água e de esgoto foi de 83,6% e 53,2% respectivamente. O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) estabeleceu que os municípios brasileiros devem ter universalizados os serviços de saneamento básico até o ano de 2033<sup>6</sup>. Apesar do pico de investimentos no valor de R\$ 15,2 bilhões no ano de 2014, houve queda na aplicação de recursos em anos posteriores, chegando ao valor de R\$ 10,9 bilhões em 2017, quando estima-se que seriam necessários aportes de R\$ 21,7 bilhões anuais para a universalização dos serviços de saneamento no Brasil até 2033 (valor considerando o período de 2018-2033) (BRASIL, 2014, 2019b; CNI, 2019).

Um estudo desenvolvido pelo Instituto Trata Brasil aponta que, entre os anos de 2004 e 2016, o Brasil obteve R\$ 201,544 bilhões de retorno dos investimentos aplicados em saneamento. Considerando a expectativa do avanço do saneamento básico e sua universalização no ano de 2036<sup>7</sup>, estima-se que, em um período de vinte anos (2016 a 2036), os benefícios decorrentes da universalização do saneamento devem ser da ordem de R\$ 1,126 trilhão no país. Somente a economia com saúde (incluindo despesas do SUS e afastamento do trabalho) deve alcançar, aproximadamente, R\$ 5,95 bilhões no país (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2018).

Quase a totalidade da prestação dos serviços de saneamento básico está sob a administração do setor público: 98% dos municípios brasileiros são atendidos por prestadores

---

<sup>6</sup> O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) estipula que os municípios brasileiros devem ter universalizados os serviços de saneamento básico até o ano de 2033.

<sup>7</sup> O Instituto Trata Brasil produziu um estudo que adota um intervalo de tempo de 20 anos (2016-2036) e simula a universalização do saneamento básico no Brasil no ano de 2036.

públicos ao passo que apenas 2% possuem concessão plena ao mercado privado. Somente 325 dos 5570 municípios – isto é, 6% –, possuem algum tipo de participação privada no setor de saneamento, seja com concessões plenas ou parciais, parcerias público-privadas, contratos de gestão, ou outro tipo de parceria. Em relação aos prestadores públicos, 71% dos municípios são cobertos por companhias estaduais de saneamento (empresas públicas) e 27% por prestadores locais e microrregionais (ABCON; SINDCON, 2019, 2020).

Até o ano de 2016, a Administração Pública estava sujeita à Lei nº 8.666/93 no que diz respeito às normas para licitações e contratos no âmbito dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. A lei prevê, para execução de obras e prestação de serviços, os regimes de empreitada por preço unitário, empreitada por preço global, empreitada integral e contratação por tarefa. Ela exige projeto básico aprovado pela autoridade competente e disponível aos interessados em participar do processo licitatório e o orçamento detalhado (BRASIL, 1993).

A partir de 2016, empresas públicas, sociedades de economia mista e subsidiárias que explorem atividade econômica de produção ou comercialização de bens ou de prestação de serviços no âmbito da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios passaram a ser regidas por uma legislação específica, a Lei nº 13.303/2016, mais conhecida como “Lei das Estatais”. Ela estabelece regras de governança e outros mecanismos para a condução de empresas públicas, inclusive normas específicas de licitação e contratos. A lei das estatais passa a permitir, além dos regimes dispostos na Lei 8.666/93, a contratação integrada e a semi-integrada. Na contratação integrada, licita-se um anteprojeto, ficando sob responsabilidade da empresa ganhadora a elaboração dos projetos básico e executivo. Já na contratação semi-integrada, licita-se o projeto básico, sendo responsabilidade da empresa ganhadora a elaboração do projeto executivo (BRASIL, 2016).

### 3.9.2 Características gerais de sistemas coletivos de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

Um sistema de abastecimento de água é resumido basicamente em cinco etapas: captação, adução, tratamento, reservação e distribuição. A captação consiste na coleta de água bruta do manancial. A adução engloba o transporte da captação até uma estação de tratamento de água (ETA), onde a água bruta é tratada até atingir os padrões de potabilidade exigidos. Em seguida, a água é conduzida para a reservação e, posteriormente, é distribuída aos consumidores.

Um sistema de esgotamento sanitário pode ser resumido em três etapas: coleta, tratamento e disposição final. Na etapa de coleta, acontece o recolhimento dos dejetos, que são transportados até uma estação de tratamento de esgotos (ETE), onde é realizado o tratamento desses para que alcancem parâmetros aceitáveis para o devido descarte. Os efluentes tratados seguem, então, para a disposição final, podendo ser lançados em corpos d'água ou encaminhados para o reuso.

Para fazer funcionar esses processos, várias infraestruturas são necessárias, como adutoras, estações elevatórias, estações de tratamento, estruturas de reservação, redes de coleta, redes de distribuição, entre outras, que são, na maioria dos casos, bem distintas das estruturas de uma edificação, podendo ser ora mais simples ora mais complexas. Algumas das características marcantes desses sistemas são a horizontalidade de suas redes, que se alastram por grandes áreas e podem ser georreferenciadas e acopladas a sistemas de informações geográficas (SIG), e a complexidade das instalações das estações de tratamento, que podem ter vultuosas estruturas, além de variadas e volumosas instalações hidráulicas e sistemas mecânicos.

### **3.10 Síntese do capítulo**

Este capítulo fez um breve comentário sobre infraestrutura, citou algumas classificações utilizadas no Brasil e em publicações acadêmicas, e desenvolveu uma revisão sistemática da literatura, através de um protocolo de pesquisa bem definido, que varreu diversas bases de pesquisas em busca de artigos que abordam a aplicação do BIM na infraestrutura. Foram pesquisadas diversas expressões e termos associados ao BIM para infraestrutura, que foram devidamente explicados, e as publicações selecionadas foram divididas conforme tema abordado, totalizando seis categorias.

Também discorreu a respeito do saneamento no Brasil e no mundo. Contextualizou a importância do tema e os esforços na área, abordando a legislação, regulação e investimentos do Brasil no setor. Foram apresentadas características gerais de sistemas coletivos de abastecimento de água e esgotamento sanitário, citando as etapas e estruturas que compõem os sistemas.

## 4 MÉTODO DE PESQUISA

O presente capítulo descreve os procedimentos metodológicos adotados para esse trabalho de pesquisa, abordando a estratégia de pesquisa utilizada e o delineamento adotado com a descrição de suas etapas.

### 4.1 Estratégia de pesquisa

A estratégia de pesquisa adotada nesse estudo é a *Design Science Research* (DSR). Esse método de pesquisa, voltado para a solução de problemas de cunho teórico-prático, é utilizado como forma de aproximar teoria e prática. Ele fundamenta e operacionaliza a condução da pesquisa que tem como objetivo criar e avaliar um artefato ou uma prescrição a partir do entendimento de determinado problema. Por meio da criação e avaliação dos artefatos, é possível promover mudanças de situações, produzindo estados melhores ou desejáveis (DRESCH; LACERDA; ANTUNES, 2015).

Os artefatos, produtos resultantes da DSR, podem ser compreendidos como algo artificial, que é inventado pelo homem, podendo ser caracterizados em termos de objetivos, funções e adaptações; ou ainda como interface entre um ambiente interno e externo de um sistema (DRESCH; LACERDA; ANTUNES, 2015; SIMON, 1996). Os artefatos são classificados em cinco tipos: *constructos*, modelos, métodos, instanciações e *design propositions*, conforme descritos no Quadro 5 (MARCH; SMITH, 1995; VAN AKEN, 2011).

Quadro 5 – Tipos de artefato.

| 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: Adaptado de March e Smith (1995) e Van Aken (2011).

É característica fundamental do trabalho de pesquisa que adota DSR como método a solução de problemas específicos (DRESCH; LACERDA; ANTUNES, 2015). Na presente pesquisa, tem-se como problema específico a introdução do *Building Information Modeling* no processo de projeto da Gerência de Projetos da Companhia de Águas e Esgoto do Rio

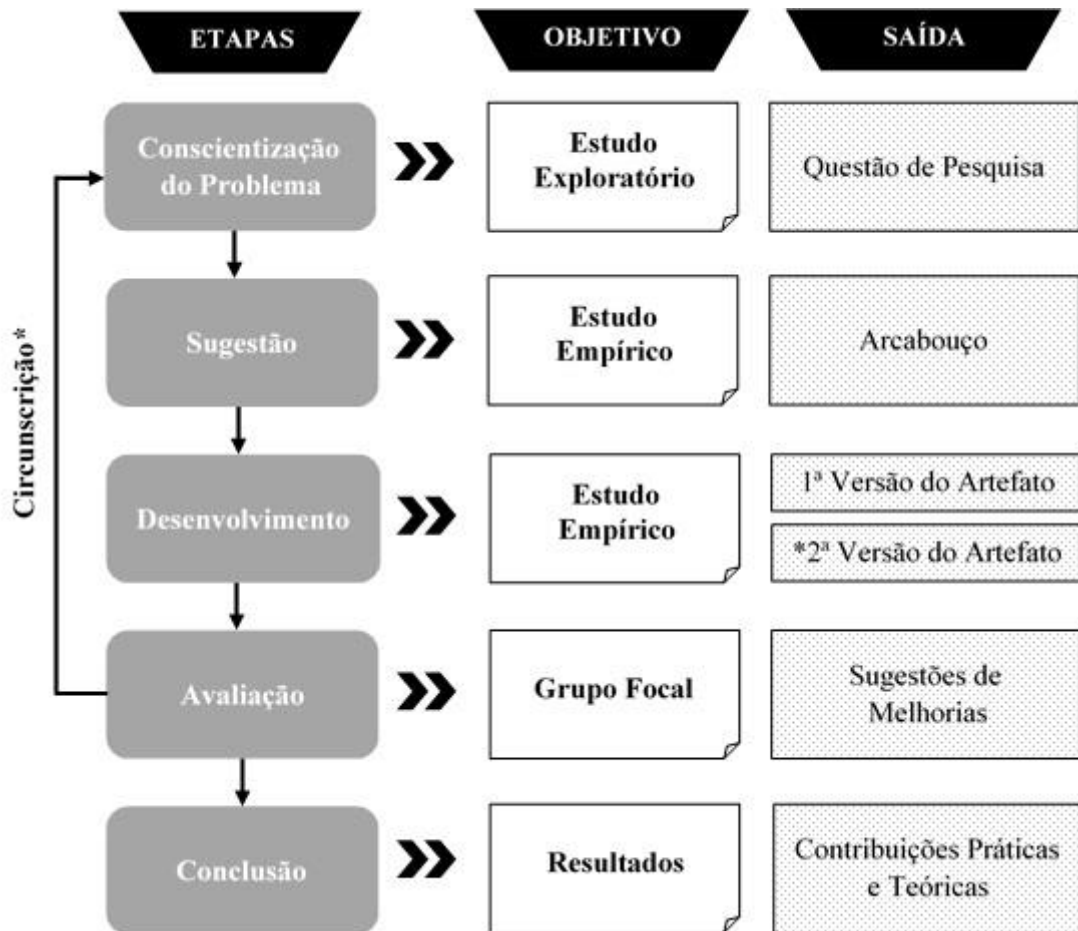
Grande do Norte, não visando a solução ótima, mas a solução satisfatória para o contexto analisado. O artefato desenvolvido para resolução de tal problema é classificado como um método e constitui-se de um conjunto de diretrizes para orientar a adoção do BIM no processo de projeto da referida gerência.

Apesar de boa parte dos problemas das organizações serem específicos, as soluções geradas pela DSR precisam permitir a generalização das prescrições estabelecidas para uma determinada classe de problemas. Define-se classe de problemas como “a organização de um conjunto de problemas práticos ou teóricos que contenha artefatos úteis para a ação nas organizações” (DRESCH; LACERDA; ANTUNES, 2015, p. 104). As classes permitem que o conhecimento produzido a partir da construção de artefatos para a solução de problemas em contextos específicos, quando generalizado, possa ser encaixado em determinada classe de problemas e possa ser acessível a organizações ou pesquisadores em situações parecidas (DRESCH; LACERDA; ANTUNES, 2015). Na presente pesquisa, a classe de problema é entendida como o conjunto de artefatos que propõe a introdução do BIM em instituições públicas que atuam no setor de infraestrutura de serviços públicos – área de abastecimento de água e esgotamento sanitário.

#### **4.2 Delineamento da pesquisa**

Dresch, Lacerda e Antunes (2015) citam vários autores que formalizaram diferentes passos para a condução de pesquisas orientadas pela *Design Science Research*. Entre eles, Vaishnavi, Kuechler e Petter (2019), que propõe a condução da DSR dividida em cinco etapas: conscientização do problema, sugestão, desenvolvimento, avaliação e conclusão. Essa estrutura norteou o desenvolvimento deste estudo, conforme a Figura 10, que apresenta o delineamento adotado para esta pesquisa, com a especificação das etapas do processo.

Figura 10 – Delineamento adotado para a pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

#### 4.2.1 Conscientização

A etapa de conscientização do problema diz respeito à percepção, compreensão e conscientização do problema que será analisado e pretende-se solucionar. Tem como objetivo central um estudo exploratório, que nessa pesquisa tem como tema a aplicação do BIM no setor de infraestrutura.

Para tanto, foi realizada uma revisão sistemática de literatura, que abrangeu termos associados ao BIM na infraestrutura, no período de 2008 a 2018. A partir da RSL percebeu-se a infraestrutura de serviços públicos – área de abastecimento de água e esgotamento sanitário – como uma lacuna de pesquisa a ser estudada. Definiu-se, então, como objeto de pesquisa dessa dissertação “a aplicação do BIM em projetos de infraestrutura de serviços públicos (sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário).”.

Em um segundo momento, com a realização de uma revisão bibliográfica, buscou-se conceitos e definições associados ao *Building Information Modeling* e à área de saneamento

básico para compor a teoria necessária ao desenvolvimento desse estudo. Ambos estão dispostos nos capítulos 2 e 3, respectivamente, do referencial teórico.

Considerando que o domínio da infraestrutura e a prestação de serviços públicos no Brasil, inclusive de saneamento básico (abastecimento de água e esgotamento sanitário), estão, na maioria dos casos, sob o controle do poder público, também nessa etapa fez-se um estudo diagnóstico do uso do BIM em nível estadual no RN, nos principais órgãos públicos responsáveis pela fiscalização, projeto e planejamento, execução, manutenção e operação de empreendimentos de infraestrutura.

Esse levantamento tem como objetivos principais o diagnóstico da atual conjuntura no estado do Rio Grande do Norte em relação à aplicabilidade do BIM em infraestrutura, a caracterização em incipiente ou avançada, a percepção e adesão ao Decreto nº 9.983/2019 e a análise de que forma o BIM tem sido utilizado (caso já façam uso da metodologia). Esse estudo visa entender o contexto em que essa pesquisa se desenvolve e situar a relevância das soluções propostas.

Foram selecionados 21 órgãos das esferas estadual, federal (que têm atuação dentro do estado) e municipal da cidade de Natal (por ser capital e município mais populoso do estado, além de concentrar o acesso a tecnologias e enfrentar grandes problemas estruturais urbanos). Também foi escolhida uma organização privada, responsável pela operação do aeroporto, dado um contexto específico. A princípio, a intenção era realizar a entrevista na INFRAERO, empresa pública nacional, responsável pela operação aeroportuária no Brasil, mas o aeroporto local teve a totalidade da operação privatizada. As organizações selecionadas estão listadas no Quadro 6.

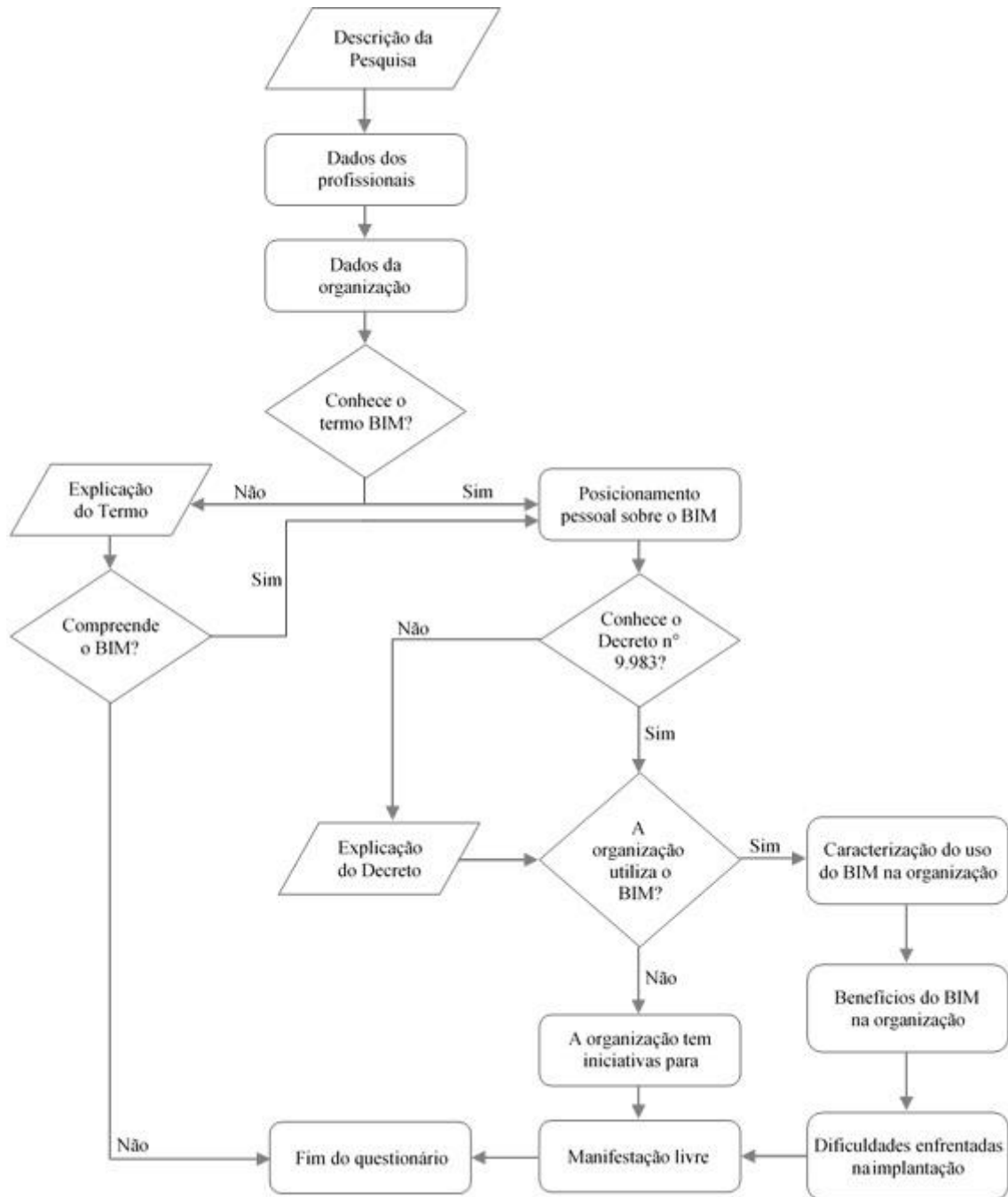
O diagnóstico foi realizado por meio da aplicação de entrevistas semiestruturadas nas organizações indicadas. O contato com os órgãos selecionados aconteceu por meio de indicação e da protocolização de ofícios solicitando autorização para a realização do diagnóstico. Em cada órgão, foi solicitado um profissional do setor responsável pela engenharia, que tivesse conhecimento sobre o funcionamento, atribuições e atividades do setor e da organização como um todo. Por essa razão, buscou-se preferencialmente chefes e engenheiros responsáveis. Na Figura 11 está apresentado o fluxograma do questionário utilizado nas entrevistas, disponível em sua versão completa no Apêndice A.

Quadro 6 – Organizações selecionadas para o diagnóstico do BIM no RN.

| <b>ESFERA</b> | <b>ORGANIZAÇÃO</b>                                                               |
|---------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Municipal     | SEMOV – Secretaria Municipal de Obras Públicas e Infraestrutura                  |
|               | SEMURB – Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Urbanismo                       |
| Estadual      | CAERN – Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte                      |
|               | CBM – Corpo de Bombeiros Militar                                                 |
|               | DER – Departamento de Estradas de Rodagens                                       |
|               | IDEMA – Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente                 |
|               | SEMARH – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos           |
|               | SIN – Secretaria de Estado da Infraestrutura                                     |
|               | TCE – Tribunal de Contas do Estado                                               |
|               |                                                                                  |
| Federal       | CBTU – Companhia Brasileira de Trens Urbanos                                     |
|               | CODERN – Companhia Docas do Rio Grande do Norte                                  |
|               | DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes                    |
|               | EB – Exército Brasileiro                                                         |
|               | FAB – Força Aérea Brasileira                                                     |
|               | IFRN – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte |
|               | IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional                   |
|               | MB – Marinha do Brasil                                                           |
|               | PETROBRÁS – Petróleo Brasileiro S.A.                                             |
|               | TCU – Tribunal de Contas da União                                                |
|               | UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte                               |
| Privada       | INFRAMÉRICA – Consórcio Inframérica Aeroportos                                   |

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Figura 11 - Fluxograma do questionário utilizado no diagnóstico do BIM no RN.



Fonte: Adaptado de Carmona e Carvalho (2017).

#### 4.2.2 Sugestão

A segunda etapa, a sugestão, tem como objetivo apontar possíveis formas de solução para o problema apresentado na etapa de conscientização. Baseando-se no método abdutivo, aplicado quando o pesquisador sugere possíveis soluções para resolver um determinado problema usando essencialmente de sua criatividade e conhecimentos prévios (DRESCH;

LACERDA; ANTUNES, 2015; VAISHNAVI; KUECHLER; PETTER, 2019), foram estabelecidas as premissas e requisitos que balizaram a construção do artefato.

Inicialmente, optou-se por demarcar o contexto de desenvolvimento do artefato e suas prescrições. O contexto compreende a escolha e delimitação do ambiente de desenvolvimento e funcionamento do artefato criado, quais aspectos desse ambiente serão abordados e qual tipo de artefato será proposto. Nessa pesquisa, o contexto escolhido foi a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (Caern), empresa pública responsável por quase a totalidade dos sistemas de distribuição de água e coleta de esgotos do estado do RN, sendo a Gerência de Projetos (GPR) o ambiente interno de desenvolvimento e funcionamento do artefato. Dada a responsabilidade da GPR em conceber e elaborar projetos de variadas naturezas na área de saneamento básico, optou-se pelo enfoque na fase de projeto e orçamentação, de modo particular, na produção de projetos e orçamentos de redes de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Como artefato, decidiu-se pela construção de um método que propõe diretrizes que abordam práticas, procedimentos e processos que orientem a adoção do BIM no processo de projeto de redes de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Ainda na etapa de sugestão foi definido um estudo empírico na Gerência de Projetos com intuito de realizar um diagnóstico do setor.

#### 4.2.3 Desenvolvimento

A próxima etapa é o desenvolvimento, nela a sugestão é operacionalizada. É nessa etapa que ocorre a execução do estudo empírico e a construção do ambiente interno do artefato. O ambiente interno é definido como o conjunto de componentes que integram o artefato e suas relações, isto é, a organização do artefato, (SIMON, 1996 apud VAISHNAVI; KUECHLER; PETTER, 2019) que neste trabalho de pesquisa corresponde à elaboração das diretrizes que constituem o método (artefato) sugerido.

O estudo empírico foi desenvolvido na Gerência de Projetos da Caern objetivando caracterizar a instituição e realizar um diagnóstico da Gerência, identificando o processo de projeto, as práticas atuais de trabalho e as necessidades e desafios vivenciados pela equipe de projeto. A partir do diagnóstico, da revisão de literatura e dos conhecimentos prévios do pesquisador, foi elaborada a primeira versão do método (artefato) proposto, levando em conta as principais necessidades e desafios apontados pela equipe da Gerência de Projetos.

#### 4.2.3.1 Estudo Empírico

O Estudo empírico foi realizado na Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte, especificamente na Gerência de Projetos da Companhia. A GPR foi escolhida por indicação do então gerente de empreendimentos da Caern, que tinha a intenção de começar a fazer uso de um pacote de softwares BIM adquiridos pela instituição, mas que estava inoperante devido ao despreparo da equipe. Como eram softwares para desenvolvimento de projetos e considerando a intenção do gerente de começar a implantação do BIM pelo setor de projetos, decidiu-se pelo desenvolvimento da pesquisa na GPR.

O primeiro passo foi a formalização da pesquisa com a assinatura de um termo de cooperação entre a Universidade e a Companhia, com comprometimento na concessão de dados e autorização da prática de atividades científicas por parte da Companhia e da apresentação do artefato produzido por parte da Universidade.

Em seguida, foi realizado um estudo diagnóstico que, segundo os critérios de Yin (2001), tem evidências utilizadas com origem nas seguintes fontes: documentação, entrevista e observação participante, conforme especificado no Quadro 7, e posterior tabulação e avaliação dos dados coletados.

Quadro 7 – Fontes de Evidência utilizadas na pesquisa.

| <b>FONTES DE EVIDÊNCIA</b> | <b>DIAGNÓSTICO GPR</b>                                                                                                            |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Documentação               | Mapa de processos; layout do espaço físico; quadro de profissionais; dados de produção de projetos nos anos de 2016, 2017 e 2018. |
| Observação Participante    | Participação em cinco reuniões, totalizando, aproximadamente, 5h.                                                                 |
| Entrevista                 | Entrevista com uma amostra dos profissionais: chefes, engenheiros, técnicos e arquiteto.                                          |

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

##### (a) Documentos

Foram disponibilizados pela organização os seguintes documentos:

- O mapa de processos da GPR;
- O layout do espaço físico onde funciona a GPR;
- A relação dos profissionais que compõem a GPR;
- Dados de produção de projetos nos anos de 2016, 2017 e 2018;

### (b) Observação Participante

Foram realizadas cinco reuniões, com a presença do diretor da Diretoria de Empreendimentos e de um engenheiro experiente da Gerência de Projetos, com intuito de conhecer o trabalho da Companhia, sua missão e valores, como se organiza hierarquicamente e políticas adotadas. Também serviu de coleta de dados sobre o escopo das atividades desenvolvidas na GPR, atribuições e competências de seu corpo técnico, como funciona o atual fluxo de processo e especificidades de uma empresa pública.

- Reunião 1: ocorrida dia 14/01/2019, com início às 9h15 e término às 10h15 (1h);
- Reunião 2: ocorrida dia 14/02/2019, com início às 9h30 e término às 10h40 (1h10min);
- Reunião 3: ocorrida dia 15/03/2019, com início às 15h30 e término às 16h30 (1h);
- Reunião 4: ocorrida dia 24/05/2019, com início às 11h e término às 12h (1h);
- Reunião 5: ocorrida dia 02/09/2019, com início às 15h e término às 15h30 (30min);

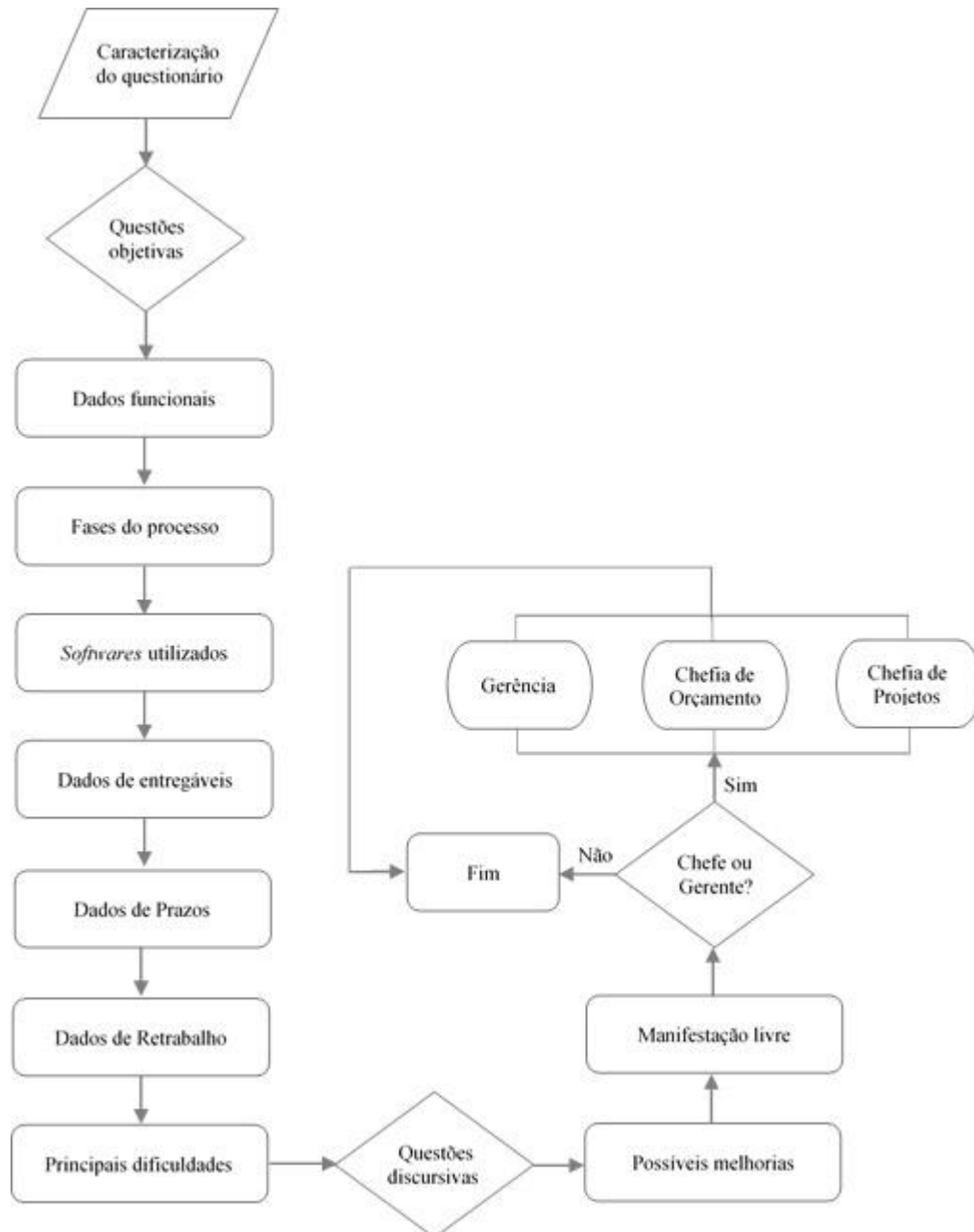
### (c) Entrevista

A realização de entrevista teve como objetivo colher informações a respeito das atividades vivenciadas quotidianamente na Gerência de Projetos, por meio de seus profissionais, para melhor compreender o funcionamento do setor, os processos internos, desafios, sucessos e necessidades. As entrevistas foram do tipo semiestruturadas, que permitem ao pesquisador fazer perguntas que não estão no grupo de questões pré-determinadas e possibilitam ao respondente comentar sobre o assunto abordado. A situação se aproxima de uma conversa informal e propicia o entendimento de questões que não foram compreensíveis e a correção de possíveis enganos ou equívocos de interpretação (BONI; QUARESMA, 2005).

Para tanto, foi elaborado um questionário contendo 14 questões-padrão e seis questões específicas (divididas para os cargos de gerência e chefia) conforme fluxograma mostrado na Figura 12 e disponível no Apêndice B. A entrevista foi aplicada aos profissionais

de projeto e orçamento da GPR, na proporção de 50% dos profissionais lotados na UACP e 50% dos profissionais lotados na UPOP, além do gerente, distribuídos conforme função e devidamente especificados no Quadro 8.

Figura 12 - Fluxograma de questionário diagnóstico aplicado na GPR.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quadro 8 - Relação de entrevistados.

| QUADRO DE ENTREVISTADOS |                        |   |               |
|-------------------------|------------------------|---|---------------|
| UNIDADE                 | TOTAL DE PROFISSIONAIS |   | ESPECIFICAÇÃO |
| <b>GPR</b>              | 1                      |   | Gerente       |
| <b>UACP</b>             | 5                      | 1 | Chefe         |
|                         |                        | 1 | Arquiteta     |
|                         |                        | 2 | Engenheiro    |
|                         |                        | 1 | Técnico       |
| <b>UPOP</b>             | 3                      | 1 | Chefe         |
|                         |                        | 1 | Engenheiro    |
|                         |                        | 1 | Técnico       |

Fonte: Autor (2020).

#### 4.2.4 Avaliação

Na etapa seguinte – a avaliação –, o artefato é verificado através da técnica de grupo focal, na qual as diretrizes propostas são colocadas para avaliação de sua utilidade prática diante de diversos profissionais. Para Tremblay, Hevner e Berndt (2010 apud DRESCH, LACERDA E ANTUNES, 2015, p.99) o objetivo do grupo focal é “Alcançar melhorias incrementais rápidas na criação de artefatos” e dar informações que possam ser usadas para possíveis modificações no artefato ou roteiro do grupo focal. Segundo Barbour (2009), essa técnica é classificada como uma entrevista de grupo e tem como objetivo a coleta de dados qualitativos que auxiliem na análise de um problema, para o autor a composição ideal do grupo focal varia de 10 a 12 pessoas.

O grupo focal foi conduzido numa sala técnica do 30º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental da ABES (CBESA), realizado em Natal no período de 16 a 19 de junho de 2019. O congresso, que ocorre a cada dois anos de modo itinerante pelo Brasil, é o maior e mais expressivo evento do setor de saneamento do país, reunindo gestores, empresas públicas e privadas, acadêmicos, estudantes e até mesmo especialistas internacionais (ABES, 2019).

O grupo contou com a participação de 12 profissionais, sendo 11 do corpo técnico da instituição Caern e um de empresa privada, recrutados com o auxílio do gerente de controle de empreendimentos, por meio do envio de carta-convite (Apêndice C). A etapa de avaliação seguiu um roteiro pré-estabelecido sob duas perspectivas principais: a apresentação da primeira versão do artefato e a discussão da proposta com base nos critérios estabelecidos. Nessa pesquisa, os profissionais participantes foram responsáveis por averiguar o método

quanto aos critérios de facilidade de uso, operacionalidade e generalidade (MARCH; SMITH, 1995).

#### 4.2.4.1 Grupo Focal

O grupo focal foi realizado na SEÇÃO CAERN (bloco D, sala 11) do 30º CBESA, inicialmente organizado conforme o roteiro de condução, presente no Apêndice D, e contou com o auxílio de dois assistentes. O roteiro foi entregue aos assistentes e utilizado como guia durante a execução do grupo, que constituiu de cinco momentos distintos: (a) recepção e acomodação dos participantes; (b) apresentação do grupo focal; (c) apresentação da primeira versão do método (artefato); (d) divisão em grupos e (e) encerramento.

- (a) Na recepção e acomodação dos participantes, os profissionais convidados foram recebidos e acomodados. Nesse momento, eles receberam o número de identificação (participante 1, 2, etc.), o material escrito explicativo do artefato, as questões de avaliação e um questionário sobre experiência profissional (os participantes foram motivados a respondê-lo nessa etapa). Todo conteúdo está disponível no Apêndice E.
- (b) No momento seguinte – apresentação do grupo focal –, foram explicados a definição, o objetivo e as regras de um grupo focal, a estimativa de tempo de duração e apresentados os membros que auxiliaram a condução do grupo.
- (c) A apresentação da primeira versão do método (artefato) foi feita com material multimídia e dividida em três partes: a primeira parte foi uma breve contextualização e explicação da pesquisa de mestrado; em seguida, fez-se um raso nivelamento sobre o *Building Information Modeling*, explicando os principais conceitos relacionados ao BIM; e, por fim, a primeira versão do artefato foi apresentada aos profissionais.
- (d) Após apresentado o artefato, os profissionais foram divididos em grupos. Os profissionais presentes dividiram-se livremente em dois grupos e, em seguida, foram convidados a responder às questões avaliativas do artefato. Após as respostas, os mediadores deram início às discussões, conforme as questões avaliativas.
- (e) O encerramento foi breve, resumindo-se a uma fala de agradecimento pela presença, pois não havia mais tempo para prosseguimento, e a estrutura do congresso já estava sendo desmontada.

As Figuras 13 e 14 retratam momentos do grupo focal. Na Figura 13, vê-se o momento da acolhida dos participantes. A Figura 14 apresenta duas fotos do momento de discussão do artefato, cada uma retratando um dos dois grupos formados.

De posse dos resultados da avaliação, ou seja, as críticas e sugestões dos profissionais participantes do grupo focal, começa-se o processo de revisão e aperfeiçoamento do artefato proposto. Após a etapa de avaliação, o processo retorna à etapa de conscientização, com intuito de procurar na literatura mais informações que possam auxiliar no incremento das sugestões dadas e auxiliar no ajuste de possíveis falhas e deficiências percebidas através das críticas ao artefato e de sua revisão.

O processo então segue para uma nova sugestão na composição do método (artefato). Nessa pesquisa, propôs-se a inserção de mais diretrizes e a adaptação de outras estabelecidas na primeira versão do artefato. Tem-se então a sugestão da segunda versão do artefato, que posteriormente avança para desenvolvimento de seu ambiente interno, assim sendo, a organização interna da segunda versão do método.

Figura 13 – Momento de acolhida dos participantes do grupo focal.



Fonte: Acervo próprio.

Figura 14 – Dois grupos formados para discussão do artefato.



Fonte: Acervo próprio.

#### 4.2.5 Conclusão

Por fim, na conclusão, tem-se a comunicação dos resultados observados. Nessa etapa da DSR estão compiladas as contribuições teóricas e práticas do artefato produzido, além da exposição das limitações encontradas no decorrer do estudo e da eficácia da solução proposta para o problema estudado.

#### 4.3 Síntese do capítulo

O presente capítulo descreveu os procedimentos metodológicos adotados e apontou a estratégia de pesquisa utilizada e o delineamento da estrutura e condução da pesquisa com todas as suas etapas e produtos parciais. A estratégia adotada foi a *Design Science Research*, voltada para solução de problemas teórico-práticos, e tem como produto final um artefato. O delineamento está dividido em cinco fases: a conscientização do problema, que abrangeu uma revisão bibliográfica e uma revisão sistemática da literatura; a sugestão que propôs o desenvolvimento de um método como artefato; o desenvolvimento que abarcou um estudo empírico em uma empresa pública; a avaliação do artefato feita através da técnica de grupo focal; e a conclusão com as contribuições teóricas e práticas.

## 5 CARACTERIZAÇÃO DO BIM EM ORGÃOS PÚBLICOS NO RN

Nesse capítulo estão dispostas a tabulação e análise dos dados coletados com a realização de entrevistas em órgãos públicos atuantes no Estado do RN.

### 5.1 Tabulação dos dados

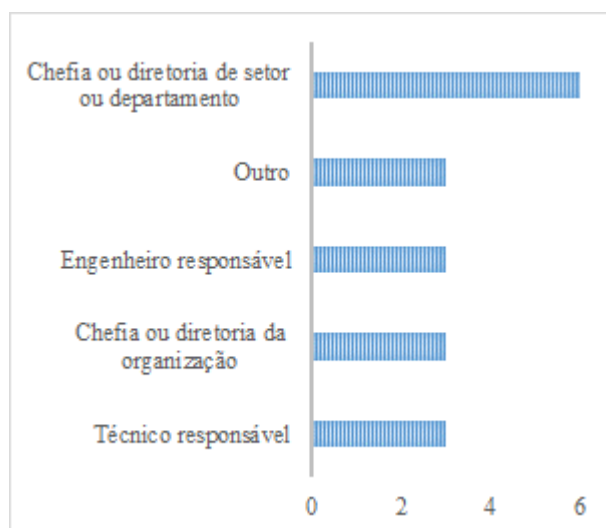
Das 21 organizações selecionadas (Quadro 6), 18 foram visitadas. A Petrobrás e o Exército Brasileiro não retornaram nosso contato, ao passo que o TCU alegou não ter auditores responsáveis pela fiscalização de obras de engenharia civil lotados aqui no estado, apenas em Brasília.

#### 5.1.1 Perfil do respondente

Os Gráficos do 11 ao 15 demonstram os dados de capacitação e experiência profissional dos respondentes.

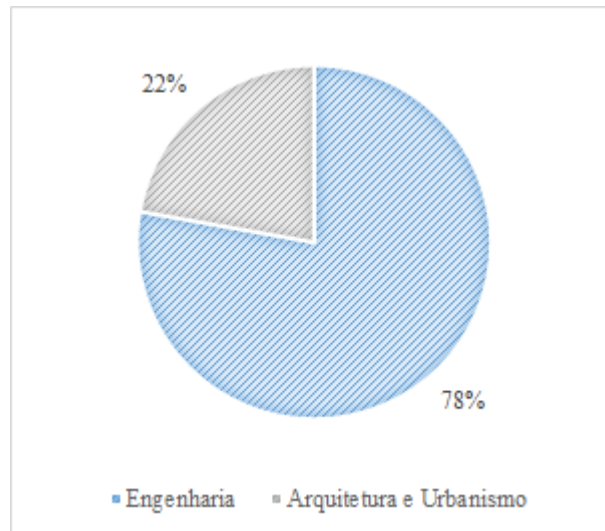
O Gráfico 11 demonstra que metade dos funcionários (nove, ao todo) exerce função de chefia/diretoria, seja da organização ou do setor/departamento. No tocante à caracterização como técnico responsável (três, ao todo), um deles era engenheiro e atuava como engenheiro, mas, para fins de carreira, seu cargo é denominado “técnico”. Em relação às funções classificadas como “outras”, tem-se estagiário, auditor e pesquisador contratado.

Gráfico 11 - Cargo/função ocupado na organização.



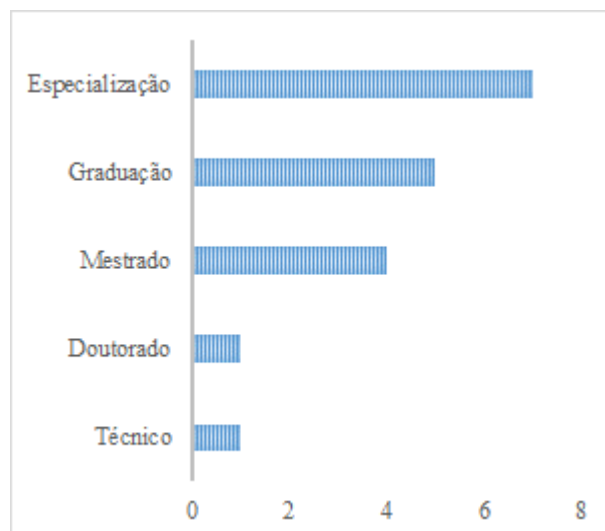
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Gráfico 12 – Área do conhecimento.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Gráfico 13 – Nível de escolaridade.



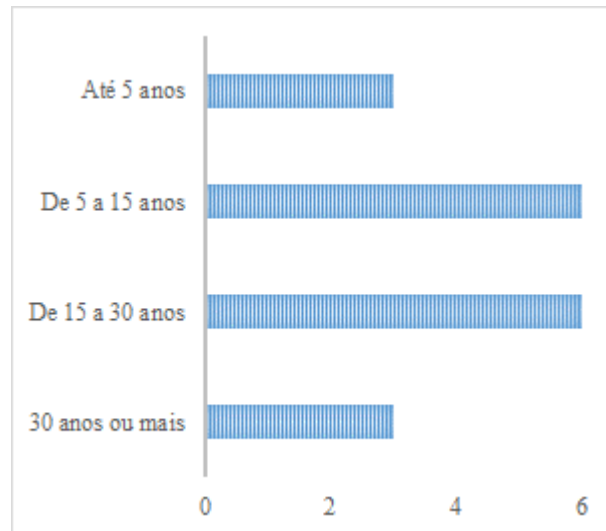
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Observa-se, no Gráfico 13, o elevado nível de capacitação dos profissionais respondentes. São todos profissionais da área da engenharia e arquitetura (Gráfico 12), no geral, com um nível de escolaridade elevado. Dos 18 respondentes, apenas um ainda não tinha concluído a graduação e outro era técnico. Dos 16 restantes, todos eram graduados e 12 deles possuíam ao menos uma pós-graduação, sendo sete deles especialistas, quatro mestres (com um deles cursando doutorado) e um doutor.

Além da boa capacitação, os profissionais também apresentam tempos razoáveis de atuação profissional, tanto de carreira como no órgão visitado. Os Gráficos 14 e 15 apresentam os tempos de experiência profissional total e de atuação no órgão. A média de experiência profissional total dos respondentes é de, aproximadamente, 17 anos e de atuação

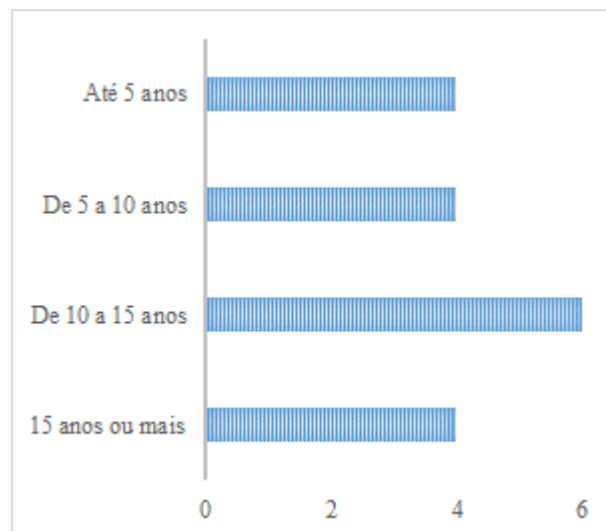
na organização, de nove anos. Nove profissionais, metade da amostra, têm 15 anos ou mais de experiência profissional, com dois deles alcançando a marca de 37 anos de atuação, ao passo que somente três possuem menos que cinco anos de experiência. Sobre o tempo de atuação nas organizações, dez servidores têm dez anos ou mais de permanência, enquanto apenas quatro deles estão nos respectivos órgãos a menos de cinco anos.

Gráfico 14 – Tempo de experiência profissional.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Gráfico 15 – Tempo de atuação no órgão.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A partir desses dados, pode-se notar robusta qualificação técnica no âmbito do exercício da engenharia no ambiente do setor público, que pode ser justificada pelo fato da seleção desses profissionais levar em conta suas titulações, que também influenciam na ascensão de carreira e, conseqüentemente, na remuneração recebida. Outra questão, o elevado

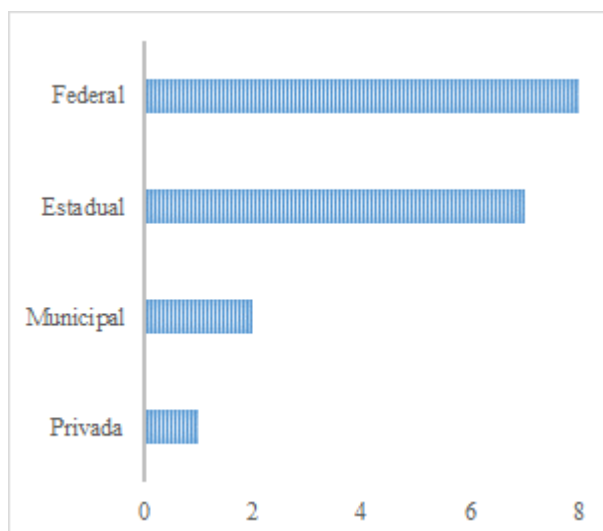
tempo de atuação nas organizações, pode ser justificada pela estabilidade concedida a servidores públicos.

### 5.1.2 Perfil da Organização

Foram coletadas informações sobre a esfera de atuação (Gráfico 16), nível de atuação (Gráfico 17) e áreas de atuação das organizações (Gráfico 18).

Quase a totalidade das organizações abordadas são órgãos públicos, com exceção do Consórcio Inframérica Aeroportos, que é uma empresa privada, mas tem concessão para administrar uma infraestrutura pública. Das 18 instituições visitadas, duas são municipais de Natal, sete estaduais e oito federais (Gráfico 16), sendo que quatro atuam localmente, 12 atuam em todo estado e duas atuam a nível regional. Apesar de quase metade da amostra estar vinculada à esfera federal, percebe-se que as sedes locais dessas instituições, particularmente dos setores de engenharia, estão restritas ao estado ou à região Nordeste (Gráfico 17).

Gráfico 16 - Esfera de atuação a qual o órgão está vinculado.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

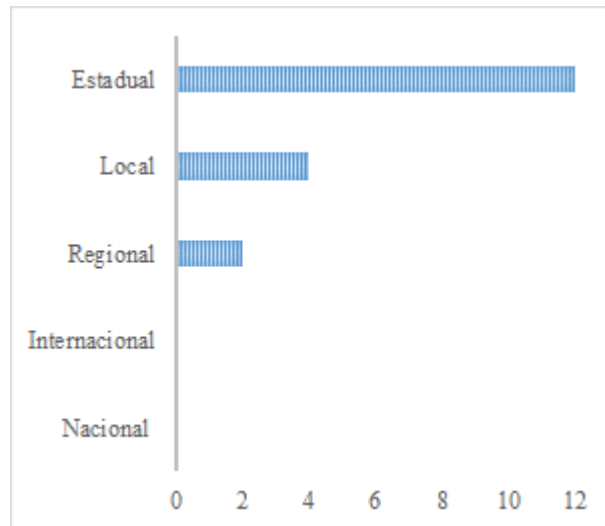
Sobre as áreas de atuação dos setores de engenharia de cada órgão, segundo o Gráfico 18, observa-se que todas as organizações (18) atuam na área de fiscalização, seguidas de orçamentação (15), projeto (14), operação e manutenção (12) e planejamento (12). Apenas uma atua diretamente na área de construção e três com consultoria.

Das organizações que atuam na área de projeto, em algumas delas a maior parte da demanda é terceirizada, seja em decorrência da política do órgão, seja em decorrência da falta de equipe técnica ou infraestrutura tecnológica. Em algumas organizações federais, apenas a elaboração de projetos mais simples ou de pequeno porte se dava no âmbito da sede local, ao

passo que para empreendimentos maiores ou mais complexos a elaboração dos projetos ficava a cargo de instâncias superiores.

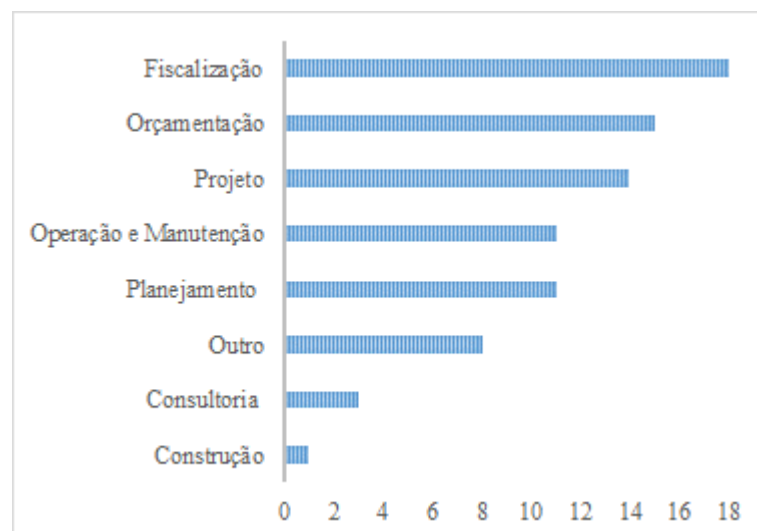
Sobre a atuação na construção, apenas um órgão relatou ter equipe de mão de obra própria para execução de determinadas construções. Em contrapartida, em todos os outros órgãos que tratam com execução de obras, a construção é contratada através de processo licitatório e fica a cargo da organização o acompanhamento e a fiscalização. Em relação à atuação em consultoria, essa atividade se dá, no geral, por meio de atendimento ao público, que procura a organização para esclarecimento de dúvidas acerca de características de projeto, procedimentos e condutas.

Gráfico 17 - Nível de atuação da organização.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Gráfico 18 - Área de atuação.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

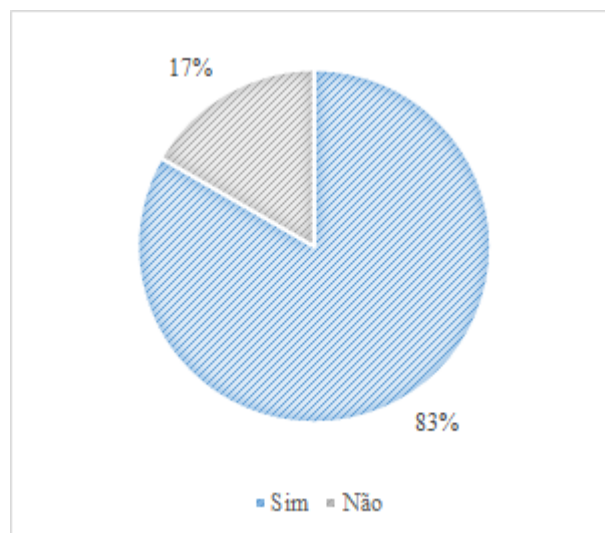
Além das áreas de atuação apontadas no questionário, oito dos respondentes citaram outras áreas desempenhadas pela organização no âmbito da engenharia e arquitetura, a saber: licenciamento; análise de projetos; controle externo de recursos; parecer técnico; desapropriações; gestão de procedimentos; planejamento, fiscalização e normatização de transporte público; e estudo de conservação e restauração;

Dentre as atribuições desempenhadas pelo setor público, destacam-se a análise e aprovação de projetos e a fiscalização, regulação e controle de obras amplamente assumidas pelos gestores e setores nas três esferas de poder. Compete às seções de engenharia e arquitetura o crivo e a responsabilidade sobre projetos e obras de empreendimentos diversos, assegurando a observância de parâmetros técnicos e legais, a idoneidade na aplicação e destinação de recursos orçamentários, a segurança de uso e operação, a sustentabilidade ambiental, entre outros.

### 5.1.3 Conhecimento de BIM

Os Gráficos 19, 20 e 21 expõem o conhecimento em torno do termo BIM, da publicação do Decreto Federal nº 9.983/2019 que institui a estratégia nacional de disseminação do BIM e o posicionamento pessoal do respondente sobre a utilização do BIM.

Gráfico 19 - Conhece o termo BIM.

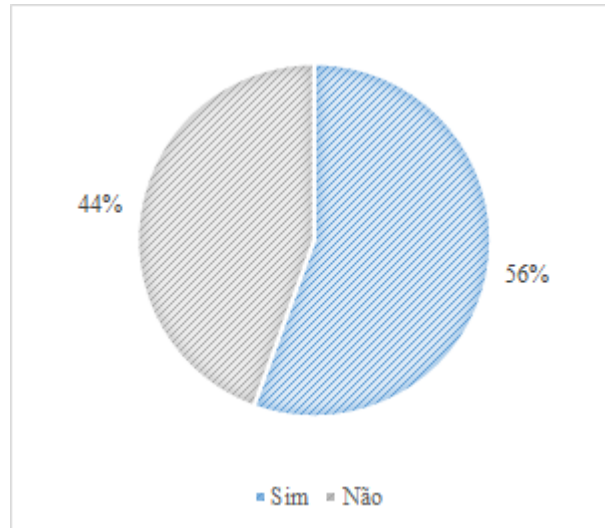


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O Gráfico 19 mostra que 83% da amostra conhece o termo BIM, muito embora boa parte dos respondentes associem o BIM a alguns programas de computador. Cerca de 56% da amostra conhecia a publicação do Decreto nº 9.983/2019, a maior parte deles servidores de órgãos federais (Gráficos 20). O Gráfico 21 aponta que 17 respondentes acreditam que

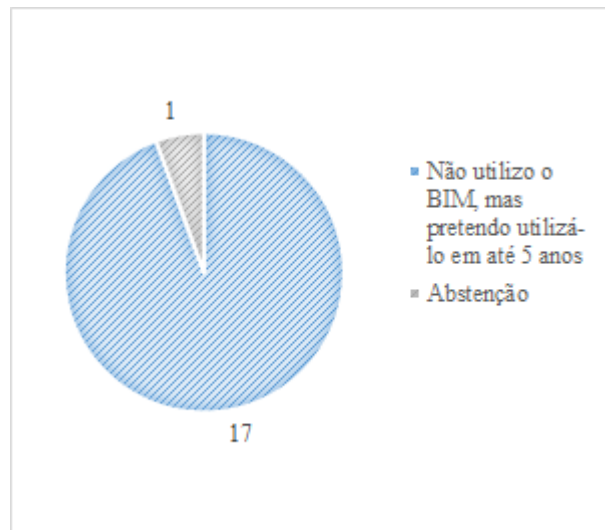
utilizarão o BIM em até cinco anos, além de uma abstenção em que o respondente afirmou querer utilizar o BIM, mas sem estabelecer prazos. Apesar da pergunta se referir ao posicionamento pessoal, boa parte dos profissionais acabou associando essa resposta ao órgão a que está vinculado ou às atividades que exerce nele.

Gráfico 20 - Conhecimento da publicação do Decreto nº 9.983/2019.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Gráfico 21 - Posicionamento pessoal em relação ao BIM.



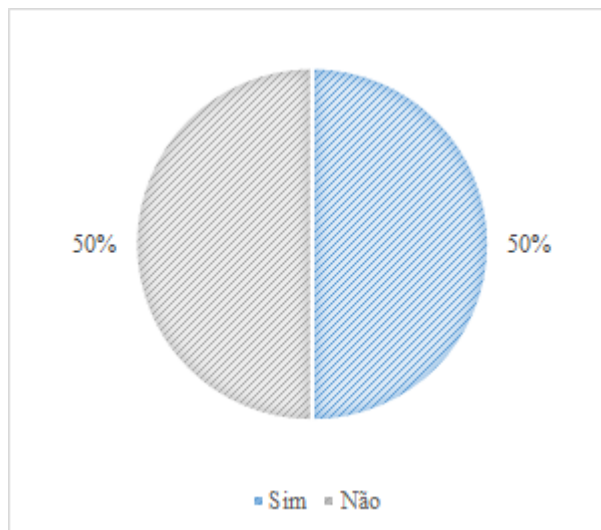
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

#### 5.1.4 BIM na organização

Observa-se no Gráfico 22 que metade das organizações já possui algum tipo de iniciativa para adesão ao BIM nos seus processos de trabalho. Como ainda não havia nenhum

tipo de implementação, as iniciativas citadas foram classificadas em três tipos: pesquisa e aquisição de soluções tecnológicas, nível autárquico e pré-uso.

Gráfico 22 - Uso do BIM ou iniciativa para tal nas organizações.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quatro órgãos informaram que estão em processo de estudo ou aquisição de soluções tecnológicas (parque tecnológico e/ou pacotes de softwares) e um deles afirmou que chegou a receber treinamento de um programa computacional, mas que não sabe dizer por qual motivo não foi implementado. Outros quatro órgãos, todos federais, disseram possuir iniciativas de implementação do BIM por parte das autarquias ou instâncias superiores e que aguardam direcionamentos e diretrizes para a adoção da metodologia em nível local. Apenas um órgão está em pré-uso, que se caracteriza pela utilização de uma ferramenta BIM, para fins de modelagem das instalações e edificações existentes, mas que ainda não possui uma utilidade prática para esses modelos além de acervo. Outro ponto é que a elaboração desses modelos está condicionada à disponibilidade de tempo dos servidores, mais especificamente do estagiário, ou seja, a atividade de modelagem só é desempenhada no horário livre (quando não há outras demandas).

Percebe-se, a partir dos diálogos travados durante as visitas, que a introdução do BIM ou de qualquer outro tipo de iniciativa está vinculada à instauração e regulação de políticas institucionais que têm origem em hierarquias superiores e que são disseminadas no corpo da organização – como é o caso de alguns órgãos federais fortemente hierárquicos (ou seja, os setores e departamentos têm pouca autonomia) – ou a um gestor (seja ele da organização como um todo, ou de setores dela) que tenha interesse, sensibilidade e atribuições para implementação de mudanças. Isso se observa muito a nível estadual e municipal, onde os

órgãos, em sua maioria, estão à mercê de seus gestores e das políticas de governo (que variam a cada ciclo de eleições).

#### 5.1.5 Manifestação Livre

No geral, todos os respondentes fizeram, ao longo da entrevista, ponderações relevantes sobre a estruturação do órgão, sobre a influência do BIM e outros temas relacionados, no entanto, no momento da manifestação livre, 11 dos 18 entrevistados contribuíram. A maioria dos comentários foram sobre a estruturação das organizações e os benefícios que o BIM pode agregar aos fluxos de trabalho dos setores visitados.

Em relação aos benefícios, muito se falou da relevância e dos benefícios da automatização de determinadas atividades proporcionadas por ferramentas BIM, como a checagem de padrões e interferências, a extração de quantitativos e atualização de planilhas na fase de orçamentação e a parametrização em projetos. Órgãos responsáveis pela emissão de licenças falaram acerca do quão ágil e rápido seria o processo de fornecimento das mesmas com a utilização do BIM comparado ao modo tradicional, também comentaram que boa parte dos projetos são entregues para análise com muitos erros técnicos.

Sobre a estruturação das organizações, observou-se a dificuldade de aquisição de softwares, devido aos preços das licenças (tendo em vista que no setor público o orçamento é limitado, principalmente a nível municipal e estadual) e as burocracias envolvidas nos processos de compra desse tipo de ferramenta, que são exigentes e lentas. Outro ponto importante abordado, ainda sobre a estruturação das organizações, são as dificuldades com corpo técnico (seja a carência de pessoal, ou a alta rotatividade) e em um caso específico, a completa ausência de condições de trabalho (como falta de computadores e softwares básicos).

No mais, os entrevistados ressaltaram a necessidade de difusão e conscientização da importância do BIM, por perceberem as diversas melhorias e benefícios associados à sua implementação, e destacaram a relevância de pesquisas como esse trabalho no contexto de disseminação do *Bulding Information Modeling*.

## 5.2 Síntese do capítulo

Este capítulo abordou a tabulação e análise dos dados coletados por meio da realização de entrevistas em órgãos públicos atuantes no Estado do RN e respectivo diagnóstico.

Das 21 organizações selecionadas, 18 foram visitadas, sendo uma delas privada. Os respondentes foram todos profissionais da área de engenharia e arquitetura e, no geral, possuem elevada qualificação técnica com elevado nível de escolaridade e tempos expressivos de atuação profissional. Na maior parte das organizações visitadas os setores de engenharia atuam em âmbito local, com ênfase nas áreas de fiscalização, orçamentação, projeto, operação e manutenção; e destacam-se as atribuições de análise e aprovação de projetos e a fiscalização, regulação e controle de obras.

Em relação ao BIM, a grande maioria dos profissionais afirmaram conhecer o termo, porém boa parte desses associam o BIM à alguns softwares e, pouco mais da metade dos entrevistados sabiam da publicação do Decreto nº 9.983/2019. Metade dos órgãos visitados possuem algum tipo de iniciativa para adesão ao BIM que foram classificadas em três tipos: pesquisa e aquisição de soluções tecnológicas, nível autárquico e pré-uso.

## **6 ESTUDO EMPÍRICO**

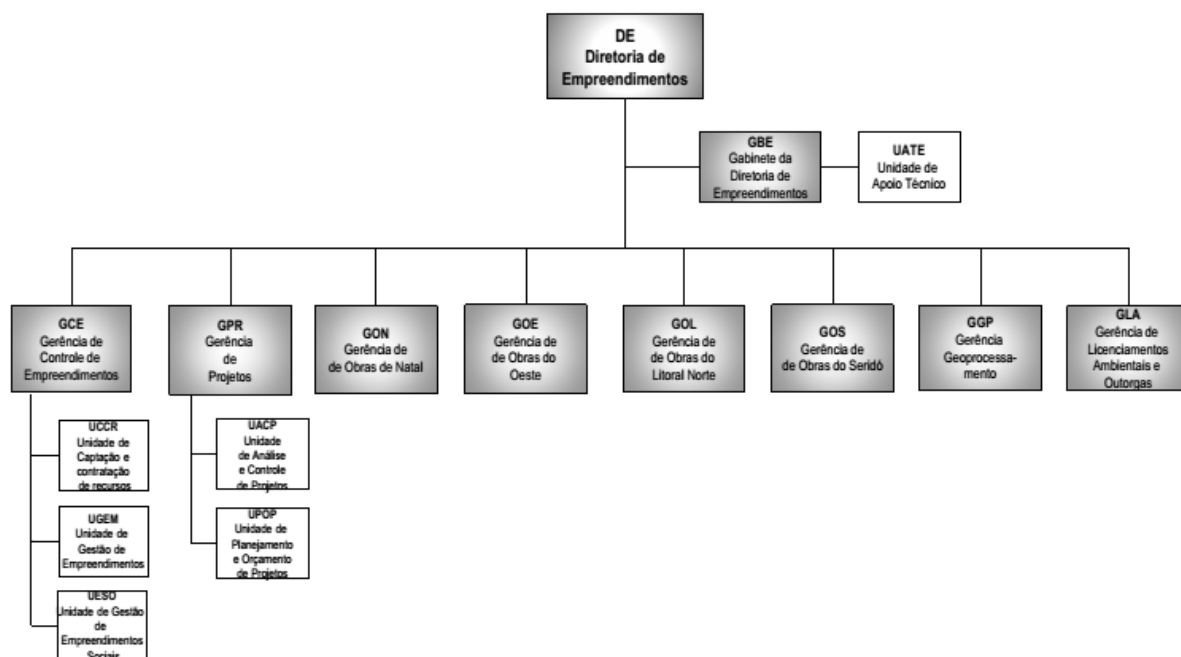
Este capítulo apresenta o estudo empírico desenvolvido na empresa pública Caern. O estudo é composto pela caracterização genérica da instituição e do setor estudado, pela tabulação de dados provenientes da realização de entrevistas, e por um diagnóstico elaborado a partir de variadas fontes de evidência (vide item 4.2.3.1) do setor estudado.

### **6.1 A Instituição**

A Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte é uma instituição público-privada de economia mista que atua no setor de saneamento básico, particularmente na captação e distribuição de água e coleta e tratamento de esgoto. Fundada em 1969, a companhia tem a missão de atender a população do RN com água potável, coleta e tratamento de esgotos. A empresa possui 165 sistemas de abastecimento de água alocados em 153 municípios e 13 localidades, além de 40 sistemas de esgotamento sanitário em 39 municípios e uma localidade. Somente 15 cidades do RN possuem sistemas não administrados pela Caern (CAERN, 2013).

No Anexo A está representada a hierarquia geral da empresa, através da composição dos diversos setores da companhia. Na Figura 15 está a organização geral da Diretoria de Empreendimentos, unidade administrativa responsável pela Gerência de Projetos. A GPR é responsável pela concepção de todos os projetos de captação e distribuição de água e coleta e tratamento de esgoto da Caern e é o ambiente de desenvolvimento da presente pesquisa. Atualmente, a Gerência de Projetos está dividida em Unidade de Análise e Controle de Projetos (UACP) e Unidade de Planejamento e Orçamento de Projetos (UPOP) e conta com um quadro de 21 funcionários, sendo um gerente (engenheiro), dois chefes (engenheiros), seis técnicos, um arquiteto e 11 engenheiros, divididos entre profissionais efetivos (17) e profissionais contratados (quatro), conforme o Quadro 9.

Figura 15 - Organograma geral da Diretoria de Empreendimentos.



Fonte: Caern (2018).

Quadro 9 - Corpo técnico da GPR.

| DIVISÃO DO CORPO TÉCNICO DA GPR |                        |   |               |
|---------------------------------|------------------------|---|---------------|
| UNIDADE                         | TOTAL DE PROFISSIONAIS |   | ESPECIFICAÇÃO |
| GPR                             | 2                      | 1 | Gerente       |
|                                 |                        | 1 | Técnico       |
| UACP                            | 10                     | 1 | Chefe         |
|                                 |                        | 1 | Arquiteto     |
|                                 |                        | 6 | Engenheiro    |
|                                 |                        | 2 | Técnico       |
| UPOP                            | 5                      | 1 | Chefe         |
|                                 |                        | 2 | Engenheiro    |
|                                 |                        | 2 | Técnico       |
| CONSULTORIA                     | 4                      | 3 | Engenheiro    |
|                                 |                        | 1 | Técnico       |

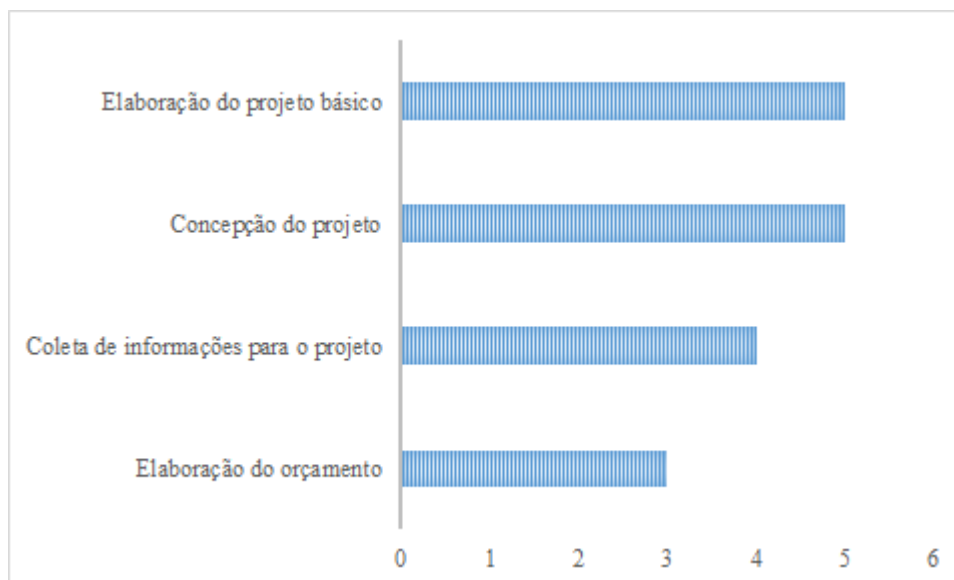
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

## 6.2 Tabulação das Entrevistas

O Gráfico 23 representa as fases do processo em que os profissionais estão inseridos. Nota-se que a elaboração do orçamento foi assumida por três dos oito profissionais da amostra, todos eles pertencentes à UPOP, ou seja, todos os profissionais de orçamento estão restritos à fase de orçamento. Já dentre os profissionais de projeto, quase todos participam de

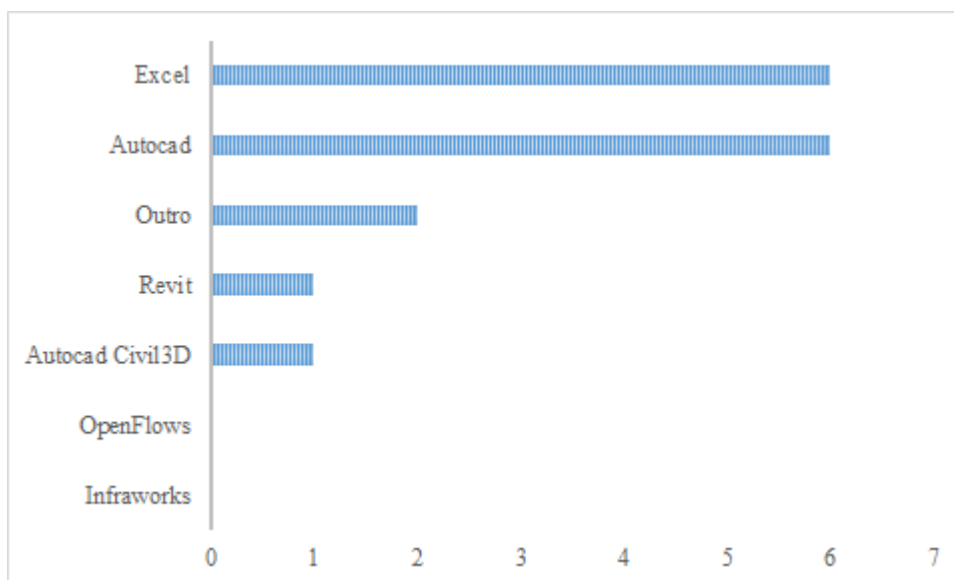
todas as fases referentes à produção dos projetos em si (concepção, coleta de informações e elaboração de projeto básico) – apenas o técnico não participa da fase de coleta de informações.

Gráfico 23 - Fase do processo que está inserido.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Gráfico 24 - Softwares utilizados.



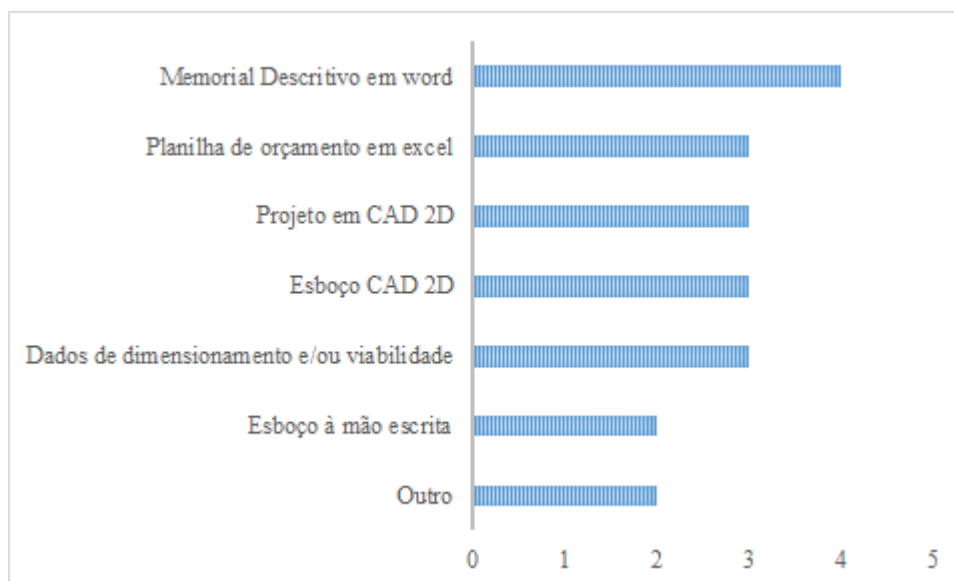
Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O Gráfico 24 exhibe os softwares utilizados na gerência. A maior parte do corpo técnico da GPR limita-se ao uso do AutoCAD e do Excel, à exceção de dois profissionais lotados na UACP: um engenheiro, que faz uso do AutoCAD Civil3D, e uma arquiteta, que faz

uso do Revit. Ambos aderiram às ferramentas por iniciativa própria, entretanto os entregáveis são repassados em formato 2D.

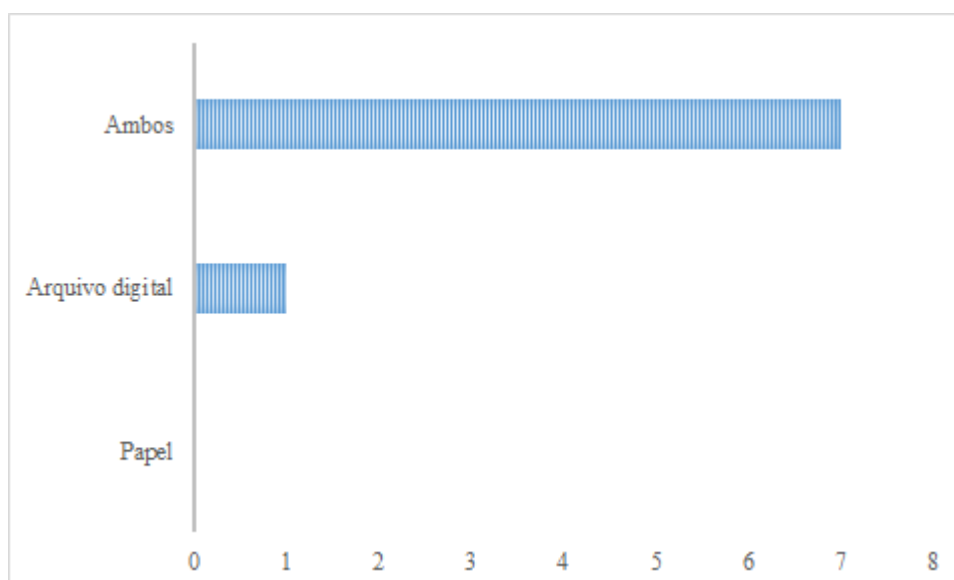
Outros dois profissionais, também pertencentes à UACP, relataram o uso de outros programas de computador. Foram citadas três ferramentas de dimensionamento específicas de redes, o CEsg, o CRedes e o KSB Helps, mas que não têm ligação com o BIM.

Gráfico 25 - Entregáveis.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Gráfico 26 - Forma dos entregáveis.

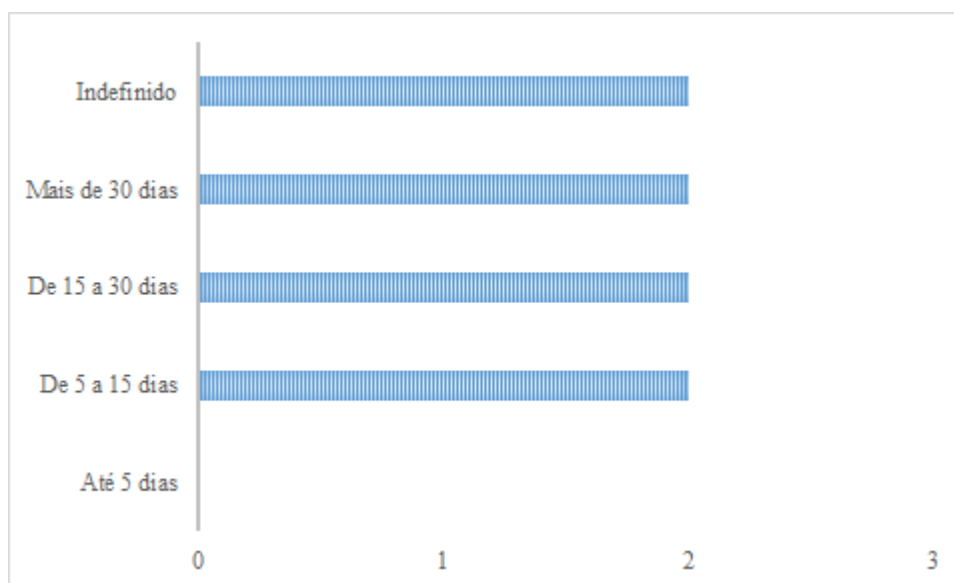


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Sobre os entregáveis, demonstrados no Gráfico 25, foram apontados pela equipe da GPR uma diversidade deles. O memorial descritivo em Word foi o entregável mais citado (quatro), seguido de planilha de orçamento em Excel (três), esboço em CAD 2D (três), projeto

em CAD 2D (três) e dados de dimensionamento e/ou viabilidade (três), sendo as planilhas de orçamento exclusividade dos membros da UPOP. Outras duas pessoas assinalaram esboços escritos à mão e indicaram outros entregáveis: planilhas em Excel e esboço em DXF, todos competência da unidade de controle de projetos. Quase a totalidade dos entregáveis são repassados de forma digital e também em papel, como mostrado no Gráfico 26. Apenas um dos oito entrevistados relatou a entrega apenas em meio digital.

Gráfico 27 - Prazo médio para conclusão de etapas.

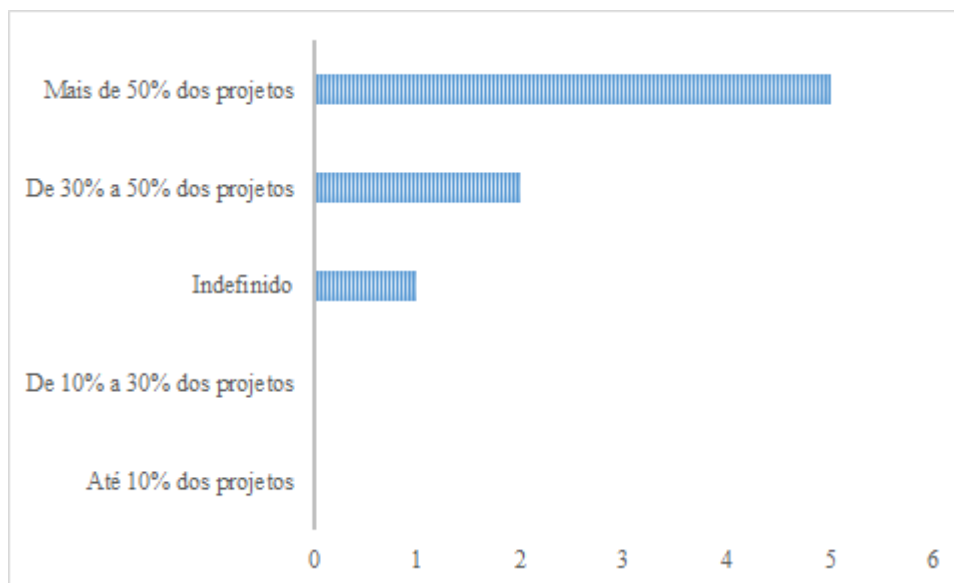


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Sobre os prazos, não há um prazo médio padrão definido para os entregáveis (Gráfico 27), o tempo médio varia conforme o tipo e complexidade do projeto. Nenhum profissional apontou prazo médio menor que cinco dias. Os prazos de cinco a 15 dias, de 15 a 30 dias e mais de 30 dias foram assinalados por dois profissionais cada, e outros dois entrevistados (um técnico e um engenheiro, ambos da UACP) preferiram não estipular um prazo médio para conclusão das etapas, por entenderem que são muito variáveis, e responderam como indefinido.

Em relação ao cumprimento dos prazos, a maioria dos profissionais entrevistados (cinco) considerou que mais de 50% dos projetos são entregues no prazo, dois profissionais apontaram o índice de 30% a 50% (ambos da UACP) e um entrevistado (técnico da unidade de projetos) disse não conseguir estipular uma medida (Gráfico 28). Foram apontadas a espera por informações e as mudanças nos projetos como principais causas para o não cumprimento dos prazos, seguidas de acúmulo de atividades e processos e/ou políticas internas, como mostrado no Gráfico 29.

Gráfico 28 - Taxa de cumprimento de prazos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Gráfico 29 - Principais razões para não cumprimento dos prazos.

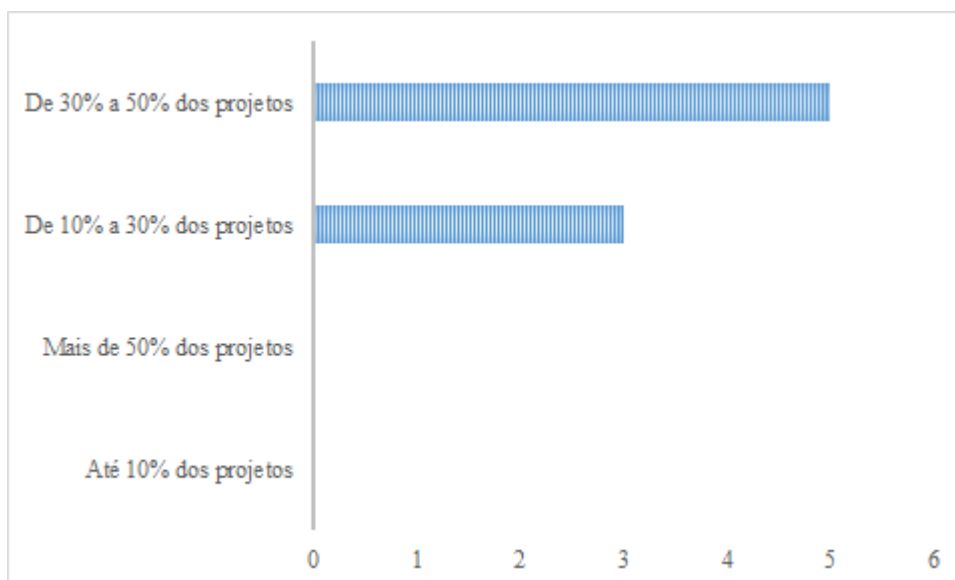


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O Gráfico 30 e o Gráfico 31 apresentam a incidência de retrabalho e as principais razões que levam ao retrabalho, respectivamente. Pode-se observar, no Gráfico 30, uma elevada incidência de retrabalho que, para a maioria dos profissionais, varia de 30% a 50% dos projetos. Dos cinco respondentes que marcaram essa alternativa, três eram da UPOP (toda amostra da UPOP) e dois da UACP. Outros três entrevistados (todos da UACP) consideram que apenas de 10% a 30% dos projetos sofrem retrabalho. Ou seja, a orçamentação sofre com uma incidência alta de retrabalho, variando de 30% a 50%, enquanto a unidade de controle de

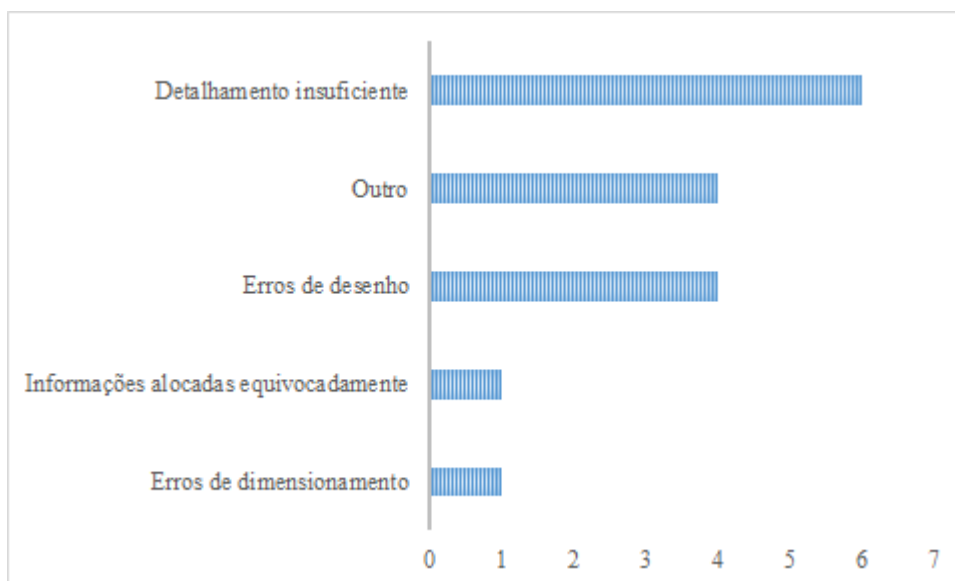
projetos tem espectro variando de 10% a 50% com expectativa média em torno dos 30% de retrabalho.

Gráfico 30 - Incidência de retrabalho.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Gráfico 31 - Principais razões para retrabalho.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

A causa mais comum de retrabalho, segundo o Gráfico 31, foi o detalhamento insuficiente, sendo apontado por cinco entrevistados, acompanhado de erros de desenho e de outras causas, que foram indicadas por quatro profissionais cada. As outras razões para o retrabalho apontadas foram: mudança na concepção do projeto, mudanças de áreas adquiridas e atualização de preços.

No Gráfico 32 estão classificadas as principais dificuldades enfrentadas pelos profissionais da GPR. A principal delas diz respeito aos processos e/ou políticas internas, sugerida por metade dos respondentes. As dificuldades continuam em ferramentas e na qualidade e/ou confiabilidade das informações fornecidas, consideradas por três profissionais cada, além de outras dificuldades, citadas por dois respondentes. Sobre outras dificuldades, foram apontadas a política externa (na dimensão orçamentária, o entrevistado alegou a dificuldade na captação de recursos para o investimento em saneamento) e nenhuma dificuldade (um dos profissionais não via dificuldades). Uma pessoa alegou dificuldades com pessoas e ninguém abordou a infraestrutura, mas uma engenheira comentou que existiu problemas com infraestrutura no passado, mas que nos últimos anos houve avanços e uma ampla reestruturação.

Gráfico 32 - Principais dificuldades encontradas pela equipe da GPR.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

No Quadro 10 estão compiladas as descrições do que, na visão da equipe, pode melhorar. As melhorias citadas foram classificadas em quatro categorias (tecnologia, processo de projeto, processo interno e políticas) para melhor organização e compreensão da situação atual da gerência.

Na categoria tecnologia, foram alocadas as demandas de aquisição de softwares, banco de dados topográficos e capacitação de profissionais para o uso de novas tecnologias. Todas foram abordadas por membros da UACP, que veem na tecnologia uma oportunidade de ganho de produtividade e qualidade por meio da incorporação de novas tecnologias e capacitação da equipe para utilizá-las. Especificamente em relação ao banco de dados de topografia do RN, uma engenheira relatou a demora no recebimento da topografia dos

empreendimentos por parte do setor responsável, fator que limita o desenvolvimento de projetos e pode acarretar retrabalho (caso se inicie o projeto sem a topografia).

Quadro 10 - O que, na visão da equipe, pode melhorar.

| TECNOLOGIA                                                               | PROCESSO DE PROJETO                        | PROCESSO INTERNO                                     | POLÍTICAS                                         |
|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| Aquisição de softwares                                                   | Nível de detalhamento dos projetos básicos | Melhoria de processos internos da CAERN              | Melhoria de políticas internas da CAERN           |
| Banco de dados (topografia)                                              | Maior número de projetistas                |                                                      |                                                   |
| Capacitação dos profissionais envolvidos para o uso de novas tecnologias | Extração de quantitativos automatizada     | Mudança geral nos processos de aquisição de terrenos | Investimento na Política Nacional para Saneamento |
|                                                                          | Precisão dos dados                         |                                                      |                                                   |

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Em processo de projeto reuniram-se os tópicos de nível de detalhamento dos projetos básicos, maior número de projetistas, extração de quantitativos automatizada e precisão dos dados, todos apontados por profissionais da unidade de orçamento. A orçamentação é muito prejudicada pelas deficiências dos projetos, tanto para a execução do orçamento em termos de detalhamento gráfico e especificação de insumos, quanto pelo retrabalho gerado pelas recorrentes mudanças na correção e revisão dos projetos.

Na parte de processo interno, foram inseridos a sugestão de melhoria de processos internos da Caern e a mudança geral nos processos de aquisição de terrenos. Para a categoria de políticas, estão inseridas a melhoria de políticas internas e o investimento na Política Nacional para Saneamento. Sobre as melhorias em processos e políticas internas, foi recorrente o comentário sobre a dinâmica interna da Companhia que, por diversas vezes, não respeita as necessidades técnicas e de boas práticas para produção de projetos, bem como a forma como se dá o acesso aos dados e informações (que comumente demoram), entre outras realidades. Sobre a aquisição de terrenos, uma reclamação frequente, cita-se o fato de nem sempre serem adquiridas as áreas para as quais os empreendimentos foram concebidos, causa costumeira de retrabalho. Em relação ao investimento na Política Nacional de Saneamento, o técnico de projetos comentou que o aporte financeiro feito pelo governo na área de saneamento é baixo e por isso há limitações no desenvolvimento de projetos e avanços na área.

No Quadro 11 estão compiladas as respostas às questões discursivas, aplicadas aos chefes das Unidades de Projeto e Orçamento e ao Gerente. Na tabulação das respostas das questões objetivas não foram incluídas as respostas do Gerente, pois a maior parte de suas atribuições são de cunho administrativo, com pouquíssima participação efetiva nos processos

de projeto e orçamentação. As respostas do Gerente foram consideradas apenas no Quadro 11 e no item 6.3 a seguir.

Quadro 11 - Questões discursivas aplicadas aos chefes e gerente.

|                           |                                                                                                                   |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>GERENTE</b>            | • De que forma são registradas as reuniões e comunicações internas?                                               |
|                           | Comunicação verbal e ciente (documento recebido). São feitas atas das reuniões, mas não há histórico do processo. |
| <b>CHEFE DE PROJETO</b>   | • Há padrão de representação gráfica do órgão?                                                                    |
|                           | Não, em desenvolvimento.                                                                                          |
|                           | • Faz uso de algum documento (manual, norma, cartilha, etc.) para a execução dos projetos? Qual?                  |
|                           | Procurando adequar-se ao TCU (acórdãos).                                                                          |
|                           | • Como é feita a compatibilização e revisão dos projetos? Em que momento do processo é executada?                 |
|                           | Revisão do projeto básico, projeto executivo só com obra em andamento.                                            |
|                           | • É realizado o <i>as built</i> ao fim de cada obra?                                                              |
| <b>CHEFE DE ORÇAMENTO</b> | Feito pelo setor de obra. Cadastro com 50% não entregue.                                                          |
|                           | • Faz uso de algum documento (manual, norma, cartilha, etc.) para a execução da orçamentação? Qual?               |
|                           | Manual do TCU para obras públicas e bancos de preços (SINAPI/CAERN).                                              |

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O gerente informou que não há um histórico dos processos e as reuniões têm apenas redação das atas como registro. A respeito das comunicações internas, elas são verbais ou, no caso de documentação, por meio do “ciente de recebido”, que é feito via sistema interno. Uma observação feita pelo então gerente foi a entrega de projetos insuficientes: quando a equipe percebe que faltou algo no projeto após sua conclusão, é preciso voltar ao início do processo. Outro comentário feito foi a respeito da falta de comprometimento dos colaboradores com a empresa.

A chefia de projetos respondeu que ainda não há um padrão de representação gráfica estabelecido pelo órgão, mas que está em desenvolvimento. Também falou que não seguem um documento específico para a elaboração de projetos dado que, a depender da fonte do recurso financeiro para o empreendimento, os requisitos de projeto mudam. Cada financiador tem exigências próprias para o recebimento de projetos, mas ultimamente a Gerência tem procurado se adequar aos acórdãos do TCU, órgão regulador dos recursos federais.

Em relação à compatibilidade e revisão dos projetos, somente o projeto básico é revisado e compatibilizado na fase de projeção, e a revisão do projeto executivo só acontece com a obra em andamento. Sobre o *as built*, a execução desse é responsabilidade do setor de obras, mas, em geral, 50% do cadastro das redes não é entregue. Por essa razão, a responsabilidade pelo *as built* tem sido repassada à empresa contratada para a execução da obra.

A chefia de orçamento, indagada sobre o uso de documentos para a elaboração de orçamentos, respondeu que são utilizados o manual do Tribunal de Contas da União (TCU) para obras públicas e os bancos de preços SINAPI e CAERN.

### 6.3 Diagnóstico GPR

A Gerência de Projetos é a unidade responsável pela produção de praticamente todos os projetos da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte, sendo o cerne de suas atividades a concepção dos projetos de captação e distribuição de água e coleta e tratamento de esgoto de todo o estado do RN. A Gerência subdivide-se em duas unidades: a Unidade de Análise e Controle de Projetos (UACP), que é responsável pela elaboração dos projetos que vão desde pequenas adequações até a construção de suas edificações (sede e escritórios) e instalações (sistemas, reservatórios, redes, estações de tratamento), e a Unidade de Planejamento e Orçamento de Projetos (UPOP), responsável pela orçamentação dos projetos. A Gerência está situada numa sala do edifício da Administração Central da Companhia, que abriga as duas unidades (UACP e UPOP) com seus 21 funcionários (Quadro 9, item 6.1) como um grande *coworking*, conforme mostrado no Anexo B.

É competência da unidade de controle de projetos a concepção e elaboração de praticamente todos os projetos da Companhia – incluindo a coleta de dados, a criação de soluções, o dimensionamento das estruturas, a produção de peças gráficas e memoriais – das diversas disciplinas (arquitetura, elétrica, mecânica, hidráulica e estrutural). A UACP conta com dez membros ao todo, distribuídos em um chefe, um arquiteto, seis engenheiros e dois técnicos.

A UPOP é responsável pela extração dos quantitativos dos projetos e a elaboração das planilhas de orçamento. As ferramentas utilizadas são o AutoCAD e o Excel, e os preços são obtidos a partir de tabelas oficiais do SINAPI e da própria Caern, ou via cotação (quando o insumo não está contemplado nessas tabelas). A unidade de planejamento e orçamento de

projetos conta com cinco profissionais, sendo um chefe (que é engenheiro), dois engenheiros e dois técnicos.

A Caern licitou projetos de alguns poucos empreendimentos, porém foram experiências problemáticas, levando a Companhia a desistir de terceirizar a elaboração de seus projetos e assumir essa atividade com efetivo próprio. Também são executados, mas por outros setores da Companhia, os levantamentos topográficos, licenciamentos dos empreendimentos e a escolha e aquisição de terrenos. Apenas em situações específicas essas atividades são terceirizadas.

### 6.3.1 Contexto institucional

A Caern é uma empresa pública estadual de economia mista. A escolha de sua diretoria é feita por indicação do Governador do Estado e os nomeados não são necessariamente servidores de carreira, situação que deixa a instituição vulnerável à influência política. Essa condição de vulnerabilidade contribui para que a Companhia não tenha uma política interna e um processo interno sólidos e predominantemente técnicos, dado que interesses políticos nem sempre respeitam técnicas e boas práticas.

A dinâmica orçamentária também está ligada ao viés político da empresa. Apesar de possuir arrecadação própria, ela é insuficiente para a necessidade de investimentos e ainda é influenciada por fatores como a estiagem, que provocam queda de arrecadação. Sua principal fonte de recursos para a execução de projetos e empreendimentos está vinculada a políticas públicas de governo, verbas de emendas parlamentares e agentes financeiros (como Caixa Econômica Federal e Fundação Nacional de Saúde).

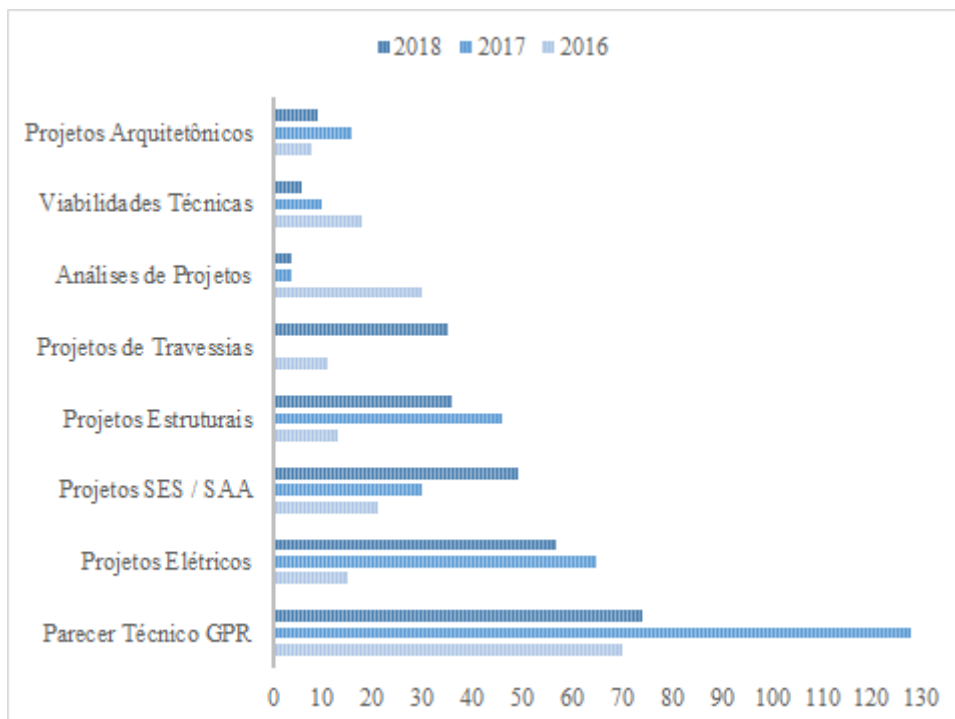
### 6.3.2 Dados de produção de projetos

O Gráfico 33 abaixo apresenta os dados de produção da GPR nos anos de 2016, 2017 e 2018. Nele observa-se uma elevada produção em quantidade e diversidade. O escopo de projetos elaborados da gerência é amplo e abrange a produção de Pareceres Técnicos, Viabilidades Técnicas, Análises de Projetos, Projetos de Travessias, Projetos Arquitetônicos, Projetos Estruturais, Projetos Elétricos, Projetos de Sistemas de Esgotamento Sanitário (SES) e Projetos de Sistema de Abastecimento de Água (SAA).

Nos três últimos anos, lideram a elaboração de Pareceres Técnicos, Projetos Elétricos e Projetos de Sistema de Esgotamento Sanitário e Sistema de Abastecimento de Água, que

apresentam um acumulado, respectivamente, de 272, 137 e 100, dentre os projetos produzidos de 2016 a 2018.

Gráfico 33 - Produção de projetos da GPR de 2016 a 2018.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### 6.3.3 Processo de projeção atual

No Anexo C, está apresentado o mapa do processo de projeto atual da GPR. No geral, a Gerência recebe uma demanda, o gerente avalia essa demanda e a designa para um engenheiro da Unidade de Análise e Controle de Projetos (UACP), que passará a ser o responsável pelo projeto e sua concepção. Após concebido, o engenheiro distribui para os demais profissionais competentes o desenvolvimento do projeto básico e dos projetos complementares. Em seguida, os projetos são encaminhados para a Unidade de Planejamento e Orçamento de Projetos (UPOP), onde serão orçados. Ao final do processo, os projetos, juntamente com o orçamento, são encaminhados ao gerente para aprovação e, em caso positivo, são enviados para o solicitante.

### 6.3.4 Desafios atuais

Muitos desafios foram apontados pelos profissionais nas reuniões, como também nas entrevistas (os entrevistados sempre comentavam muito do dia a dia deles e davam detalhes e explicações, até mesmo para responder as questões presentes no questionário). Nas primeiras reuniões, antes mesmo da aplicação das entrevistas, dois engenheiros experientes apontaram como as maiores dificuldades no funcionamento da Gerência de Projetos as “pautas bomba” e os erros de compatibilidade.

As “pautas bomba”, como chama a equipe, são demandas enviadas pela diretoria e com caráter de urgência para execução. Essas demandas têm prazo muito curto para resolução e os profissionais envolvidos são obrigados a parar outras demandas em andamento para solucionarem as “pautas bomba”. Em geral, essas pautas estão relacionadas à disponibilidade de verbas, seja de alguma emenda parlamentar ou de algum programa de agente financeiro (editais de bancos e agências de desenvolvimento), que têm prazo estipulado para uso e/ou destinação do recurso.

Os erros de compatibilidade, apesar das revisões e checagens de projetos e orçamentos, ainda são muitos. As falhas de compatibilidade, juntamente com o detalhamento insuficiente, geram muitas alterações dos projetos e orçamentos junto a agentes financiadores e órgãos reguladores. Essa problemática foi apontada por profissionais da UACP, que alegam razões como o prazo apertado, o acúmulo de atividades e a demora por informações para a entrega de projetos aquém do ideal. Outro ponto levantado é a variabilidade de escopos de projeto exigidos pelos agentes financiadores. Cada um tem suas exigências e não existe uma definição padrão, o que, segundo os projetistas, atrapalha o desenvolvimento dos projetos, gerando retrabalho.

Outras questões abordadas pela equipe de projeto são a dimensão orçamentária, os levantamentos topográficos, a aquisição de terrenos e a falta de cadastro. Em relação à dimensão orçamentária, comentaram que muitas vezes o projeto é desenvolvido baseado numa perspectiva orçamentária, mas no final o recurso financeiro disponível é menor que o previsto e o projeto precisa ser refeito. Sobre os levantamentos topográficos (de responsabilidade da Gerência de Geoprocessamento), houve reclamação de que demoram para serem entregues e que o projeto muitas vezes começa a ser elaborado sem os estudos topográficos. Também teceram críticas sobre a aquisição de terrenos, comentando que é comum acontecer do projeto ser concebido considerando uma determinada área, mas ser adquirida outra, processo que gera retrabalho. A respeito da falta ou desatualização dos cadastros de redes (de água, esgoto e drenagem), estas geram dificuldades para locação das instalações nos projetos e podem gerar problemas na execução da obra.

Os profissionais de orçamento relataram que as maiores dificuldades para a realização de suas atividades são o detalhamento insuficiente, erros de desenho e a atualização de preços. Todas elas demandam retrabalho e, no caso da atualização dos preços, exigem muito tempo, visto que essas alterações são todas manuais e, para alguns insumos, é necessário fazer cotação.

#### **6.4 Síntese do capítulo**

Este capítulo apresentou o estudo empírico desenvolvido na Gerência de Projetos da Caern que compreende a caracterização genérica da instituição e do setor específico estudado. O estudo contou com diferentes fontes de evidências (documentação, observação participante, entrevista) por meio das quais se elaborou um diagnóstico do processo de projeto da companhia de saneamento.

O processo de projeto e orçamento é dividido em 4 fases (coleta de informações, concepção do projeto, elaboração de projeto básico e elaboração do orçamento) e ocorre de forma tradicional, com uso de pouca tecnologia e de modo não colaborativo. As ferramentas usadas são limitadas ao AutoCAD, Excel, e Word, os entregáveis mais comuns são o memorial descritivo, planilha de orçamento, esboço e projeto em CAD 2D e dados de dimensionamento e/ou viabilidade, quase todos os entregáveis são repassados na forma digital e em papel. Os prazos para os entregáveis variam conforme o tipo e complexidade do projeto (mas não inferior a 5 dias).

Diversos problemas foram detectados, entre eles a elevada incidência de retrabalho, não cumprimento de prazos, espera por informações, detalhamento insuficiente, falta de compatibilidade, erros de desenho, limitações orçamentárias, processo de aquisição de terrenos, “pautas bomba”, deficiência em soluções tecnológicas, etc.

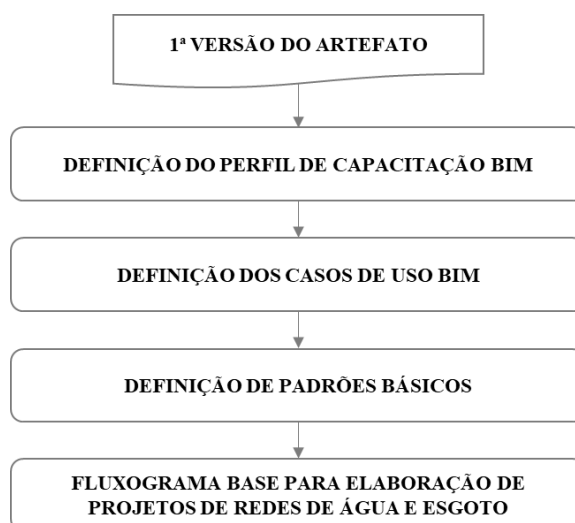
## 7 MÉTODO PARA IMPLEMENTAÇÃO DO BIM EM SETOR DE PROJETOS

Nesse capítulo é apresentada a construção do método proposto (artefato). Nele estão contidos o desenvolvimento do ambiente interno da primeira versão do artefato, as contribuições e sugestões apontadas na avaliação ocorrida por meio da técnica de grupo focal e o desenvolvimento da segunda versão do artefato proposto a partir da avaliação.

### 7.1 Primeira versão do artefato

A primeira versão do artefato produzido compreende quatro aspectos básicos, conforme esquematizado na Figura 16.

Figura 16 - Fluxograma da primeira versão do artefato.

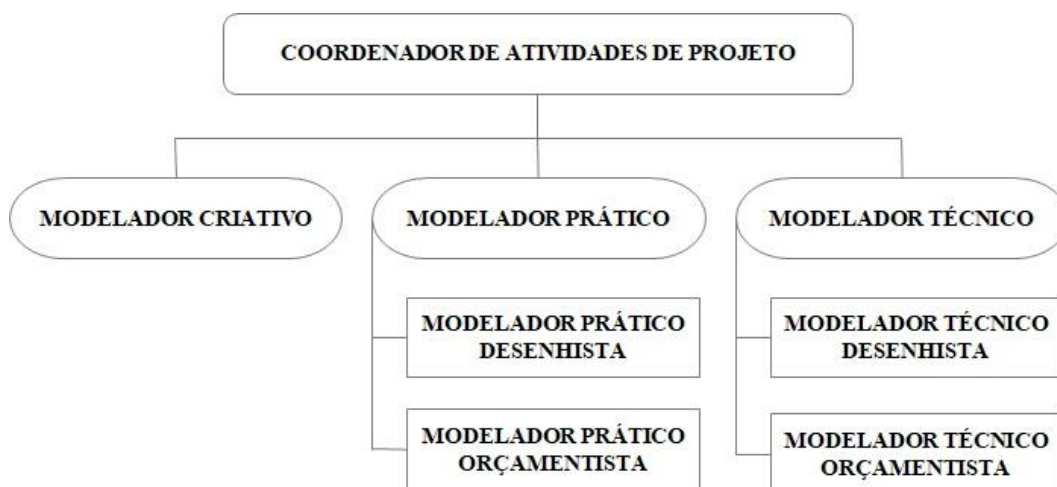


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

#### 7.1.1 Definição do Perfil de Capacitação BIM

O perfil de capacitação foi definido baseado, principalmente, na atual divisão de trabalho da GPR, considerando a capacitação dos profissionais da gerência e as atividades exercidas por eles, as etapas do processo de projeto e orçamentação, as características da modelagem BIM e as qualificações exigidas de um profissional BIM. O perfil de capacitação BIM abrange quatro tipos de profissionais, conforme esquematizado na Figura 17.

Figura 17 - Perfil de capacitação BIM.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

- **Coordenador de Atividades de Projeto:** Profissional responsável por definir e organizar premissas básicas e atividades dos projetos, bem como seus respectivos responsáveis. Esse profissional também é encarregado de acompanhar o andamento dos projetos, coordenando as atividades desenvolvidas e os profissionais envolvidos, sendo o agente impulsionador da produção de projetos, sempre atento aos prazos, informações e inconsistências no modelo durante todo processo. Função: Gestor. Formação: Engenharia (preferencialmente Engenharia Civil).
- **Modelador Criativo:** Profissional responsável por toda parte criativa dos projetos. Ele é encarregado da concepção e geração dos modelos, definindo formas, estruturas, locações. Esse perfil de capacitação abraça arquitetos e engenheiros das diversas disciplinas envolvidas no projeto. Função: Projetista. Formação: Engenharia e Arquitetura.
- **Modelador Prático:**
  - **Modelador Prático Desenhista:** Profissional responsável pelo detalhamento do modelo. Ele é encarregado de inserir informações secundárias e complementares ao modelo (que não diz respeito à concepção e/ou não é da alçada dos projetistas), elevando o modelo concebido ao nível de projeto básico. Função: Desenhista. Formação: Técnico.
  - **Modelador Prático Orçamentista:** Profissional responsável pelo desenvolvimento do orçamento. Ele é encarregado de definir os critérios de extração de quantitativos, fazer a extração dos quantitativos dos projetos e o cálculo dos preços. Função: Orçamentista. Formação: Engenheiro Civil.

- **Modelador Técnico:**

- **Modelador Técnico Desenvolvedor:** Profissional responsável pela criação de famílias e bibliotecas BIM. Ele é encarregado de elaborar, detalhar e modificar componentes e famílias BIM, conforme especificidades de projeto, como insumos e métodos construtivos adotados. Função: Desenvolvedor. Formação: Técnico.
- **Modelador Técnico Orçamentista:** Profissional responsável pela atualização das tabelas de orçamento. Ele é encarregado de manter atualizados os itens das tabelas de insumos e serviços, fazendo cotações de preços, inserindo novos itens, alterando especificações ou criando novas tabelas. Função: Orçamentista. Formação: Técnico.

### 7.1.2 Definição dos casos de uso BIM

O corpo técnico estabelecerá quais usos BIM são aplicáveis ao escopo de projetos desenvolvidos pela Gerência. Inicialmente, essa escolha deve ser feita a partir dos 25 usos BIM indicados pelo *Project Execution Planning Guide version 2.0*, listados a seguir na Figura 18, e baseada nos objetivos iniciais traçados pela equipe na definição do projeto-piloto para a implantação do BIM. À medida que outros projetos forem realizados e o nível de conhecimento e maturidade BIM for sedimentando na equipe, outros usos BIM devem ser explorados e incorporados ao escopo dos projetos.

Figura 18 - Usos BIM.

| PLANEJAMENTO                       | PROJETO                         | CONSTRUÇÃO | OPERAÇÃO |
|------------------------------------|---------------------------------|------------|----------|
| Modelagem das Condições Existentes |                                 |            |          |
| Estimativas de Custos              |                                 |            |          |
| Planejamento 4D                    |                                 |            |          |
| Programação                        |                                 |            |          |
| Análises Locais                    |                                 |            |          |
|                                    | Revisão de Projetos             |            |          |
|                                    | Design Autoral                  |            |          |
|                                    | Análise Estrutural              |            |          |
|                                    | Análise Luminotécnica           |            |          |
|                                    | Análise Energética              |            |          |
|                                    | Análise Mecânica                |            |          |
|                                    | Análise de Outras Engenharias   |            |          |
|                                    | Avaliação LEED Sustentabilidade |            |          |
| Validação de códigos               |                                 |            |          |

| PLANEJAMENTO | PROJETO                    | CONSTRUÇÃO                    | OPERAÇÃO                              |
|--------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
|              |                            | Coordenação Espacial 3D       |                                       |
|              |                            | Planejamento de Utilização    |                                       |
|              |                            | Projeto do Sistema Construção |                                       |
|              |                            | Fabricação Digital            |                                       |
|              |                            | Planejamento de Controle 3D   |                                       |
|              | Planejamento de Manutenção |                               | Modelagem de Registros                |
|              |                            |                               | Análise do Sistema de Construção      |
|              |                            |                               | Gestão de Ativos                      |
|              |                            |                               | Gerenciamento de Espaços/Rastreamento |
|              |                            |                               | Planejamento contra Desastres         |

Fonte: Adaptado de CIC (2010).

### 7.1.3 Definição de padrões básicos

A definição de padrões básicos está relacionada à padronização de instrumentos, procedimentos e tipologias a serem adotados pela Gerência para embasar o trabalho colaborativo necessário à implantação do BIM, como descrito no Quadro 12 a seguir:

Quadro 12 - Definição de padrões básicos.

| DEFINIÇÃO DE PADRÕES BÁSICOS                                 |                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TÓPICO                                                       | DESCRIÇÃO                                                                                                                                |
| <i>Templates</i>                                             | Criação de <i>templates</i> padrão conforme tipo/categoria de empreendimento.                                                            |
| Famílias e bibliotecas                                       | Desenvolvimento de famílias e bibliotecas próprias para cada <i>template</i> , conforme codificação da ABNT 15965.                       |
| Representação gráfica                                        | Padronização de pranchas, carimbos, nomenclaturas e da representação gráfica (símbolos).                                                 |
| Identificação de projetos                                    | Estabelecimento de padrões de identificação de projetos conforme códigos de uso e forma da ABNT.                                         |
| Formato de arquivos de colaboração BIM                       | IFC ou arquivo nativo dos softwares utilizados (no caso de alguns aplicativos é importante definir também a versão).                     |
| Outros formatos de arquivos para usos específicos            | Ex.: arquivos de vídeos, arquivos para simulações especiais, etc.                                                                        |
| Definição de ponto de origem e coordenadas georreferenciadas | Definido pelo modelador criativo no primeiro ato de construção do modelo.                                                                |
| Nomenclatura de arquivos                                     | Padronização da nomenclatura dos arquivos conforme tipo/disciplinas de projeto e fase/estágio do empreendimento (adequada a ABNT 15965). |
| Nomenclatura de edificações e/ou blocos                      | Conforme ABNT 15965.                                                                                                                     |
| Sistema de colaboração BCF a ser utilizado                   | Definição do tipo de sistema de comunicação e coordenação de projetos em padrão BCF.                                                     |
| Responsabilidade pela administração do sistema colaborativo  | Função do Coordenador do projeto.                                                                                                        |

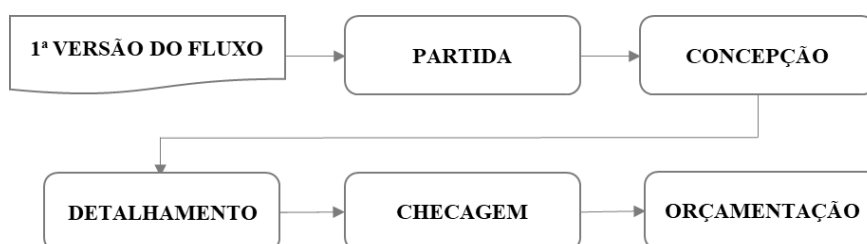
| DEFINIÇÃO DE PADRÕES BÁSICOS                  |                                                                                                                                                                     |
|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TÓPICO                                        | DESCRIÇÃO                                                                                                                                                           |
| Definição dos planos de referência do projeto | Função do Coordenador do projeto.                                                                                                                                   |
| Organização geral do modelo BIM               | Definição de arquivos parciais para compor diferentes tipos e/ou portes de empreendimento.                                                                          |
|                                               | Criação de <i>worksets</i> para compartilhamento, podendo ocorrer variações entre disciplinas (ex.: zona de trabalho do modelador criativo e do modelador prático). |
|                                               | Definição de zonas ou setores do empreendimento.                                                                                                                    |
| Formato de arquivos das folhas do projeto     | De acordo com o que for fixado sobre os entregáveis.                                                                                                                |

Fonte: Adaptado de Brasil (2017c).

#### 7.1.4 Fluxograma base para elaboração de Projetos de Redes de Água e Esgoto

O fluxograma base para elaboração de Projetos de Redes de Abastecimento de Água e Coleta de Esgoto descreve um caminho para o desenvolvimento desse tipo de projeto na metodologia BIM e com o perfil de capacitação proposto. O fluxo está dividido em cinco fases, conforme Figura 19 a seguir, e está disponível de forma detalhada no Apêndice F.

Figura 19 - Fases da primeira versão do fluxograma de elaboração de Projetos de Redes.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

##### a) Fase Partida:

Assim que a demanda de projeto é recebida pela Gerência de Projetos, é definido o coordenador de atividades do projeto (se houver mais de um profissional que desempenhe essa função) e a demanda é repassada. O coordenador então avalia e estuda a demanda, propondo um planejamento de como o projeto será desenvolvido: prevê as disciplinas integrantes, entregáveis, define os usos BIM, os profissionais participantes e suas respectivas atribuições. Também prevê e solicita informações necessárias para o desenvolvimento do projeto, mas que não são de responsabilidade da gerência de projetos.

De posse do planejamento, o coordenador convoca uma “Reunião de Partida” com todos os integrantes do projeto (definidos anteriormente). Nessa reunião é feita uma explanação da demanda aos integrantes do projeto e aberto um momento para *brainstorming*.

A partir dessa discussão são levantadas necessidades de informações e é feito o estabelecimento de marcos (como prazos, entregáveis, revisões, etc.). Se preciso, o coordenador solicita mais dados não previstos na avaliação/estudo da demanda.

**b) Fase Concepção:**

O modelador criativo, conhecendo a demanda de projeto, realiza o lançamento da rede em software BIM (se não dispor dos dados topográficos, utiliza inicialmente dados de ferramentas de coordenadas geográficas de satélite, como *GoogleEarth*, por exemplo). Nessa etapa, realiza-se o estudo e modelagem do terreno, traça-se a rede e são previstas as localizações de elementos como elevatórias e estações de tratamento. O nível de desenvolvimento indicado para essa etapa é o LOD 100.

Com a concepção definida e de posse das demais informações essenciais ao projeto, são realizados o pré-dimensionamento das estruturas e elementos do projeto e a inserção dessas informações no modelo de modo genérico. Como resultado, tem-se um anteprojeto do empreendimento com LOD 200 sugerido. O anteprojeto é encaminhado para uma orçamentação prévia e para as disciplinas complementares que tenham condições de começarem a ser desenvolvidas.

De posse do anteprojeto, orçamento prévio e anteprojeto complementares, o coordenador convoca uma segunda reunião, a “Reunião de Condução”, com o objetivo de avaliar, verificar e validar o anteprojeto. Na reunião, os participantes discutem o projeto e o orçamento preliminar, apontam possíveis inconsistências, sugerem adaptações ou correções no modelo ou até mesmo mudanças de concepção. Se o anteprojeto for validado, segue para o refinamento (realização de alguns ajustes ou inclusões) e elaboração de memorial descritivo. Senão, o modelo segue para adequação ou retorna à etapa de concepção, caso seja necessário.

**c) Fase Detalhamento:**

Após o anteprojeto aprovado, o modelo é encaminhado ao modelador prático (pode ser mais de um, a depender do porte e tipo de projeto ou do prazo para entrega) para que seja detalhado a nível de projeto básico, com LOD 300 de nível de desenvolvimento sugerido. Ele é o responsável por alimentar o modelo com informações secundárias, conforme o memorial descritivo, como especificação de tipo de material, insumos, peças, cotas, entre outros, bem como elaborar e organizar as pranchas conforme especificado na partida do projeto.

**d) Fase Checagem:**

Com os projetos básicos concluídos, o modelador prático executa a compatibilização das diversas disciplinas por meio de software *clashdetection*. Esse tipo de programa gera um relatório indicando as interferências encontradas nos projetos. Esse relatório é encaminhado

ao coordenador de atividades do projeto, que deve aprovar ou não o documento. Quando não aprovado, o coordenador solicita ao modelador que o detalhamento seja corrigido. Quando aprovado, o coordenador devolve para que o modelador faça a verificação dos entregáveis. Essa verificação tem como produto um relatório de *checklist* que é enviado ao coordenador para aprovação. Se aprovado, o projeto final segue para orçamentação. Caso contrário, volta ao modelador prático para correção.

#### **e) Fase Orçamentação:**

Na fase da orçamentação, quando recebido o projeto final, o modelador prático orçamentista define os critérios de extração dos quantitativos, extraíndo os quantitativos de forma automática do software de projeto. Em software específico de orçamentação – que deve conter funções de atualização automática dos valores do SINAPI e da CAERN (o OrçaBIM, por exemplo, possui a tabela da Caern) ou a possibilidade de inserção manual da tabela da CAERN, outras tabelas e itens de insumos e serviços (responsabilidade do modelador técnico orçamentista) – os quantitativos são lançados e o cálculo dos preços é feito de modo automático. O orçamento final é verificado e validado pelo modelador prático orçamentista e então enviado ao coordenador de atividades de projeto para ser aprovado. Após aprovação, o orçamento, juntamente com o projeto, é encaminhado ao solicitante.

## **7.2 Avaliação do Método**

Para a avaliação do artefato, foi utilizada a técnica de grupo focal. O grupo contou com a participação de 12 profissionais, 11 deles pertencentes ao corpo técnico da Caern, entre os quais técnicos, engenheiros e estagiário, de três setores diferentes (Grupo de Acompanhamento de Obras – GAO, Gerência de Projetos – GPR e Gerência de Controle de Empreendimentos – GCE) e um profissional de empresa privada. No Quadro 13 estão descritas a experiência profissional e a área de atuação de cada participante.

Quadro 13 - Profissionais participantes do grupo focal.

| PROFISSIONAL          | IDADE | FORMAÇÃO ACADÊMICA                                                                                             | ATUAÇÃO                                                                      |
|-----------------------|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Participante 1</b> | -     | -                                                                                                              | -                                                                            |
| <b>Participante 2</b> | -     | Graduação em Engenharia Civil com especialização em Gestão de Projetos                                         | Trabalha na CAERN como engenheiro civil responsável pela gestão de contratos |
| <b>Participante 3</b> | 28    | Técnico em Edificações, com graduação em Engenharia Civil e especialização em Engenharia Sanitária e Ambiental | Atua na CAERN como Engenheiro Civil                                          |

|                        |    |                                                                                                                                                                |                                                                             |
|------------------------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Participante 4</b>  | -  | Técnico em Edificações, com graduação em Arquitetura e especialização em Design de Interiores                                                                  | Atua na CAERN como técnico em edificações na chefia de controle de projetos |
| <b>Participante 5</b>  | 57 | Técnico em Eletrônica com graduação em Engenharia Civil e especialização em Saneamento Básico                                                                  | Trabalha na CAERN como chefe da unidade de projetos do GAO                  |
| <b>Participante 6</b>  | 27 | Técnico de Edificações, com graduação em Engenharia Civil e especialização em Gestão de Projetos                                                               | Atua na CAERN como técnico em edificações                                   |
| <b>Participante 7</b>  | 23 | Cursando graduação em Arquitetura e Urbanismo                                                                                                                  | Estagiário na CAERN                                                         |
| <b>Participante 8</b>  | 31 | Graduação em Engenharia Civil com especialização em Gestão de Projetos e Mestrado em andamento em Ciência, Tecnologia e Inovação                               | Atua como engenheiro projetista na CAERN por contrato de consultoria        |
| <b>Participante 9</b>  | 62 | Mestre em Engenharia Sanitária e Urbanismo                                                                                                                     | Sócio da Planenge                                                           |
| <b>Participante 10</b> | 26 | Técnico em Edificações com graduação em Engenharia Civil                                                                                                       | Atua como técnico em edificações na CAERN                                   |
| <b>Participante 11</b> | -  | Graduação em Engenharia Civil com mestrado em Engenharia Sanitária                                                                                             | Trabalha na CAERN como engenheiro civil/sanitarista                         |
| <b>Participante 12</b> | 34 | Graduação em Engenharia Civil com mestrado em Engenharia Sanitária e Ambiental e especialização em Licenciamento Ambiental e Avaliação e Perícia em Engenharia | Atua na CAERN como Coordenador de Unidade                                   |

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Como mostrado no Quadro 13, pode-se destacar o nível de formação elevado dos profissionais participantes do grupo focal: dos 11 respondentes, nove tinham ao menos uma especialização, a maioria deles pertencente ao quadro da CAERN. Nem todos responderam suas respectivas idades, mas percebe-se um grupo misto, com idade variando entre 23 e 62 anos, com a maior parte das pessoas na faixa dos 26 aos 34 anos.

No decorrer da condução do grupo focal, o Participante 1 se ausentou, por motivos de saúde, durante a apresentação do artefato. O Participante 9 respondeu as questões avaliativas, mas ausentou-se antes do início da discussão. Ainda durante a apresentação do artefato, na parte do fluxograma de projetos de redes, alguns participantes levantaram uma pequena discussão sobre a definição de softwares e respectivas funcionalidades, fato que não cabia no momento, mas que foi contornado, prosseguindo-se a apresentação normalmente. Outra situação inesperada foi a baixa qualidade da projeção multimídia – fator externo à equipe da pesquisa, visto que o equipamento projetor foi disponibilizado pela organização do congresso –, que atrapalhou a exposição, principalmente do fluxograma de projeto de redes, e a consequente assimilação do conteúdo pelos profissionais participantes.

A divisão dos grupos para discussão ocorreu de forma livre, de modo que os próprios participantes se escolheram. Foram formados dois grupos, um composto apenas por homens (Participantes 2, 10, 11 e 12) e outro apenas por mulheres (Participantes 3, 4, 5, 6, 7 e 8). As

respostas das questões avaliativas do artefato estão compiladas nos Quadros 14 e 15 a seguir (considere: 0 - nenhuma; 1 - pouco; 2 - médio; e 3 - muito).

Quadro 14 - Quadro resumo da avaliação do artefato.

|                 | Quanto à funcionalidade, como você avalia o conjunto de diretrizes? |   |   |   | Você acha que foram pertinentes as definições de padrões básicos e o perfil dos profissionais? |   |   |   | Para você, o conjunto de diretrizes contempla todos os fluxos de trabalho da projeção? |   |   |   | Em relação à generalidade, você considera que é possível expandir o uso das diretrizes para os diversos tipos de projetos da área de saneamento? |   |   |   | Você achou que o conjunto de diretrizes é fácil de usar? |   |   |   |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------|---|---|---|------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|----------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|----------------------------------------------------------|---|---|---|
|                 | 0                                                                   | 1 | 2 | 3 | 0                                                                                              | 1 | 2 | 3 | 0                                                                                      | 1 | 2 | 3 | 0                                                                                                                                                | 1 | 2 | 3 | 0                                                        | 1 | 2 | 3 |
| Participante 1  | -                                                                   | - | - | - | -                                                                                              | - | - | - | -                                                                                      | - | - | - | -                                                                                                                                                | - | - | - | -                                                        | - | - | - |
| Participante 2  |                                                                     |   | ● |   |                                                                                                |   | ● |   |                                                                                        |   |   | ● |                                                                                                                                                  |   |   | ● |                                                          |   | ● |   |
| Participante 3  |                                                                     |   |   | ● |                                                                                                |   |   | ● |                                                                                        |   | ● |   |                                                                                                                                                  |   |   | ● |                                                          |   |   | ● |
| Participante 4  |                                                                     |   |   | ● |                                                                                                |   |   | ● |                                                                                        |   | ● |   |                                                                                                                                                  |   |   | ● |                                                          |   |   | ● |
| Participante 5  |                                                                     |   |   | ● |                                                                                                |   |   | ● |                                                                                        |   | ● |   |                                                                                                                                                  |   |   | ● | -                                                        | - | - | - |
| Participante 6  |                                                                     |   |   | ● |                                                                                                |   |   | ● |                                                                                        |   | ● |   |                                                                                                                                                  |   |   | ● |                                                          |   |   | ● |
| Participante 7  |                                                                     |   |   | ● |                                                                                                |   |   | ● |                                                                                        |   |   | ● |                                                                                                                                                  |   | ● |   |                                                          |   |   | ● |
| Participante 8  |                                                                     |   |   | ● |                                                                                                |   |   | ● |                                                                                        |   | ● |   |                                                                                                                                                  |   |   | ● |                                                          |   |   | ● |
| Participante 9  |                                                                     |   | ● |   |                                                                                                |   |   | ● |                                                                                        |   |   | ● |                                                                                                                                                  |   |   | ● |                                                          |   |   | ● |
| Participante 10 |                                                                     |   |   | ● |                                                                                                |   |   | ● |                                                                                        |   |   | ● |                                                                                                                                                  |   | ● |   |                                                          |   |   | ● |
| Participante 11 |                                                                     | ● |   |   |                                                                                                |   | ● |   |                                                                                        |   | ● |   |                                                                                                                                                  |   | ● |   |                                                          | ● |   |   |
| Participante 12 |                                                                     |   | ● |   |                                                                                                |   | ● |   |                                                                                        |   | ● |   |                                                                                                                                                  |   |   | ● |                                                          |   | ● |   |

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Quadro 15 - Respostas discursivas.

|                 | Você observou falhas nas diretrizes?                                                                                                                                                               |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Participante 2  | Não. Somente definição de predecessoras básicas e cruciais para <i>start</i> do processo de aquisição, no qual são (?). Ex.: definição do software de dimensionamento de água e esgoto compatível. |
| Participante 6  | Ouçã o áudio.                                                                                                                                                                                      |
| Participante 8  | Inserir cronograma.                                                                                                                                                                                |
| Participante 10 | Acredito que as funções do modelador criativo podem ser realizadas pelo modelador prático, podendo ser excluída tal função.                                                                        |
| Participante 11 | Achei um pouco complexo, mas acredito que seja pelo fato de não ter a convivência (dia a dia).                                                                                                     |
| Participante 12 | Adequação ao porte do empreendimento; validação das informações de entrada; especificação dos símbolos de fluxo; não teve como analisar tudo no tempo.                                             |

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

No geral, a partir do quadro de respostas, percebe-se que o artefato foi muito bem avaliado pelos profissionais presentes, com a maioria dos itens recebendo classificação 2 e 3. Na fase de discussão em grupos, cada grupo abordou o artefato de uma forma diferente. O Grupo 1, composto pelos Participantes 2, 10, 11 e 12, observou as diretrizes com foco maior

nos processos de trabalho (futuro, como seria implementado) da Gerência. No geral, foi comentada a importância da existência de um processo de trabalho com passo a passo das atividades e etapas a serem desenvolvidas e atribuições profissionais claras e bem definidas, de modo que todos trabalhem da mesma forma, o que não existe atualmente. “O processo tem que existir, é isso que a gente está buscando, a instalação de um processo. Que ele seja de princípio o melhor possível do jeito que a gente acha, para depois ir melhorando.”, disse o Participante 12.

Os participantes consideraram o fluxo de processos proposto bem desenhado e viável de ser adotado em um momento inicial de implementação, cientes de que necessariamente passará por ajustes e melhorias ao longo da implementação: “Tranquilamente dá para executar esse processo, sem problema nenhum.”, falou o Participante 2. Em relação ao perfil de capacitação, o Participante 2 respondeu: “É totalmente pertinente, deveria ser obrigatório, na verdade.”, comentando a importância dos profissionais terem suas devidas funções. Os demais participantes também ressaltaram a necessidade da disseminação do conhecimento dessas funções, de forma que não se dependa de uma pessoa específica. O próprio Participante 2 sugeriu montar um rodízio em células de trabalho, em que diferentes profissionais teriam contato com diversas funções, disseminando informação na companhia.

Outra questão muito enfatizada foi a facilidade de uso do artefato, apesar da dificuldade de implementação, dada a resistência que as pessoas têm a mudanças, especialmente quando se trata de profissionais antigos, que trabalham da mesma forma há anos e que têm mais dificuldade de aceitar e se adaptar a novas formas de trabalho. Os participantes também sugeriram a inserção de um filtro de adequação ao porte do empreendimento, considerando que empreendimentos menores e mais simples são executáveis por um profissional sozinho.

Em comparação, o Grupo 2, composto pelos Participantes 3, 4, 5, 6, 7 e 8, observou as diretrizes propostas com foco maior em como seria encaixar as novas proposições na realidade atual. Nesse grupo, foi questionado como os profissionais atuais seriam encaixados dentro do perfil de capacitação, e existiu uma tentativa de equiparar funções desempenhadas atualmente com as atribuições propostas. Outro ponto debatido foi a comparação entre o funcionamento da Gerência de Projetos e do Grupo de Acompanhamento de Obras (GPR x GAO), ao que se concluiu que o fluxo de trabalho proposto seria mais fácil de aplicar na GPR do que no GAO, dado que o fluxo proposto se assemelha à divisão de trabalho atual da GPR.

Os participantes apontaram também a ausência de um cronograma de implementação, a falta de definição de softwares, de atribuições de cada tipo de projeto e de

clareza do grupo de informações que o coordenador de atividades de projetos precisa repassar para os engenheiros. Comentaram ainda que o fato de forçar a reunião de partida já gera melhoria e sugeriram que essa reunião tenha participação de outros setores envolvidos no processo de projeto (geoprocessamento, por exemplo). Sobre a reunião de partida e o controle de informação repassada, o Participante 5 afirmou: “É importante sistematizar, para não ficar pessoal, porque se você começa a bater, fica muito pessoal, parecendo que é pessoal e não é. Se for processual, fica impessoal e aí é muito importante. É importante para o sistema funcionar.”.

Outro ponto discutido pelo Grupo 2 foi a inserção de uma etapa no fluxograma que separe o “porte do empreendimento” – visto que, para projetos muito pequenos ou simples, o modelador criativo pode executar tudo –, bem como a inserção do gerente no final do processo, com a função de encaminhar o projeto para o solicitante. Além do mais, os participantes julgaram a proposta apresentada relevante e fácil de usar, mas difícil de implementar dado o contexto de resistências a mudanças. Eles avaliaram o fluxo apresentado como executável e capaz de tornar o processo mais rápido, mais claro e de facilitar as atribuições de cada profissional.

### 7.3 Segunda versão do artefato

No Quadro 16 estão organizados os principais comentários e sugestões sobre o artefato proposto.

Quadro 16 - Quadro resumo de comentários e sugestões do grupo focal.

| PRINCIPAIS COMENTÁRIOS E SUGESTÕES DO GRUPO FOCAL                             |                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GRUPO 1                                                                       | GRUPO 2                                                                                                                                                                 |
| Necessidade da disseminação do conhecimento                                   | Ausência de cronograma de implementação                                                                                                                                 |
|                                                                               | Falta de definição de softwares                                                                                                                                         |
| Inserção de um filtro de adequação ao porte do empreendimento                 | Especificação de atribuições de cada tipo de projeto e clareza do grupo de informações que o coordenador de atividades de projetos precisa repassar para os engenheiros |
| Dificuldade de implementação dada a resistência que as pessoas têm a mudanças | Participação de outros setores envolvidos no processo de projeto na reunião de partida                                                                                  |
|                                                                               | Inserção de etapa no fluxograma que separe o “porte do empreendimento”                                                                                                  |
| Rodízio em células de trabalho                                                | Inserção do gerente no final do processo com a função de encaminhar o projeto para o solicitante                                                                        |
|                                                                               | Difícil de implementar dado o contexto de resistências a mudanças                                                                                                       |

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Com o intuito de acatar as demandas apontadas na avaliação do artefato pelos profissionais participantes do grupo focal, decidiu-se pela inserção de outras quatro diretrizes ao artefato proposto, além de outras alterações.

Como forma de minimizar a dificuldade de implementação em razão da resistência a mudanças, muito enfatizada pelos dois grupos de discussão, foi inserido o Programa de Reciclagem Profissional. Essa diretriz atua para que os profissionais sejam conscientizados sobre as mudanças pelas quais a Companhia passará, esclarecendo os benefícios e desafios provenientes dessas mudanças, sempre com viés informativo e motivacional. O Programa de Reciclagem Profissional também abraça a capacitação dos profissionais, de forma que o impacto das mudanças seja o mínimo possível.

Sobre a necessidade da disseminação do conhecimento dentro da Gerência de Projetos e da Companhia como um todo, demanda apontada pelo Grupo 1, foi estabelecido o Programa de Disseminação do Conhecimento. Essa diretriz tem como objetivo divulgar e disseminar as experiências e resultados obtidos com o BIM, tendo como foco principal a transmissão de conhecimento, principalmente por profissionais ou setores que fazem uso de tecnologias e têm domínio de processos. A sugestão de rodízio em células de trabalho não foi especificada nesse tópico, pois a decisão das metodologias utilizadas é da empresa.

Quanto à ausência de um cronograma de implementação, apontado pelo Grupo 2, a elaboração de um plano de implementação não faz parte do escopo dessa pesquisa, mas, na intenção de atender em partes a demanda de implementação, foi sugerido um Roteiro de Adequação. O Roteiro consiste em uma sequência de passos que orienta a transição do modo de projeção convencional para o BIM, organizando todas as outras diretrizes propostas em ordem cronológica de implantação, mas não estipula prazos. Em consequência da sugestão do Roteiro de Adequação, a diretriz de Definição de Padrões Básicos foi modificada para que pudesse ser encaixada no Roteiro.

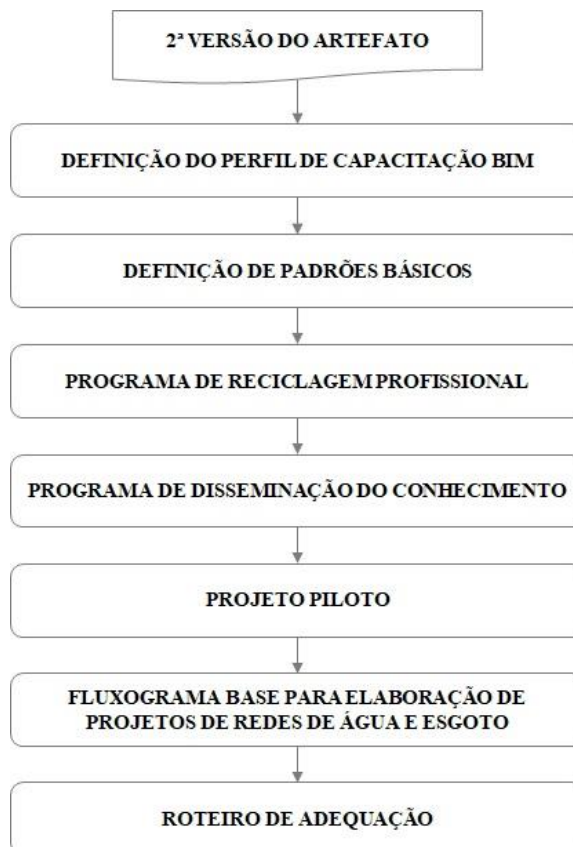
Sobre o Fluxograma do Processo de Projeto de Redes, todos os setores envolvidos no processo de projeto foram incluídos na reunião de partida e o gerente no final do processo, assim como um outro fluxo foi desenhado para empreendimentos de pequeno porte. A definição de softwares não foi alvo dessa pesquisa por entender que essa escolha é multifatorial e envolve estudos específicos do parque tecnológico da empresa, disponibilidade de fabricantes, modelagem, dimensionamento, aprendizagem, custo-benefício, entre outros aspectos.

As demandas relativas à especificação de atribuições de cada tipo de projeto e à clareza do grupo de informações que o coordenador de atividades de projetos precisa repassar

para os engenheiros não foram atendidas, pois exigem o mapeamento de cada tipologia de projeto (não estava no escopo da pesquisa), além de serem consideradas atribuições cujo discernimento seria de responsabilidade dos profissionais envolvidos no processo.

Assim, a segunda versão do artefato conta com sete etapas, conforme esquematizado na Figura 20.

Figura 20 - Segunda versão do artefato.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

### 7.3.1 Definição do Perfil de Capacitação BIM

O Perfil de Capacitação BIM proposto no primeiro artefato não sofreu alterações e permanece de acordo com o especificado no item 7.1.1.

### 7.3.2 Definição de Padrões Básicos

Essa diretriz, inicialmente composta por um conjunto único de padrões (Quadro 12, item 7.1.3), foi revisada e decidiu-se pela retirada de alguns tópicos e adição de outros, além de uma divisão conforme a sequência de implantação. Para a segunda versão do artefato, a

diretriz ficou dividida em três partes: Padrão de Organização Interna (Quadro 17), Estruturação Básica (Quadro 18) e Definições Avançadas (Quadro 19). Ela também incorporou a “Definição de casos de Usos BIM” (considerada diretriz no primeiro artefato - item 7.1.2) como um tópico da Estruturação Básica.

Sugere-se a adoção inicial dos Usos BIM relacionados a elaboração de projeto e orçamento, considerando a Figura 18: Design Autoral, Estimativas de Custos, Revisão de Projetos e Coordenação espacial 3D. Aplicando ao contexto da GPR seria utilizado para a modelagem 3D, extração automática de quantitativos, atualização automática de tabelas de preços (quando possível), detecção de falhas e interferências e compatibilização das diversas disciplinas integrantes do projeto.

Quadro 17 - Padrão de organização interna.

| <b>PADRÃO DE ORGANIZAÇÃO INTERNA</b>                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tópico</b>                                                    | <b>Descrição</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Representação gráfica                                            | Padronização de pranchas, carimbos, legendas e símbolos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Identificação de projetos                                        | Estabelecimento de padrões de identificação de projetos (conforme ABNT NBR 15965 ou codificação própria).                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Nomenclatura de arquivos                                         | Padronização da nomenclatura dos arquivos conforme tipo/disciplinas de projeto e fase/estágio do empreendimento (conforme ABNT NBR 15965 ou codificação própria).                                                                                                                                                                                                                                    |
| Nomenclatura de edificações, sistemas, redes e demais estruturas | Conforme ABNT NBR 15965 ou codificação própria.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Estruturação e organização do sistema de armazenamento de dados  | Adoção de um modelo de armazenamento de dados (arquivos de projetos, biblioteca de famílias e objetos, dados de georreferenciamento, etc.). Nesse modelo, deverá ser previsto a padronização e organização das pastas (disposição, nome, conteúdo, etc.); local de armazenamento (nuvem, servidor próprio, etc.); e segurança dos dados (quem tem acesso, forma de acesso, permissões de uso, etc.). |

Fonte: Adaptado de Brasil (2017c).

Quadro 18 - Estruturação básica.

| <b>ESTRUTURAÇÃO BÁSICA</b>                 |                                                                                                                                                                 |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tópico</b>                              | <b>Descrição</b>                                                                                                                                                |
| Usos BIM                                   | Definição do tipo de uso BIM.                                                                                                                                   |
| Softwares                                  | Definição e aquisição de softwares a serem utilizados.                                                                                                          |
| Famílias e Bibliotecas                     | Criação ou aquisição de famílias e bibliotecas de elementos básicos e de uso mais corriqueiro (conforme codificação da ABNT NBR 15965 ou codificação própria).  |
| <i>Templates</i>                           | Criação ou aquisição de <i>templates</i> padrão de acordo com tipo/categoria de empreendimento (conforme codificação da ABNT NBR 15965 ou codificação própria). |
| Formato de arquivos de colaboração BIM     | IFC ou arquivo nativo dos softwares utilizados.                                                                                                                 |
| Sistema de colaboração BCF a ser utilizado | Definição do tipo de sistema de comunicação e coordenação de projetos em padrão BCF.                                                                            |
| Formato de arquivos das folhas do projeto  | DWG, PDF, IFC, arquivos nativos ou outros.                                                                                                                      |

Fonte: Adaptado de Brasil (2017c).

Quadro 19 - Definições avançadas.

| DEFINIÇÕES AVANÇADAS                                        |                                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tópico                                                      | Descrição                                                                                                                                                           |
| Outros formatos de arquivos para usos específicos           | Ex.: arquivos de vídeos, arquivos para simulações especiais, etc.                                                                                                   |
| Responsabilidade pela administração do sistema colaborativo | Função do Coordenador do projeto (pode ser fixo ou variar conforme cada empreendimento produzido).                                                                  |
| Organização geral do modelo BIM                             | Definição de arquivos parciais para compor diferentes tipos e/ou portes de empreendimento.                                                                          |
|                                                             | Criação de <i>worksets</i> para compartilhamento, podendo ocorrer variações entre disciplinas (Ex.: zona de trabalho do modelador criativo e do modelador prático). |
|                                                             | Definição de zonas ou setores de empreendimentos.                                                                                                                   |
| Incorporação de mais Usos BIM                               | Outros usos BIM podem ser adicionados ao escopo técnico.                                                                                                            |
| Outros                                                      | A critério de futuras demandas.                                                                                                                                     |

Fonte: Adaptado de Brasil (2017c).

### 7.3.3 Programa de Reciclagem Profissional

O Programa de Reciclagem Profissional foi pensado para promover uma política de atualização e mobilização da equipe técnica envolvida no desenvolvimento de projetos e dos profissionais da instituição como um todo. Tem como principal objetivo minimizar os impactos e desafios decorrentes do processo de mudança e motivar os profissionais a acolher os novos métodos, políticas, processos e formas de trabalho. O programa é composto por três pilares: conscientização, público-alvo e capacitação, descritos a seguir.

- Conscientização

A companhia deverá promover ciclos de eventos, sejam eles seminários, palestras, *workshops*, ou outro formato que considerar mais adequado, com o objetivo de esclarecer as mudanças pelas quais passará o processo de trabalho da instituição e motivar os colaboradores diretamente e indiretamente envolvidos nesse processo. Os eventos podem ser divididos em informativos e motivacionais e desenvolvidos conforme a necessidade do público-alvo e do estágio da adequação em que se encontram. Recomenda-se também que sejam aplicadas metodologias ativas e inovadoras de aprendizagem, com uso de vídeos, jogos e dinâmicas, por exemplo.

Os temas promovidos devem cobrir os Decretos Federais nº 9.983/2019 e nº 10.306/2020, as vantagens e os ganhos de qualidade do trabalho colaborativo, *cases* nacionais e internacionais de uso do BIM, tanto em edificações como em infraestrutura, e as novidades presentes no mercado.

A proposta principal dessa ação é orientar a percepção de seus membros sobre a transformação e a novidade que a companhia se dispõe a abraçar. Essa percepção deverá embasar-se na necessidade de modernização, nos benefícios e vantagens previstas para o estado futuro, na legislação e normatizações técnicas. Com esse enfoque, espera-se reduzir os impactos dos desafios e dificuldades próprios de um processo de mudança, fazendo com que os participantes, convencidos da transformação, perseverem nas adversidades.

- Público-alvo

Em relação à promoção de eventos, a companhia precisará examinar a exigência de eventos e/ou ações específicas para as diretorias, coordenações e demais profissionais, segundo o exercício e as funções e responsabilidades de cada um, sempre adaptando conteúdo, metodologias e linguagens, de acordo com cada grupo. Definir-se-á ainda por qual grupo a conscientização sobre o paradigma BIM terá início na instituição.

- Capacitação

A instituição terá de fomentar o treinamento de sua equipe técnica, realizando cursos de atualização e/ou aperfeiçoamento, em conformidade com o perfil de capacitação estipulado. Esse treinamento versará sobre teoria, uso de softwares, práticas colaborativas e práticas de projeto. Para o caso de softwares, é preferível que haja uma consultoria que auxilie a equipe nos casos de dúvidas que surjam ao longo do processo de aprendizagem, principalmente na execução de projetos-piloto.

Outra realidade da capacitação permeia os profissionais da tecnologia da informação, já que a equipe de suporte técnico também precisará ser habilitada para operar e manter os sistemas e softwares adquiridos, bem como resolver problemas que venham a existir. Eles também precisarão ter domínio para intervir e orientar os usuários sobre a gestão de nuvens e servidores, trabalho colaborativo, troca de informações e segurança dos dados.

### 7.3.4 Programa de Disseminação do Conhecimento

O programa de disseminação do conhecimento consiste no compartilhamento das experiências e resultados advindos da implementação da metodologia BIM para o corpo da instituição. Essa ação tem por objetivo principal perpetuar o conhecimento em razão dos produtos e soluções gerados pela introdução do BIM aos colaboradores internos da organização e a comunidade externa. O programa está dividido em quatro níveis:

- (a) Interno na Gerência de Projetos:

Diz respeito ao compartilhamento do conhecimento entre os profissionais da gerência. Aconselha-se uma rotatividade dos perfis de capacitação dentro da equipe de projetos, observadas as características dos profissionais de cada perfil. Cada profissional deverá conhecer e se dedicar ao maior número de etapas possível do fluxo de projeção, vivenciando os desafios próprios das fases do processo e gerando mais qualidade e diversidade na fase de regulação.

(b) Entre setores envolvidos diretamente no desenvolvimento de projetos:

Compete a esse nível a propagação dos benefícios na utilização do BIM, de como os outros setores envolvidos com a elaboração do projeto também ganhariam vantagens individualmente e de como a cadeia de projetos se beneficiaria. Uma ação nesse sentido seria a realização de *workshops* que mostrem a desenvoltura, habilidades e funções de softwares voltados para a área, por exemplo, além da divulgação de padrões adotados, catálogos e instruções técnicas produzidas.

(c) Dentro da organização como um todo:

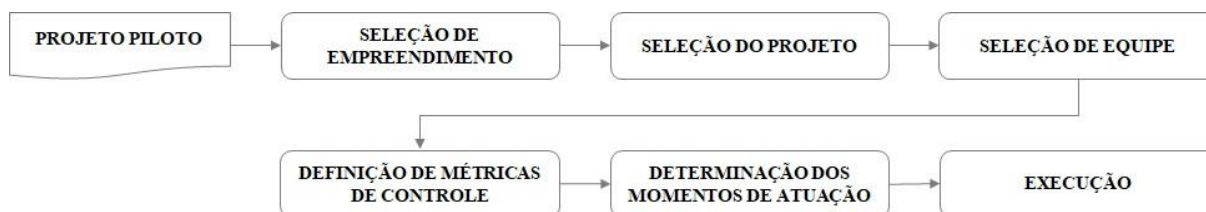
Nível referente à divulgação de políticas, processos e tecnologias adotadas por ocasião do BIM. Realizam-se ações que deem ciência à totalidade dos colaboradores da transformação tecnológica que a corporação está passando, e o viés de modernização e inovação que agrega eficiência e qualidade ao serviço prestado. Campanhas promocionais como palestras, *banners*, *folders*, boletins e revistas eletrônicas podem ser adotadas para esse nível.

(d) Para o público externo:

Podem ser divulgadas no endereço eletrônico ou nas mídias sociais da Companhia informações básicas a respeito da implementação do BIM, como: que setores foram afetados, de que forma o BIM tem sido utilizado, que resultados a metodologia tem dado, como se deu o processo de adaptação, catálogos elaborados, instruções técnicas produzidas, o cenário atual do BIM na companhia e perspectivas futuras.

### 7.3.5 Projeto-piloto

Figura 21 - Fluxograma do projeto-piloto.



Fonte: Autor (2020).

O projeto-piloto é composto por seis etapas, conforme a Figura 21 acima, devidamente esclarecidas abaixo:

(a) Seleção de um empreendimento: deve ser típico (comum/corriqueiro) e simples.

(b) Seleção do projeto: o projeto escolhido precisa, necessariamente, ter sido previamente concebido, executado e registrado o *as built*. Se possível, ter documentado (ou o conhecimento, caso em que será necessário a transcrição) os problemas ocorridos durante a projeção ou em campo, em função do projeto.

(c) Seleção da equipe: a equipe, preferencialmente, deve ser a mesma que participou da elaboração do projeto original.

(d) Definição de métricas de controle: devem ser estabelecidas métricas para fins de comparação e avaliação da produção no modelo tradicional de projeção e na metodologia BIM. Por exemplo: quantidade de correções, tempo gasto (horas trabalhadas), quantidade de erros cometidos, quantidade de incompatibilidades detectadas, entre outros.

(e) Determinação dos momentos de atuação: deve ser definido um dia ou turno na semana, exclusivamente para a execução dos projetos-piloto. Nesse dia ou turno, a equipe se dedicará exclusivamente às atividades do BIM e nenhum outro tipo de atividade poderá ser desenvolvido pela equipe envolvida.

(f) Execução: a equipe refará o projeto escolhido utilizando os novos softwares, seguindo os perfis de capacitação definidos e o fluxo de projeto proposto. Ao final, deve ser feita uma avaliação crítica das facilidades e dificuldades de uso das novas ferramentas e das vantagens e desvantagens da utilização delas. Também deve se avaliar a distribuição de responsabilidades sobre as partes do projeto e a comunicação da informação entre os membros participantes. Esse primeiro contato será basicamente de familiarização com as novas ferramentas e com o novo fluxo de trabalho.

Caso seja preciso, ou por opção, a equipe pode executar um outro projeto semelhante para solidificação do conhecimento e das novas práticas. Caso sinta-se confortável, inicia-se um novo empreendimento.

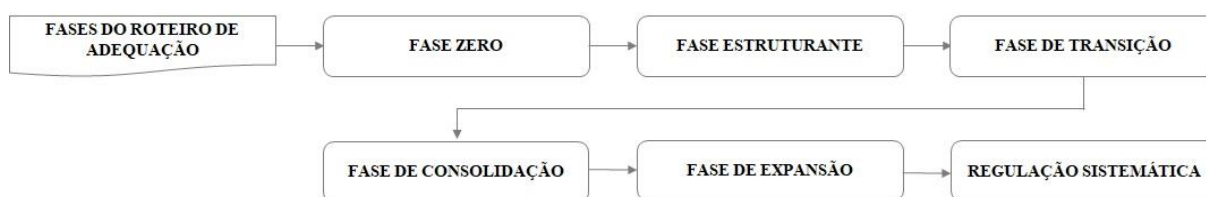
### 7.3.6 Fluxograma Base para Elaboração de Projetos de Redes de Abastecimento de Água e Coleta de Esgoto

O Fluxograma do Processo de Projeto de Redes especificado no item 7.1.4 agora contempla duas situações de projeto: empreendimentos de pequeno porte (Apêndice G) e empreendimentos de médio e grande porte (Apêndice H). Cada tipo de empreendimento tem seu fluxo, e a diferença reside nos atores do projeto. Para situações de pequeno porte, o modelador criativo é responsável pelo desenvolvimento de todo o projeto, inclusive as disciplinas complementares e o detalhamento.

A reunião de partida passa a contemplar, além de profissionais envolvidos diretamente na elaboração do projeto, profissionais de outras gerências/setores responsáveis pelo fornecimento de informações, documentação e outras demandas necessárias ao desenvolvimento do projeto.

### 7.3.7 Roteiro de Adequação

Figura 22 - Fases do roteiro de adequação.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O roteiro de adequação sugerido, tem como objetivo conduzir a introdução da metodologia BIM na gerência de projetos de modo organizado e consolidável. O roteiro foi elaborado de forma que a gerência tenha a transição das atividades – atualmente operadas na forma tradicional – para a utilização do BIM de maneira ordenada e gradual, partindo de uma reestruturação organizacional sólida, capaz de sustentar um processo bem definido junto a uma equipe grande e diversa na produção de projetos.

A adequação divide-se em seis fases, descritas na Figura 22, que contemplam da instauração de comissões e definições de padrões básicos organizacionais até o processo de expansão de usos BIM e avaliação sistemática do processo de projeção.

#### 7.3.7.1 Fase Zero:

Na fase zero estão contidas as primeiras medidas para a estruturação da gerência em vista da implantação do suporte básico organizacional necessário para o uso e desenvolvimento do BIM no corpo técnico.

##### (a) Comissão de Análise (CA)

Como primeiro ato, sugere-se a criação de uma força tarefa, com a instauração de uma comissão de análise (CA, composta por no mínimo três profissionais com larga experiência no desenvolvimento de projetos de saneamento) para estudo, discussão e avaliação da norma brasileira de BIM, a ABNT NBR 15965 – Sistema de Classificação da Informação da Construção. A norma é composta por sete partes, estando publicadas apenas quatro delas (as partes 1, 2, 3 e 7), e tem por objetivo estabelecer a terminologia e estrutura da classificação da modelagem da informação da construção. Nela estão definidas tabelas com codificações e terminologias que vão do planejamento à operação e manutenção de empreendimentos da construção civil.

Nem todas as terminologias demandadas pelos projetos desenvolvidos na gerência de projetos estão incorporadas à norma, que tem um enfoque sobre empreendimentos de edificações, sendo, por hora, escassas as classificações referentes a empreendimentos de infraestrutura. Assim, se fará necessário o esforço da comissão de análise para criar uma codificação própria para as terminologias ainda não classificadas pela norma. Outra indicação é o ingresso dos membros (ou alguns) da CA na Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção da ABNT (ABNT/CEE-134). Essa presença é de fundamental importância para que as atividades de saneamento possam ser mais bem discutidas e mais rapidamente incorporadas ao escopo da norma técnica.

Sugere-se também que a comissão de análise faça contato com outras companhias de saneamento que se encontrem em processo mais avançado de implementação do BIM, como, por exemplo, a Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR) e a Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

### (b) Comissão de Implantação (CI)

Designar-se-á uma comissão de implantação (CI), que será responsável pela coordenação, estruturação e condução das atividades desempenhadas ao longo do processo de adequação à realidade do BIM. A CI será encarregada de pensar, preparar e conduzir as ações sugeridas no roteiro de adequação, bem como acompanhar e observar a evolução da equipe, reconhecendo os pontos críticos (desafios e dificuldades) e atuando para contorná-los, com o intuito de manter o desempenho e o ritmo em níveis adequados. A comissão de implantação pode ser composta por uma consultoria especializada em BIM, com participação de profissionais efetivos da empresa, sendo futuramente estabelecido, dentre esses últimos, o Gerente BIM.

### (c) Padrão de Organização Interna

A primeira fase do processo de adequação à metodologia BIM também abrange a organização interna da gerência de projetos. Nessa etapa, indica-se a padronização de representações gráficas, identificação de projetos, nomenclaturas e estruturação do banco de dados, conforme Quadro 17 (Padrão de organização interna – item 7.3.2).

Ainda na fase inicial de adequação ao BIM, deverá ser feito um esforço para a definição dos padrões listados no Quadro 17 (sempre em conformidade com a ABNT NBR 15965 – nos casos não contemplados pela norma, a companhia deve adotar um padrão próprio, em consonância com o padrão estabelecido pela NBR 15965) e ampla conscientização da importância de sua utilização. Se necessário, deve-se estabelecer formas visuais claras de contato com os padrões, como exposição em paredes e mesas do ambiente de trabalho (quadros, impressão em *mouse pad*, catálogos físicos e digitais, por exemplo).

A representação gráfica utilizada pode ser definida por convenções estabelecidas em normas técnicas (nacionais ou internacionais) ou a instituição pode criar sua própria convenção, se preferir. Todas as simbologias, nomenclaturas, abreviaturas e tipologias devem ser documentadas, de modo que seja de fácil entendimento e acesso para todos os membros da organização, por meio da publicação de manuais, instruções técnicas, catálogos, listas e tabelas. A estruturação e organização do sistema de armazenamento de dados devem ser pensadas sob dois aspectos principais: a capacidade de armazenamento e a segurança dos dados. O sistema deve ser compatível com as exigências de softwares e plataformas virtuais

de trabalho (se for o caso). Formas e autorização de acessos e permissões para uso e proteção contra hackeamento devem ser pensadas antes da instalação do sistema.

(d) Programa de Reciclagem Profissional (Conscientização):

O trabalho de conscientização e instrução dos colaboradores da Companhia tem início junto com as primeiras adequações e deve perpetuar-se por todo ciclo de implantação. Na fase zero, a reciclagem dos profissionais tem cunho informativo/motivacional, como constante no tópico Conscientização do Programa de Reciclagem Profissional (item 7.3.3). Deve-se realizar ações específicas, com foco na adesão ao uso dos padrões de organização interna (Quadro 17, item 7.3.2), para o público e setores diretamente envolvidos no processo de projeção.

(e) Programa de Disseminação do Conhecimento:

Na fase inicial de implantação recomenda-se a disseminação do conhecimento oriundo da padronização interna, entre os setores envolvidos diretamente no desenvolvimento de projetos e o público externo, segundo especificado no item 7.3.4.

*7.3.7.2 Fase Estruturante:*

A fase estruturante é marcada pelo início efetivo da implementação e uso de tecnologias BIM.

(a) Estruturação Básica

O Quadro 18 (item 7.3.2 - Definição de Padrões Básicos) aponta sete tópicos básicos necessários para a estruturação básica.

No primeiro passo da estruturação básica tem-se a definição dos usos BIM pretendidos pela gerência de projetos. A princípio, sugere-se os usos diretamente ligados à etapa de projeto e orçamentação.

Com base nos usos BIM pretendidos, faz-se a escolha e aquisição de softwares que atendam aos referidos usos. Em seguida, começa-se a criação ou aquisição de famílias, bibliotecas e *templates*, sempre observando as terminologias e codificações da ABNT NBR

15965. No contexto da aquisição de softwares, obrigatoriamente, deve-se verificar a certificação para IFC conferida pela buildingSMART e as versões do IFC para exportação e importação de arquivos suportadas pelos aplicativos. Com relação às famílias, bibliotecas e *templates*, caso não estejam adaptadas à NBR 15965, deve-se realizar as adequações necessárias antes da utilização.

O formato dos arquivos de colaboração BIM deverá ser determinado entre formato de padrão neutro de interoperabilidade, o IFC (*Industry Foundation Classes*), ou arquivo nativo dos softwares utilizados, sendo, em alguns casos, preciso especificar a versão do programa. Em relação ao sistema de colaboração BCF, será necessária a escolha de um tipo de sistema de comunicação e coordenação de projetos no padrão neutro *BIM Collaboration Format* (BCF). Define-se também o formato dos arquivos para entrega e apresentação das folhas de projeto: DWG, PDF, IFC ou arquivos nativos. Nestes casos, deve-se observar as prescrições do solicitante ou eventuais especificidades.

#### (b) Programa de Reciclagem Profissional (Capacitação)

O programa de reciclagem profissional nessa fase estruturante tem atuação específica na capacitação da equipe técnica, como descrito no item 7.3.3. Assim que adquiridos os softwares e sistemas, dá-se início ao treinamento dos profissionais que farão uso das ferramentas, cada um segundo sua função. Cuidado especial deve ser dado aos profissionais de projeto e orçamento, que têm atribuições distintas, de modo que cada área tenha seu treinamento próprio. Atenção também aos profissionais da tecnologia da informação, que deverão ser capacitados para gerir e intervir nas novas tecnologias.

#### (c) Validação de Prática:

De modo particular na fase de estruturação, deverão ser realizadas revisões críticas da experiência vivida (necessariamente na implantação e treinamento de softwares, *templates*, famílias e bibliotecas, assim como na execução de projetos-piloto), apontando o que deu certo, o que não funcionou e eventuais restrições. Examina-se a necessidade de aquisição de novas ferramentas, possíveis mudanças nos perfis de capacitação estipulados e alterações de etapas do processo de projeto (adição, exclusão ou adaptação). A revisão deve ser conduzida pela comissão de implantação, aplicando métodos de avaliação junto à equipe. Propõe-se que a

avaliação seja composta pela aplicação de um questionário seguido de uma discussão baseada nos pontos críticos apontados no questionário.

À medida que revisões críticas são executadas, o arcabouço técnico e organizacional sugerido e aplicado vai aos poucos sendo validado e consolidado pelo corpo técnico. Como produto principal da estruturação, dispõe-se de um conjunto base de práticas consolidadas, oriundo do experimento de projetos-piloto, por meio do qual é possível o início prático das atividades em BIM. Nessa parte final da fase, a equipe de profissionais já tem condições básicas para começar a desenvolver novos empreendimentos (“empreendimentos do zero”) em BIM, são permitidos ajustes e acertados os detalhes para a transição.

(d) Programa de Disseminação do Conhecimento:

Na estruturação, aconselha-se a disseminação do conhecimento entre setores que estejam diretamente ligados ao desenvolvimento de projetos, com enfoque no uso de novas ferramentas, dentro da organização como um todo, principalmente em relação à modernização e aos benefícios observados durante a execução de projetos-piloto, bem como para o público externo, com a atualização do andamento das fases de implantação, conforme item 7.3.4.

7.3.7.3 Fase de Transição:

Na transição, inicia-se a elaboração dos primeiros empreendimentos em BIM. É uma fase essencialmente de adaptação, e requer monitoramento intenso do progresso da equipe através de avaliações, adequações e correções. A equipe passa a se apropriar das vantagens e desafios do BIM e das práticas colaborativas no desenvolvimento de projetos, deixando velhas práticas para trás e internalizando o novo processo de projeção. Nesse momento, coexistem empreendimentos iniciados no BIM e empreendimentos que se desenvolvem ainda na forma tradicional.

Recomenda-se, na transição, que a gerência de projetos comece com práticas de cadastro em plataforma SIG (georreferenciamento), por meio de ferramenta adequada. Cada novo empreendimento que implique em atualização de cadastro ou novo cadastramento deverá ser georreferenciado quando concluído o projeto e, posteriormente, atualizado após a conclusão da obra (*as built*). A transcrição de cadastros pré-existentes para a plataforma SIG fica a critério da gerência, caso julgar relevante para a produção de projetos.

#### 7.3.7.4 Fase de Consolidação:

Passada a transição, a fase de consolidação caracteriza-se pela completa adaptação ao BIM. Nesse estágio, não há mais projetos desenvolvidos no “modo tradicional” e todo processo de projeto ocorre dentro dos conceitos da modelagem da informação da construção. A partir da consolidação, o processo de modernização e atualização de ferramentas e práticas projetuais e colaborativas passa a ser permanente e contínuo.

À medida que empreendimentos de diferentes tipos e graus de complexidade forem produzidos, novas definições serão estabelecidas, etapas de processo modificadas e o arcabouço técnico robustecido. O Quadro 19 (item 7.3.2) lista algumas definições que podem ser incorporadas à estruturação básica com o amadurecimento do BIM na equipe de projetos.

##### (a) Programa de Disseminação do Conhecimento:

Essa fase de implantação versará principalmente no campo interno da Gerência de Projetos, focando no rodízio dos perfis de capacitação entre os profissionais, dentro da organização como um todo, e de atualização do público externo, conforme item 7.3.4.

#### 7.3.7.5 Fase de Expansão:

Após o amadurecimento da adoção do *Building Information Modeling* no ciclo de projetos com vistas às execuções de um bom planejamento, orçamento e construção, recomenda-se a expansão dos usos BIM, incorporando outros usos pertinentes à Gerência de Projetos e demais setores ligados ao processo de projeto, como também para os estágios de operação e manutenção. Os projetos devem, a partir de então, levar em conta dados e procedimentos para a área de operação e manutenção, considerando o uso posterior dos modelos por setores e profissionais responsáveis da referida área.

Indica-se também, para a fase de expansão, o início efetivo do uso do BIM pelos setores de operação e manutenção da instituição, com treinamento de pessoal, aquisição de ferramentas, criação de um processo próprio para a etapa, determinação de permissões de uso e alteração de modelos de projetos, bem como a compatibilização de terminologias e serviços em conformidade com a ABNT NBR 15965.

Pode-se ainda pensar em um plano de expansão da adoção do BIM para outras unidades da Companhia, localizadas na capital e em cidades do interior, conforme atribuições e serviços executados.

#### *7.3.7.6 Regulação Sistemática:*

A regulação deve ocorrer, a princípio, ao final de cada fase (zero, estruturante, transição, consolidação e expansão) e com certa periodicidade a partir da consolidação/expansão. Ela consiste num ciclo sistemático de avaliação, atualização, aprovação, proposição de intervenções e implementação de novas práticas.

Deve-se instaurar um grupo responsável pela regulação sistemática, de modo que constantemente haja renovação. A cada regulação, o grupo deve sofrer alterações, na proporção de 40% de membros novos e 60% de antigos, de modo que os membros tenham perfis variados no tocante às funções exercidas, tempo de experiência profissional e setores envolvidos, segundo a fase de implantação.

### **7.4 Síntese do capítulo**

Nesse capítulo foi apresentado o método proposto (artefato) e seu processo de construção, sendo desenvolvida uma primeira versão, seguida da avaliação de profissionais competentes sobre a primeira versão proposta e, na sequência, baseada nas sugestões, comentários e contribuições dos profissionais avaliadores, foi apresentada uma segunda versão do método (artefato) proposto.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa teve como objetivo geral propor diretrizes que auxiliem a introdução do *Building Information Modeling* no processo de projeto do setor de projetos de uma empresa pública de saneamento do Estado do Rio do Grande do Norte e, através da *Design Science Research*, propôs um método (artefato) composto de diretrizes que orientam a adoção do BIM no processo de projeto de redes de abastecimento de água e esgotamento sanitário. Neste trabalho, foram realizados uma revisão sistemática de literatura, um diagnóstico sobre a utilização do BIM em órgãos públicos do RN e um estudo empírico no setor de projetos de uma empresa pública de saneamento. Pôde-se perceber, através dos resultados dessas investigações, como o setor da infraestrutura ainda carece de estudos e delimitações para o uso do BIM.

A revisão sistemática de literatura, que abrangeu termos associados à aplicação do BIM para infraestrutura e à entrega de projetos de engenharia em modelos 3D digital, demonstra o esforço da comunidade acadêmica em introduzir o BIM na área de infraestrutura e de avaliar a aplicabilidade e utilização do paradigma no setor. A revisão sistemática contribuiu apresentando diversos termos associados ao BIM na infraestrutura e seus significados, assim como a categorização das publicações encontradas por tema abordado. Em conjunto com revisão bibliográfica sobre o *Building Information Modeling*, pode-se afirmar que a adoção do BIM na infraestrutura ainda é incipiente comparada ao setor da construção civil, pois faltam padrões, diretrizes e guias específicos para esse setor. Apesar das deficiências, o domínio da infraestrutura de transportes é o mais avançado em termos de pesquisas e na implantação do BIM.

O diagnóstico do BIM no RN é resultado de uma investigação, realizada nos principais órgãos públicos presentes no Estado do Rio Grande do Norte, responsáveis pelo planejamento, projeto, fiscalização, regulação, manutenção e operação de infraestruturas, acerca da utilização do BIM nessas instituições. O trabalho de pesquisa foi realizado através da aplicação de entrevistas semiestruturadas nas organizações. As informações coletadas resultaram em uma descrição que mostra o perfil de qualificação profissional, a área de atuação das organizações, o nível de conhecimento de BIM e do Decreto nº 9.983/2019 dos respondentes, o nível das iniciativas BIM nas organizações visitadas, entre outros.

O diagnóstico detectou que 83% dos respondentes conheciam o termo BIM, ainda que alguns o tenham associado somente a ferramentas de computador. Demonstrou também que 56% da amostra analisada tinha o conhecimento do Decreto nº 9.983/2019. Outra questão

exposta foi o fato de metade das organizações possuírem iniciativas para implementação do BIM e que foram classificadas em três tipos: pesquisa e aquisição de soluções tecnológicas, nível autárquico e pré-uso.

O estudo empírico abordou a realidade do setor de projetos de uma empresa pública responsável pela produção de empreendimentos ligados aos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário no RN. Como resultado, foi possível observar as diversas limitações e deficiências enfrentadas pela equipe de projetos, que ainda trabalha de forma tradicional e sofre com a carência de padrões gráficos e de procedimentos, poucas soluções tecnológicas e o trabalho não colaborativo.

Como maior e mais importante contribuição dessa pesquisa, tem-se a proposta de um método (artefato) composto de diretrizes que orientam a adoção do BIM no processo de projeto de redes de abastecimento de água e esgotamento sanitário, que é produto da estratégia de pesquisa adotada (a DSR). O método foi criado a partir do estudo empírico desenvolvido e propõe a instauração de padrões, a definição de perfis de capacitação, estruturas para disseminação de conhecimento e promoção da capacitação profissional, diretrizes para a escolha de um projeto-piloto, a sugestão de um processo de projeto para elaboração de redes de sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário e a sugestão de um roteiro para implementação das diretrizes propostas. Todas as soluções sugeridas foram pensadas para a melhor organização possível do setor de projetos e de forma a minimizar os impactos causados pela adoção de novas formas de trabalho, para que a transição do modelo tradicional para o BIM ocorra da maneira mais acertada.

A primeira versão do método, composta apenas pelas definições de padrões, usos BIM e perfis de capacitação e do fluxograma do processo de projeto, foi avaliada por um grupo de profissionais, segundo critérios específicos, como funcionalidade, generalidade e facilidade de uso. No geral, o método foi avaliado como funcional, generalizável e de fácil uso, porém difícil de implementar, de acordo com os avaliadores, em decorrência da resistência às mudanças por parte dos profissionais. Outro ponto muito bem avaliado foi a pertinência da instituição de perfis de capacitação profissional e a importância da existência de um processo de trabalho, com o sequenciamento das atividades desenvolvidas e atribuições profissionais bem definidas.

## **8.1 Limitações**

A presente pesquisa possui limitações, a começar pelo contexto de desenvolvimento, limitado à Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte. As atividades se restringiram ao setor de projetos da companhia, que atua na captação e distribuição de água e coleta e tratamento de esgotos. Dessa forma, outras realidades externas à GPR, seja de outros setores da Caern, ou de outras companhias de saneamento, não foram contempladas nesse estudo.

A revisão sistemática de literatura também está limitada ao método por meio da qual foi desenvolvida, ou seja, qualquer alteração dos parâmetros da pesquisa e/ou etapas do método sistemático geram resultados diferentes.

Sobre o BIM no RN, o diagnóstico não abrange a totalidade das organizações que são responsáveis por empreendimentos de infraestrutura no Estado. Em relação às secretarias municipais, apenas as da cidade de Natal foram contempladas, excluindo outros municípios. Outro quesito importante foi o questionário utilizado, que apenas avaliou a adoção do BIM como implementado ou não, deixando de observar determinados aspectos, como as iniciativas para tal.

Quanto ao método proposto, esse está voltado para o funcionamento e as necessidades da GPR; para aplicação em qualquer outro contexto, talvez sejam requeridas adaptações. Pelo fato de não ter sido implementado e nem testado, não foi possível avaliar sua viabilidade e eficácia.

## **8.2 Recomendações para pesquisas futuras**

Sugere-se para produção de trabalhos futuros o aprofundamento do fluxograma do processo de projeto de redes de abastecimento de água e esgotamento sanitário, considerando os produtos e as variáveis ao longo do processo, as diretrizes para elaboração de projetos e a legislação vigente (para o caso de obras públicas).

Em relação ao diagnóstico que investigou a adoção do BIM no RN, propõe-se uma nova rodada de realização das entrevistas com uma amostra mais ampla e significativa de municípios, levando em conta a região metropolitana da capital e as cidades polo das microrregiões homogêneas potiguaras.

Recomenda-se também a implementação do método (artefato) proposto, atentando para os resultados que serão retornados, sempre avaliando o *feedback* dos envolvidos no processo de implementação e executando melhorias no artefato.

Recomenda-se ainda o estudo de ferramentas tecnológicas BIM específicas para a área de água e esgoto, que envolvam dimensionamento, modelagem, verificação de interferências e checagem de requisitos, expondo as soluções disponíveis no mercado e apontando vantagens, desvantagens e limitações das ferramentas para diversas situações.

Por fim, sugere-se a elaboração de um Plano de Execução BIM (BEP), contendo os objetivos e usos BIM pretendidos, os mapas de processo de execução BIM, a definição das trocas de informação (procedimentos de colaboração e compartilhamento de informações, procedimentos de controle de qualidade, especificação de LOD e LOI, matriz de responsabilidade, softwares, formatos de arquivos, convenção de nomenclaturas, etc.) e a definição da infraestrutura de suporte (máquinas, *hardwares*, redes, armazenamento, etc.).

## REFERÊNCIAS

- ABCON; SINDCON. Conheça o cenário da prestação de serviços de água e esgoto no Brasil. Disponível em: <http://abconsindcon.com.br/sobre/>. Acesso em: 17 jan. 2020
- ABCON; SINDCON. Panorama da Participação Privada no Saneamento 2019. 2019. p. 22. Disponível em: <http://abconsindcon.com.br/wp-content/uploads/2019/04/PANORAMA2019low.pdf>. Acesso em: 17 jan. 2020.
- ABES. O congresso, [s.d.]. Sobre. Disponível em: <http://abes-dn.org.br/abeseventos/30cbes natal/o-congresso/>. Acesso em: 21 set. 2019.
- ALMEIDA, F. A. S. **Modelando a informação da cidade: do estado da arte à construção de um conceito de City Information Modeling (CIM)**. 2018. 109f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, Centro de Artes e Comunicação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Avança a normalização sobre BIM. Boletim ABNT, vol 17, n. 244, p. 12-19, jul/ago 2020a. Disponível em: [http://www.abnt.org.br/images/boletim/2020/Jul-Ago/Boletim\\_ABNT\\_244\\_jul\\_ago\\_2020.pdf](http://www.abnt.org.br/images/boletim/2020/Jul-Ago/Boletim_ABNT_244_jul_ago_2020.pdf). Acesso em: 8 ago. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. Catálogo. Normas BIM. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/normagrid.aspx>. Acesso em: 28 jan. 2020b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA - ASBEA. Grupo Técnico BIM – GTBIM. **Guia AsBEA Boas Práticas em BIM Fascículo 2: Estruturação do Escritório de Projeto para a Implantação do BIM**. São Paulo, 2013b. 20 p. Disponível em: <http://www.asbea.org.br/escritorios-arquitetura/noticias/acesse-oguiabim-pelo-site-da-asbea-301753-1.asp>. Acesso em: 09 abr. 2019
- BARBOUR, R. Grupos focais. Tradução: Tradução Marcelo figueiredo Duarte. Porto Alegre: Artmed, 2009. 216 p. Título original: Doing Focus Group.
- BIMFORUM. Level of Development (LOD) Specification Part I & Commentary: For Building Information Models and Data. abr. 2019. Disponível em: <https://bimforum.org/wp-content/uploads/2019/04/LOD-Spec-2019-Part-I-and-Guide-2019-04-29.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2020.
- BIMLAB. Nível de Detalhamento / ND / LOD – Parte 1: Vamos entender que um modelo BIM não é somente sua forma e parte gráfica. 2016. Disponível em: <http://www.bimlab.com.br/arquivos/130>. Acesso em: 17 fev. 2020.
- BONI, Valdete; QUARESMA, Silvia Jurema. Aprendendo a entrevistar: como fazer entrevistas em Ciências Sociais. **Em Tese**. Santa Catarina, vol. 2, n. 1, p.68-80, 2005. DOI: <https://doi.org/10.5007/%25x>.
- BORGES, M. L. A. E. **Método para a implementação da modelagem BIM 4D em empresas construtoras**. 2019. 199f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

BRADLEY, A.; LI, H.; LARK, R.; DUNN, S. BIM for infrastructure: An overall review and constructor perspective. **Automation in Construction**, v.71, part.2, p. 139-152, 2016.

BRASIL. Decreto de 5 de junho de 2017. Institui o Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modelling. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, n. 107, p. 19, 6 jun. 2017a.

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: seção 1, Brasília, n. 65, p. 5-7, 3 abr. 2020a.

BRASIL. Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018. Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, n. 95, p. 3-4, 18 maio 2018a.

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. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, n. 163, p. 2-3, ago. 2019a.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, n. 5, p. 3, jan. 2007.

BRASIL. Lei nº 13.303, de 30 de junho de 2016. Dispõe sobre o estatuto jurídico da empresa pública, da sociedade de economia mista e de suas subsidiárias, no âmbito da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, n. 125, p. 1, jul. 2016.

BRASIL. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Diário Oficial da União: Seção 1, Brasília, n. 116, p. 1, jun. 1993.

BRASIL. Ministério da Defesa. Gabinete do Ministro. **Portaria nº 56/GM-MD, de 6 de julho de 2020**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 134, p. 29-30, 15 jul. 2020b. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-normativa-n-56/gm-md-de-6-de-julho-de-2020-266801618>. Acesso em: 19 jul. 2020.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC. Comitê estratégico do BIM. **Estratégia BIM BR**: Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling - BIM. Brasília, 2018b.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC; Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI. Processo de projeto BIM - Guia 1. Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC. Brasília, ABDI, 2017b. vol. 1; 82 p.

BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC; Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial – ABDI. Contratação e elaboração de projetos BIM na

arquitetura e engenharia - Guia 4. Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC. Brasília, ABDI, 2017c. vol. 4; 22 p.

BRASIL. Ministério da Infraestrutura. Secretaria Executiva. **Portaria nº 1.014, de 6 de maio de 2020**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 89, p. 44-45, 12 mai. 2020c. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-1.014-de-6-de-maio-de-2020-256310894>. Acesso em: 10 jun. 2020.

BRASIL. Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB. Brasília, 2014. 215p. Disponível em: [https://mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/PlanSaB/plansab\\_texto\\_editado\\_para\\_download.pdf](https://mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/PlanSaB/plansab_texto_editado_para_download.pdf). Acesso em: 17 jan. 2020.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018. Brasília: SNS/MDR, 2019b. 180 p. Disponível em: [http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2018/Diagnostico\\_AE2018.pdf](http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2018/Diagnostico_AE2018.pdf). Acesso em: 17 jan. 2020.

BRASIL. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão. Programa de Aceleração do Crescimento (PAC): 7º Balanço 2015-2018. Brasília, 2018c.

BUILDINGSMART INTERNACIONAL. BIM Collaboration Format (BCF) - An Introduction. Disponível em: <https://technical.buildingsmart.org/standards/bcf/>. Acesso em: 13 jan. 2020b

BUILDINGSMART INTERNACIONAL. Industry Foundation Classes (IFC) - An Introduction. Disponível em: <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/>. Acesso em: 13 jan. 2020a.

BUSINESS INSIDER. Top 10 largest economies in the world 2019. **BI India Bureau**, 2020. Disponível em: <https://www.businessinsider.in/top-10-largest-economies-in-the-world/articleshow/70547252.cms>. Acesso em: 25 fev. 2020.

CAERN. A Companhia. Caern, 2013. Disponível em: [http://www.caern.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=496&ACT=&PAGE=0&P\\_ARM=&LBL=A+Caern](http://www.caern.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=496&ACT=&PAGE=0&P_ARM=&LBL=A+Caern). Acesso em: 10 mar. 2019.

CAERN. Organogramas. Caern, 2018. Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/caern/DOC/DOC000000000173160.PDF>. Acesso em: 10 mar. 2019.

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: <http://cbic.org.br/bim/>. Acesso em: 10 set. 2018.

CARMONA, F.; CARVALHO, M. Caracterização da utilização do BIM no Distrito Federal. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p.385-401, 2017. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1678-86212017000400385&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212017000400385&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 26 set. 2019.

CATELANI, Wilton Silva; SANTOS, Eduardo Toledo. Normas brasileiras sobre BIM. **CONCRETO & Construções**, São Paulo, v. 44, n. 84, p. 54-59, 2016. Disponível em: [http://ibracon.org.br/Site\\_revista/Concreto\\_Construcoes/ebook/edicao84/files/assets/basic-html/page54.html](http://ibracon.org.br/Site_revista/Concreto_Construcoes/ebook/edicao84/files/assets/basic-html/page54.html). Acesso em: 26 out. 2019.

CHENG, J.C.P.; LU, Q.; DENG, Y. Analytical review and evaluation of civil information modeling. **Automation in Construction**, v.67, p. 31-47, 2016.

COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH PROGRAM - CIC. **BIM Project Execution Planning Guide Version 2.0**. The Pennsylvania State University, University Park, PA, EUA, 2010. Disponível em: <http://bim.psu.edu>. Acesso em: 04 maio 2019.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. A Importância da Concorrência para o Saneamento Básico. Brasília, 2019. p. 6. Disponível em: [https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer\\_public/b6/c9/b6c9e57f-020a-474a-9c88-7ee60f49d6e1/estudo\\_cni\\_-\\_concorrencia\\_no\\_saneamento.pdf](https://bucket-gw-cni-static-cms-si.s3.amazonaws.com/media/filer_public/b6/c9/b6c9e57f-020a-474a-9c88-7ee60f49d6e1/estudo_cni_-_concorrencia_no_saneamento.pdf). Acesso em: 17 jan. 2020.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. **Grandes obras paradas: como enfrentar o problema?** (Propostas da indústria eleições 2018; v. 25). Brasília: CNI, 2018. Disponível em: <https://www.conjur.com.br/dl/estudo-cni-grandes-obras-paradas.pdf>. Acesso em: 29 jan. 19.

COSTIN, Aaron; ADIBFAR, Alireza; HU, Hanjin; CHEN, Stuart S. Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure -Literature review, applications, challenges, and recommendations. **Automation in Construction**, v.94, p. 257-281, 2018.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. Projeto Piloto. 2018. Disponível em: <https://www.dnit.gov.br/planejamento-e-pesquisa/bim-no-dnit/projeto-piloto>. Acesso em: 28 jan. 2020.

DODGE DATA & ANALYTICS. The Business Value of BIM for Infrastructure 2017. SmartMarket Report, Dodge Data & Analytics, 2017.

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.

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.

EMPRESA BRASILEIRA DE INFRAESTRUTURA AEROPORTUÁRIA - INFRAERO. Relatório Anual 2018. Brasília, p. 62, 2019. Disponível em: [http://www4.infraero.gov.br/media/677261/relatorio\\_anual\\_2018.pdf](http://www4.infraero.gov.br/media/677261/relatorio_anual_2018.pdf). Acesso em: 28 jan. 2020.

EXÉRCITO BRASILEIRO. Sistema Unificado do Processo de Obras – OPUS. 2018. Disponível em: <http://www.dom.eb.mil.br/opus/>. Acesso em: 28 jan. 2020.

FARIA; D. R. G.; BARROS; M. M. S. B.; SANTOS, E. T. Proposição de um protocolo para contratação de projetos em BIM para o mercado da construção civil nacional. *In:*

ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2016.

FREIRE, Rodrigo Argenton. **Infraestrutura urbana**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017. 200 p.

FRISCHTAK, Cláudio; MOURÃO, João. Uma Estimativa do Estoque de Capital de Infraestrutura no Brasil. In: NEGRI, J. A.; ARAÚJO, B. C.; BACELETTE, R. (org.). **Desafios da nação: artigos de apoio**, Brasília: IPEA, 2017. v. 1, p. 99-131. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/180327\\_desafios\\_da\\_nacao\\_apoio\\_vol1.pdf](http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/180327_desafios_da_nacao_apoio_vol1.pdf). Acesso em: 29 jan. 19.

GONÇALVES JR, Francisco. BIM: Tudo o que você precisa saber sobre esta metodologia. 2018. Disponível em: <https://maisengenharia.altoqi.com.br/bim/tudo-o-que-voce-precisa-saber/>. Acesso em: 09 abr. 2019

GONÇALVES, João Paulo. A prefeitura de Manaus inova ao iniciar a implantação de plataforma para dar velocidade e economia às obras. Manaus, 2019. Disponível em: <https://amazonasnoticias.com.br/prefeitura-de-manaus-inova-ao-iniciar-a-implantacao-de-plataforma-para-dar-velocidade-e-economia-as-obras/>. Acesso em: 02 fev. 2020.

GRUPO BANCO MUNDIAL. **De Volta ao Planejamento**: Como Preencher a Lacuna de Infraestrutura no Brasil em Tempos de Austeridade. 2017. Disponível em: <http://documents.worldbank.org/curated/pt/237341502458978189/pdf/117392-PORTUGUESE-PorBacktoPlanningFinal.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2019.

GUO, Fangyu; JAHREN, Charles; TURKAN, Yelda; JEONG, Hyungseok. Civil Integrated Management: An Emerging Paradigm for Civil Infrastructure Project Delivery and Management. **Journal of Management in Engineering**, EUA, v. 33, n. 2, mar. 2017. DOI 33. 04016044. 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000491.

GUO, Fangyu; TURKAN, Yelda; JAHREN, Charles; JEONG, Hyungseok. Civil Information Modeling Adoption by Iowa and Missouri DOT. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTING IN CIVIL AND BUILDING ENGINEERING, 2014, Orlando, Florida, United States. **Anais [...]**. Reston: ASCE, 2014. DOI 10.1061/9780784413616.058.

HIDAKA, N.; MICHIKAWA, T.; MOTAMED, A.; YABUKI, N.; FUKUDA, T. Polygonization of point clouds of repetitive components in civil infrastructure based on geometric similarities. **Automation in Construction**, v. 86, p. 99-117, fev. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.10.014>

INFRAESTRUTURA. Dicionário online de Engenharia Civil, 28 fev. 2019. Disponível em: <https://www.engenhariacivil.com/dicionario/infraestrutura>. Acesso em: 28 fev. 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. Governança da política de infraestrutura: condicionantes institucionais ao investimento. Rio de Janeiro: Ipea, 2018.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. Infraestrutura econômica no Brasil: diagnóstico e perspectivas para 2025. Livro 6, v.1. Brasília: Ipea, 2010.

INSTITUTO TRATA BRASIL. Benefícios Econômicos e Sociais da Expansão do Saneamento no Brasil. EX ANTE Consultoria Econômica, 2018. p. 56. Disponível em:

<http://abconsindcon.com.br/wp-content/uploads/2018/11/Relat%C3%B3rio-Benef%C3%ADcios-do-saneamento-no-Brasil-v.-01-11-2018.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2020.

JAHREN, C.T. Advances in civil integrated management. Rep. N°. NCHRP Project 20-68A, Scan 13-02, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, DC, 2015. Disponível em: [http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/docs/NCHRP20-68A\\_13-02.pdf](http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/docs/NCHRP20-68A_13-02.pdf). Acesso em: 08 jan. 2019.

JAVADNEJAD, Farid; SIMPSON, Chase H.; GILLINS, Daniel T.; CLAXTON, Tyler; OLSEN, Michael J. An Assessment of UAS-Based Photogrammetry for Civil Integrated Management (CIM) Modeling of Pipes. *In: PIPELINES 2017*, 2017, Phoenix, Arizona. **Anais [...]**. Reston: ASCE, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1061/9780784480885.012>

KOLAREVIC, B. Digital Morphogenesis and Computational Architectures. *In: IV CONGRESO IBEROAMERICANO DE GRÁFICA DIGITAL*, 2000, Rio de Janeiro. **Anais [...]**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2000. Disponível em: <http://papers.cumincad.org/data/works/att/4077.content.pdf>. Acesso em: 08 de ago 2020.

LIAUA, Y.H.; LINB, Y.C. Application of Civil Information Modeling for Constructability Review for Highway Projects. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMATION AND ROBOTICS IN CONSTRUCTION*, n. 34, 2017, Taipei (Taiwan). **Anais [...]**. International Association for Automation and Robotics in Construction, 2017.

LIN, Yu-cheng; YEN, Chia-Pin; HU, Hsin-Tzu. Applications of Civil Information Modeling (CIM) for Constructability Review in Railway Construction Projects. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BUSINESS AND INFORMATION MANAGEMENT*, 2017, Bei Jing, China. **Anais [...]**. New York: Association for Computing Machinery, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1145/3134271.3134283>

MANZIONE, L.; MELHADO, S.C Metodologia de cálculo do Nível de Desenvolvimento de um projeto em BIM. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO*, 3.; ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 6., 2013, Campinas. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2013.

MARCH, S. T.; SMITH, G. F. Design and natural science research in information technology. **Decision Suport Systems**, v. 15, n 4, p. 251-266, 1995. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0167923694000412>. Acesso em: 18 jan. 2019.

MCGRAW-HILL CONSTRUCTION. The Business Value of BIM for Infrastructure: Addressing America's Infrastructure Challenges with Collaboration and Technology. SmartMarket Report, McGraw-Hill Construction, 2012.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL – ONU BR. Glossário de termos do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 6: Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos. Organização das Nações Unidas, 2018. Disponível em: <https://www.undp.org/content/dam/brazil/docs/ODS/Gloss%C3%A1rio%20-%20ODS%206.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2020.

NINIC, Jelena; KOCH, Christian; STASCHEIT, Janosch. An integrated platform for design and numerical analysis of shield tunnelling processes on different levels of detail. **Advances**

in **Engineering Software**, v. 112, p. 165-179, out. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2017.05.012>

OLIVER WYMAN. **Infraestrutura: Regras e Incentivos**. 2018. (Série Panorama Brasil, 2018). Disponível em: [https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliverwyman/v2/publications/2018/may/Oliver\\_Wyman\\_Panorama-Brasil-Infrastructure-PT-Final.pdf](https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliverwyman/v2/publications/2018/may/Oliver_Wyman_Panorama-Brasil-Infrastructure-PT-Final.pdf). Acesso em: 29 jan.2019.

PARANÁ (Estado). Secretaria de Infraestrutura e Logística. Portal BIM Paraná. Apresentação. SEIL, [s.d.]. Disponível em: <http://www.bim.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=29>. Acesso em: 07 fev. 2020.

PENTTILÄ, H. Describing the Changes in Architectural Information Technology to Understand Design Complexity and Free-Form Architectural Expression. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 11, p. 395-408, 2006.

PEREIRA, A. P. C. **Modelagem da Informação da Construção na fase de projeto: uma proposta de plano de execução BIM para a SUMAI/ UFBA**. 2017. 332f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

SALVADOR, Prefeitura de. Secretaria Municipal de Desenvolvimento e Urbanismo de Salvador – Sedur. Sedur apresenta o Salvador 360 Simplifica para especialistas em BIM. Disponível em: <http://www.sucom.ba.gov.br/noticias/sedur-apresenta-o-salvador-360-simplifica-para-especialistas-em-bim/>. Acesso em: 02 fev. 2020.

SANKARAN, Bharathwaj; NEVETT, Guillermo; O'BRIEN, William J.; GOODRUM, Paul M. JOHNSON, Joshua. Civil Integrated Management: Empirical study of digital practices in highway project delivery and asset management. **Automation in Construction**, v. 87, p. 84-95, mar. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.12.006>

SANKARAN, Bharathwaj; O'BRIEN, William. Bayesian Second-Order Factor Model for Maturity Assessment of CIM Technologies and Practices at Highway Agencies. **Journal of Construction Engineering and Management**, EUA, v. 144, n. 4, abr. 2018b. DOI 144.10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001460.

SANKARAN, Bharathwaj; O'BRIEN, William. Impact of CIM Technologies and Agency Policies on Performance for Highway Infrastructure Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, EUA, v. 144, n. 7, jul. 2018a. DOI 144.10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001484.

SANTA CATARINA (Estado). Secretaria de Estado do Planejamento. Diretoria de Planejamento. Comitê de Obras Públicas. Caderno BIM: Apresentação de Projetos de Edificações em BIM. Santa Catarina, 2014. 95 p. Disponível em: <http://www.spg.sc.gov.br/index.php/visualizar-biblioteca/acoes/comite-de-obras-publicas/427-caderno-de-projetos-bim/file>. Acesso em: 08 abr. 2019.

SATO, N. Construction Information Modeling. In: Proceedings of the First International Conference on Civil and Building Engineering Informatics, Tokyo, Japan 2013, p.3.

SAWAMURA, M.; IWAMOTO, S.; KASHIHARA, K. First Application of CIM to Tunnel Construction in Japan. *In: ASIAN ROCK MECHANICS SYMPOSIUM*, n. 8, 2014, Sapporo, Japan. **Anais [...]**. International Society for Rock Mechanics and Rock Engineering, 2014.

SHOU, W.; WANG J.; WANG, X.; CHONG, H. Y. A comparative review of building information modelling implementation in building and infrastructure industries. **Archives of Computational Methods in Engineering**, Barcelona, v. 22, p. 291-308, 2014.

SIMON, H. A. **The sciences of the artificial. 3. ed.** Cambridge: MIT Press, 1996.

SUCCAR, B. Building Information Modelling Framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357-375, 2009.

TEIXEIRA, Saul. Estados do Cosud assinam termo de cooperação técnica para implementação do BIM. Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://obras.rs.gov.br/estados-do-cosud-assinam-termo-de-cooperacao-tecnica-para-implementacao-do-bim>. Acesso em: 26 fev. 2020.

TERESINA, Prefeitura de. Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação – SEMPLAN. BIM. Disponível em: <https://sempplan.teresina.pi.gov.br/bim/>. Acesso em: 02 fev. 2020.

UN WATER. Tackling a global crisis: International Year of Sanitation 2008. 2008. p.10. Disponível em: <https://www.unwater.org/publications/tackling-global-crisis-international-year-sanitation-2008/>. Acesso em: 15 jan. 2020.

UNITED NATIONS – UN. Water and sanitation. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/topics/waterandsanitation>. Acesso em: 15 jan. 2020.

UNKEFER, D.; PETROS, K.; CAWLEY, B.; SINDLINGER, A. Leveraging a data-rich world. **Public Roads**, USA, v. 79, n. 4, jan/fev 2016.

VAISHNAVI, V.; KUECHLER, W.; PETTER, S. Design Science Research in Information Systems. 2019. **Design Science Research in Information Systems and Technology**. Disponível em: <http://desrist.org/design-research-in-information-systems/>. Acesso em: 16 jan. 2020.

VAN AKEN, J. E. The research design for design science research in management. Eindhoven: [s.n.], 2011.

WORLD ECONOMIC FORUM. **The Global Competitiveness Report 2019**. Suíça: World Economic Forum, 2019, p. 110-113. Disponível em: [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf). Acesso em: 19 fev. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. Global costs and benefits of drinking - water supply and sanitation interventions to reach the MDG target and universal coverage. WHO, Geneva, Switzerland, 2012. p. 4. Disponível em: [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/publications/2012/globalcosts.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2012/globalcosts.pdf). Acesso em: 15 jan. 2020.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO. Sanitation. Disponível em: <https://www.who.int/topics/sanitation/en/>. Acesso em: 15 jan. 2020.

YABUKI, N. BIM and construction information modeling (CIM) in Japan. In: Proceedings of the International Conference on Computational Design in Engineering, Jeju, Korea 2012, p. 325.

YABUKI, N. Current status of civil construction information modeling (CIM) initiative and projects in Japan. In: Proceedings in Civil Engineering Conference in the Asian Region (CECAR), Aug 31-Sep 2, Waikiki, HI, 2016, pp. 1–6 Disponível em: <http://www.eventscribe.com/2016/CECAR7/assets/pdf/267975.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2019.

YABUKI, N. Current Status of Civil Construction Information Modeling (CIM) Initiative and Projects in Japan. 7th CIVIL ENGINEERING CONFERENCE IN THE ASIAN REGION (CECAR), n. 7, 2016, Waikiki, Oahu, Hawaii. **Anais** [...]. Oahu, [s.n], 2016.

YABUKI, N. Issues and Implementation Methods for BIM in the Civil Infrastructure Domain. In: FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE URBANIZATION (ICSU), n. 1, 2010, Hong Kong, China. **Anais** [...]. Hong Kong: Faculty of Construction and Land Use, The Hong Kong Polytechnic University, 2010.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

**APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DE CARACTERIZAÇÃO DO USO DO BIM**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
PROGRAM DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



### APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO

DATA DE APLICAÇÃO: \_\_/\_\_/\_\_

HORA: \_\_:\_\_

INSTITUIÇÃO: \_\_\_\_\_

### DESCRIÇÃO DO QUESTIONÁRIO

Este formulário tem como objetivo avaliar a adesão ao BIM (Building Information Modeling) de órgãos públicos responsáveis pelo projeto, execução, operação, manutenção e fiscalização de empreendimentos de infraestrutura no contexto potiguar. Serão avaliados o nível de conhecimento do BIM e os principais usos do paradigma.

As respostas são totalmente anônimas e sem possibilidade de correlação entre o participante e a organização a que pertence.

Esse diagnóstico é parte de uma pesquisa de mestrado, desenvolvida pela aluna Maria Cecilia de Souza e Souza vinculada ao PEC-UFRN (Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte) que tem como tema a aplicação do BIM no setor de infraestrutura.

# Adoção do BIM no Estado do Rio Grande do Norte

\*Obrigatório

## Descrição do Questionário

---

Este formulário tem como objetivo avaliar a adesão ao BIM (Building Information Modeling) de órgãos responsáveis pelo projeto, execução, manutenção e fiscalização de empreendimentos de infraestrutura no contexto potiguar. Serão avaliados o nível de conhecimento do BIM e os principais usos do paradigma.

As respostas são totalmente anônimas e sem possibilidade de correlação entre o participante e a organização a que pertence.

Esse diagnóstico é parte de uma pesquisa de mestrado, desenvolvida pela aluna Maria Cecilia de Souza e Souza vinculada ao PEC-UFRN (Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Norte) que tem como tema a aplicação do BIM no setor de infraestrutura.

## Esfera de Atuação Governamental

---

### 1. A que esfera de atuação está vinculado? \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Municipal
- ☐ Estadual
- ☐ Federal

## Formação e Experiência

---

### 2. Qual seu nível de escolaridade? \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Técnico
- ☐ Graduação
- ☐ Especialização
- ☐ Mestrado/Doutorado

### 3. De qual área do conhecimento? \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Engenharia
- ☐ Arquitetura e Urbanismo
- ☐ Administração
- ☐ Gestão Pública
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

4. Quanto tempo de atuação Profissional?

---

5. Quanto tempo de atuação no Órgão?

---

## Campo de Atuação

---

6. Qual o nível de atuação da organização a que está vinculado? \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Local
- ☐ Estadual
- ☐ Regional
- ☐ Nacional
- ☐ Internacional

7. Em qual área de atuação está inserido? \*

Marque todas que se aplicam.

- ☐ Planejamento
- ☐ Projeto
- ☐ Orçamentação
- ☐ Construção
- ☐ Operação e Manutenção
- ☐ Fiscalização
- ☐ Consultoria
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

8. Que cargo/função na organização você ocupa?

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Chefia ou Diretoria da organização
- ☐ Chefia ou Diretoria de setor ou departamento de projetos
- ☐ Chefia ou Diretoria de setor ou departamento de obras
- ☐ Chefia ou Diretoria de setor ou departamento operação e manutenção
- ☐ Chefia ou Diretoria de setor ou departamento de fiscalização
- ☐ Engenheiro Responsável
- ☐ Técnico Responsável

## Nível de BIM

---

9. Conhece o termo BIM (Building Information Modeling)? \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim     Ir para a pergunta 11.
- ☐ Não

## Explicando o BIM

BIM é a sigla do termo Building Information Modeling, que traduzindo do inglês significa Modelagem da Informação da Construção. Esse termo é utilizado para definir o processo de criação e gestão de representações gráficas que contêm informações relativas as entidades que representam, algo similar a uma Construção Virtual.

Uma parede, por exemplo, antes representada por uma linha (vista em planta), ou um retângulo (em corte ou vista), passa a ser uma entidade tridimensional contendo informações sobre sua constituição, revestimento, custo, etc. Essas informações podem ser agrupados em um único banco de dados compartilhado entre diferentes partes interessadas (arquitetos, engenheiros, clientes, etc.).

Atualmente se destaca em popularidade o software Revit® da Autodesk e em infraestrutura pode-se citar o InfraWorks® e Civil3D® da Autodesk e AECOsim® e OpenBuildings® da Bentley.

### 10. Após explicação do significado do BIM, consegue compreender seu contexto de aplicação? \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
- ☐ Não      Ir para a pergunta 19.

## Conhece o BIM

---

### 11. Qual seu posicionamento PESSOAL em relação ao BIM? \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Não utilizo o BIM, também não farei uso pelos próximos 5 anos
- ☐ Não utilizo o BIM, mas pretendo utilizá-lo em até 5 anos
- ☐ Faço uso do BIM e continuarei a usar da mesma forma que uso hoje
- ☐ Faço uso do BIM e pretendo ampliar o campo de aplicação e finalidades

### 12. Você tem conhecimento da publicação do Decreto nº 9.983 de 22 de agosto de 2019 (revogou o Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018), que institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling? \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
- ☐ Não

## BIM na organização

---

### 13. A organização a que está vinculado faz uso do BIM ou já possui iniciativas para o uso do BIM? \*

Marcar apenas uma oval.

- ☐ Sim
- ☐ Não      Ir para a pergunta 19.

## Caracterização da utilização do BIM na Organização

---

**14. Quais dos Usos BIM descritos são utilizados pela sua organização? \***

*Marque todas que se aplicam.*

- ☐ Modelagem 3D
- ☐ Análises Diversas
- ☐ Compatibilização de projetos
- ☐ Coordenação espacial 3D
- ☐ Detecção de interferências (clash detection)
- ☐ Levantamento de quantitativos
- ☐ Estimativas de custos/orçamentação
- ☐ Planejamento da obra
- ☐ Planejamento de Manutenção
- ☐ Gestão de ativos
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

**15. De que forma está organizada a utilização do BIM na sua organização? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Todas as atividades relativas ao BIM são internas. Todos os envolvidos são funcionários da própria organização.
- ☐ Parte dos serviços é executado por empresas contratadas (disciplinas diversas, projetos básico e executivo, construção, por exemplo.), mas o controle e gestão dos processos envolvendo o BIM é de responsabilidade da própria organização.
- ☐ Parte dos serviços é executado por empresas contratadas (disciplinas diversas, projetos básico e executivo, construção, por exemplo.). O controle e gestão dos processos envolvendo o BIM é de responsabilidade de uma consultora/especialista externa, cujas atribuições incluem a conversão dos projetos de CAD para BIM. A análise gerencial segue sob responsabilidade da Organização.
- ☐ Todos os processos BIM são contratados. A organização apenas usufrui dos resultados do BIM.

**16. A utilização do BIM proporcionou maiores ganhos/vantagens em relação ao processo tradicional? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- ☐ Sim
- ☐ Não
- ☐ Em partes

**17. Quais são os maiores benefícios da utilização do BIM em sua organização? \***

*Marque todas que se aplicam.*

- ☐ Visualização 3D do que está sendo projetado
- ☐ Extração automática dos quantitativos de um projeto
- ☐ Ensaio da obra no computador
- ☐ Identificação automática de interferências
- ☐ Realização de simulações e ensaios virtuais
- ☐ Análises de construtibilidade
- ☐ Desenvolvimento de maquetes eletrônicas
- ☐ Geração de documentos mais consistentes e mais íntegros
- ☐ Capacitação das empresas para executarem construções mais complexas
- ☐ Registro e controle visual de diferentes versões dos modelos
- ☐ Verificação das condições de acesso para manutenção
- ☐ Coordenação e controle de contratados
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

**18. Quais maiores dificuldades encontradas para implementação do paradigma? \***

*Marque todas que se aplicam.*

- ☐ Falta de manuais e guias
- ☐ Softwares
- ☐ Infraestrutura de informática necessária
- ☐ Estrutura organizacional
- ☐ Qualificação profissional
- ☐ Outro: \_\_\_\_\_

## **Manifestação Livre**

---

**19. Existe algo que deseja expressar, comentar ou sugerir?**

---

---

---

---

---

---

**APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO APLICADO NA GPR**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



## APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO

DATA DE APLICAÇÃO: \_\_/\_\_/\_\_

HORA: \_\_: \_\_

**OBJETIVOS DA PESQUISA:** A aplicação deste questionário tem como objetivo colher informações a respeito das atividades vivenciadas quotidianamente na Gerência de Projetos, por meio de seus profissionais, para melhor compreender o funcionamento do departamento, os processos internos, desafios, sucessos e necessidades.

**METODOLOGIA:** O questionário será apresentado a uma parcela dos servidores da Gerência de Projetos, especificada em 50% dos profissionais lotados na UACP e 50% dos profissionais lotados na UPOP, distribuídos conforme função.

**OBSERVAÇÕES:** É de suma importância sua sinceridade e liberdade nas respostas. O diagnóstico só será verdadeiro e efetivo se estiver embasado em informações verídicas.

### PERGUNTAS:

**1. Pertence a qual unidade?**

- a) UACP
- b) UPOP

**2. Qual cargo/função?**

- a) Gerente
- b) Chefe
- c) Engenheiro
- d) Arquiteto
- e) Técnico

**3. Em que fase do processo está inserido?**

- a) Coleta de informações para o projeto
- b) Concepção do projeto
- c) Elaboração do projeto básico
- d) Elaboração do orçamento

**4. Quais softwares utiliza?**

- a) AutoCAD
- b) AutoCAD Civil3D
- c) Revit
- d) Infracworks
- e) OpenFlows
- f) Excel
- g) Outro. Qual?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**5. Quais são seus entregáveis?**

- a) Dados de dimensionamento e/ou viabilidade
- b) Esboço à mão escrita
- c) Esboço CAD 2D
- d) Projeto em CAD 2D
- e) Memorial Descritivo em word
- f) Planilha de orçamento em excel
- g) Outro. Qual?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**6. De que forma são entregues?**

- a) Papel
- b) Arquivo digital
- c) Ambos

**7. Prazo médio dado para conclusão da etapa?**

- a) Até 5 dias
- b) De 5 a 15 dias
- c) De 15 a 30 dias
- d) Mais de 30 dias

**8. Em geral, os prazos são cumpridos?**

- a) Até 10% dos projetos
- b) De 10% a 30% dos projetos
- c) De 30% a 50% dos projetos
- d) Mais de 50% dos projetos

**9. Quais principais razões para o não cumprimento dos prazos?**

- a) Espera por informações
- b) Mudanças no projeto
- c) Capacitação técnica insuficiente (domínio de ferramentas, equipamentos, teoria)
- d) Acúmulo de atividades
- e) Processos e/ou políticas internas
- h) Paralisação por alguma adversidade. Qual?

---



---

**10. Qual a incidência de retrabalho?**

- a) Até 10% dos projetos
- b) De 10% a 30% dos projetos
- c) De 30% a 50% dos projetos
- d) Mais de 50% dos projetos

**11. Quais principais razões para retrabalho?**

- a) Erros de dimensionamento
- b) Detalhamento insuficiente
- c) Erros de desenho
- d) Informações alocadas equivocadamente
- e) Outro. Qual?

---



---

**12. Quais principais dificuldades?**

- a) Pessoas (colaboração, cooperação)
- b) Qualidade e/ou confiabilidade das informações recebidas
- c) Infraestrutura (ambiente físico, material, computadores)
- d) Ferramentas (softwares, banco de dados)
- e) Processos e/ou políticas internas

**13. O que na sua visão pode melhorar?**


---



---



---



---

**14. Existe algo a mais que não foi contemplado nas questões e acha relevante expor?**


---



---



---



---

15.

| GERÊNCIA                                                          |
|-------------------------------------------------------------------|
| De que forma são registradas as reuniões e comunicações internas? |

| CHEFIA DE PROJETO                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Há padrão de representação gráfica do órgão?                                                    |
| Faz uso de algum documento (manual, norma, cartilha, etc.) para a execução dos projetos? Qual?  |
| Como é feita a compatibilização e revisão dos projetos? Em que momento do processo é executada? |
| É realizado o <i>as built</i> ao fim de cada obra?                                              |

| CHEFIA DE ORÇAMENTO                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Faz uso de algum documento (manual, norma, cartilha, etc.) para a execução da orçamentação? Qual? |

**APÊNDICE C – CARTA CONVITE PARA PARTICIPAÇÃO EM GRUPO FOCAL**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
PROGRAM DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



Natal, 28 de maio de 2019.

Prezado(a) Sr(a),,

O Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: Processos Construtivos e Estruturas, da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, vêm desenvolvendo, por meio da mestrandia Maria Cecília de Souza e Souza, uma pesquisa intitulada “APLICAÇÃO DO BIM NO SETOR DE INFRAESTRUTURA: ESTUDO EM UMA COMPANHIA DE ÁGUA E ESGOTO DO RN”. A elaboração de diretrizes e a intervenção em fluxos de trabalho e processos sob a perspectiva BIM vem mostrando-se eficaz e necessária dentro da transformação digital que ocorre atualmente com o surgimento de novas tecnologias de projeto e gestão, outro fator decisivo foi a aprovação do Decreto nº 9.377/2018, que institui a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling*, tornando obrigatório a adesão do setor público ao paradigma.

Esta pesquisa de mestrado tem sido desenvolvida através de um estudo de caso realizado na Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). Inicialmente delimitou-se como escopo da pesquisa a Gerência de Projetos (GPR) da CAERN e então começaram a coleta de informações acerca do funcionamento do setor como processos, fluxos, produtos, gargalos e desafios. A partir dos dados coletados, foi sugerido um conjunto de diretrizes para implementação do BIM na Gerência de Projetos da CAERN.

Diante do exposto, convidamos Vossa Senhoria para participar de uma reunião para a avaliação da utilidade prática deste conjunto de diretrizes, ocasião em que será discutido, juntamente com outros profissionais, o processo de aplicação do mesmo. Esta ocorrerá no dia 19 de junho de 2019, no 30º CBESA (Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - Abes), com início às 15:30 horas, e duração prevista de duas horas.

Desde já, agradecemos pela colaboração nesta pesquisa.

Atenciosamente,

**Eng. Civil Maria Cecília de Souza e Souza**  
(Mestranda)

**Prof.ª Dra. Josyanne Pinto Giesta**  
(Orientadora)

**Prof.ª Dr. Reymard Savio S. de Melo**  
(Coorientador)

**APÊNDICE D - ROTEIRO DE CONDUÇÃO DO GRUPO FOCAL**



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
PROGRAM DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



## GRUPO FOCAL EXPLORATÓRIO

### ROTEIRO DE CONDUÇÃO

(AVALIAÇÃO DE UM CONJUNTO DE DIRETRIZES PARA ADOÇÃO DO BIM NA CAERN)

#### **1. Recepção e acomodação dos participantes:**

Esta fase engloba a chegada dos participantes e entrega do material. Será pedido que respondam algumas perguntas sobre informações profissionais contidas no material entregue.

Tempo estimado: 20 min.

#### **2. Apresentação do Grupo Focal:**

Nessa etapa são apresentados os membros que estarão na condução do grupo focal, o objetivo, as regras e o tempo de duração do Grupo Focal.

Tempo estimado: 10 min.

#### **3. Apresentação do Artefato:**

Nessa fase será feita uma apresentação em multimídia, contextualizando a pesquisa de mestrado, explicando o que é o BIM (definição, usos e alguns conceitos) e por fim a apresentação e explicação do artefato proposto.

Tempo estimado: 30 min.

#### **4. Divisão em grupos:**

Após a apresentação, os participantes serão divididos em 2 grupos. Divididos nos grupos será solicitado aos participantes que respondam a avaliação do artefato, em seguida o mediador dará início a discussão questionando a validade do artefato e a justificativa da resposta. Lembrando sempre de explicar que a pessoa se identificará como “participante X” (já estipulado no material recebido).

Tempo estimado: 40 min.

#### **5. Encerramento do Grupo Focal:**

Encerrada a discussão, os mediadores apresentarão as principais considerações a respeito do que foi discutido.

Tempo estimado: 20 min.

#### **OBSERVAÇÕES:**

O uso de aparelhos celulares será de fundamental importância para o desenvolvimento das atividades. Eles serão utilizados para fotos, cronometragem do tempo e gravação dos áudios (importantíssimo). Por isso verificar o app de gravação de áudios e levar os aparelhos carregados e também carregadores.

**APÊNDICE E – MATERIAL ENTREGUE AOS PARTICIPANTES DO GRUPO  
FOCAL**

**EXPERIÊNCIA PROFISSIONAL DO PARTICIPANTE**

Sua identificação será: PARTICIPANTE 1

**Nome (opcional):**

**Idade:**

**Formação Acadêmica:**

**Técnico:** ( ) Não ( ) Sim

Qual \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Graduação:** ( ) Não ( ) Sim

Qual \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Especialização:** ( ) Não ( ) Sim

Qual \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Mestrado:** ( ) Não ( ) Sim

Programa/Área \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Doutorado:** ( ) Não ( ) Sim

Programa/Área \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Pós-Doutorado:** ( ) Não ( ) Sim

Programa/Área \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Outra:** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

**Tempo (total) de carreira:** \_\_\_\_\_

**Instituição em que trabalha:** \_\_\_\_\_

**Cargo/função que ocupa:** \_\_\_\_\_



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE**  
**PROGRAM DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**



### **GRUPO FOCAL EXPLORATÓRIO**

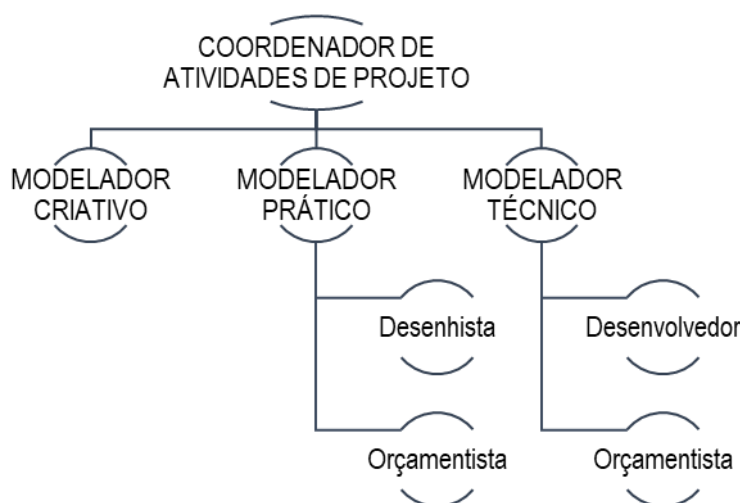
**AVALIAÇÃO DE UM CONJUNTO DE DIRETRIZES PARA ADOÇÃO DO BIM NA CAERN**

Natal/RN

Junho - 2019



## ESTABELECIMENTO DE PREMISSAS BÁSICAS GERAIS



### 1ª DEFINIÇÃO DO PERFIL DE CAPACITAÇÃO BIM:

- **Coordenador de Atividades de Projeto:** Profissional responsável por definir e organizar premissas básicas e atividades dos projetos bem como seus respectivos responsáveis. Esse profissional também é encarregado de acompanhar o andamento dos projetos coordenando as atividades desenvolvidas e os profissionais envolvidos, sendo o agente puxador da produção de projetos sempre atento aos prazos, informações e inconsistências no modelo durante todo processo. Função: Gestor; Formação: Engenharia (preferencialmente Engenharia Civil).

- **Modelador Criativo:** Profissional responsável por toda parte criativa dos projetos. Ele é encarregado da concepção e geração dos modelos definindo formas, estruturas, locações. Esse perfil de capacitação abraça arquitetos e engenheiros das diversas disciplinas envolvidas no projeto. Função: Projetista; Formação: Engenharia e Arquitetura.

#### - Modelador Prático:

- **Modelador Prático Desenhista:** Profissional responsável pelo detalhamento do modelo. Ele é encarregado de inserir informações secundárias e complementares ao modelo (que não diz respeito a concepção e/ou não é da alçada dos projetistas), elevando o modelo concebido ao nível de projeto básico. Função: Desenhista; Formação: Técnico
- **Modelador Prático Orçamentista:** Profissional responsável pelo desenvolvimento do orçamento. Ele é encarregado de definir os critérios de extração de quantitativos, fazer a extração dos quantitativos dos projetos e o cálculo dos preços. Função: Orçamentista; Formação: Engenheiro Civil.

#### - Modelador Técnico:

- **Modelador Técnico Desenhista:** Profissional responsável pela criação de famílias e bibliotecas BIM. Ele é encarregado de elaborar, detalhar e modificar componentes e famílias BIM, conforme especificidades de projeto como insumos e métodos construtivos adotados. Função: Desenvolvedor; Formação: Técnico.
- **Modelador Técnico Orçamentista:** Profissional responsável pela atualização das tabelas de orçamento. Ele é encarregado de manter atualizados os itens das tabelas de insumos e serviços, fazendo cotações de preços, inserindo novos itens, alterando especificações ou criando novas tabelas. Função: Orçamentista; Formação: Técnico.

## 2º DEFINIÇÃO DOS CASOS DE USO BIM

O corpo técnico estabelecerá quais usos BIM são aplicáveis ao escopo de projetos desenvolvidos pela Gerência. Inicialmente essa escolha deve ser feita a partir dos 25 usos BIM indicados pelo *Project Execution Planning Guide version 2.0*<sup>8</sup>, listados abaixo, baseadas nos objetivos iniciais traçados pela equipe na definição do projeto piloto para a implantação do BIM. A medida que outros projetos forem realizados e o nível de conhecimento e maturidade BIM for sedimentando na equipe outros usos BIM devem ser explorados e incorporados ao escopo dos projetos.



Fonte: CBIC, 2016<sup>9</sup>.

<sup>8</sup> COMPUTER INTEGRATED CONSTRUCTION RESEARCH PROGRAM - CIC. BIM Project Execution Planning Guide. Version 2.0. The Pennsylvania State University, University Park, PA, EUA, 2010. Disponível em: <<http://bim.psu.edu>>.

<sup>9</sup> CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO – CBIC. Fundamentos BIM. Coletânea Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras, volume 1. Brasília, 2016. Disponível em: <<http://cbic.org.br/bim/>>.

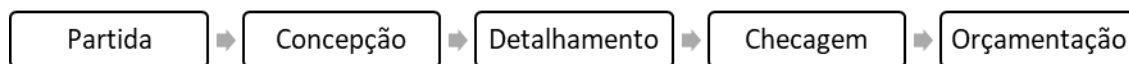
**3º DEFINIÇÃO DE PADRÕES BÁSICOS:** Está relacionado a padronização de instrumentos, procedimentos e tipologias a serem adotados pela Gerência para embasar o trabalho colaborativo necessário a implantação do BIM.

| DEFINIÇÃO DE PADRÕES BÁSICOS                                 |                                                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tópico                                                       | Descrição                                                                                                                                                          |
| Templates                                                    | Criação de templates padrões conforme tipo/categoria de empreendimento.                                                                                            |
| Famílias e Bibliotecas                                       | Desenvolvimento de famílias e bibliotecas próprias para cada template, conforme codificação da ABNT 15965.                                                         |
| Representação gráfica                                        | Padronização de pranchas, carimbos, nomenclaturas e da representação gráfica (símbolos).                                                                           |
| Identificação de projetos                                    | Estabelecimento de padrões de identificação de projetos conforme códigos de uso e forma da ABNT.                                                                   |
| Formato de arquivos de colaboração BIM                       | IFC ou arquivo Nativo dos softwares utilizados (no caso de alguns aplicativos é importante definir também a versão).                                               |
| Outros formatos de arquivos para usos específicos            | Ex: arquivos de vídeos, arquivos para simulações especiais, etc.                                                                                                   |
| Definição de ponto de origem e coordenadas georreferenciadas | Definido pelo modelador criativo no primeiro ato de construção do modelo.                                                                                          |
| Nomenclatura de arquivos                                     | Padronização da nomenclatura dos arquivos conforme tipo/disciplinas de projeto e fase/estágio do empreendimento (adequada a ABNT 15965)                            |
| Nomenclatura de edificações e/ou blocos                      | Conforme ABNT 15965                                                                                                                                                |
| Sistema de colaboração BCF a ser utilizado                   | Definição do tipo de sistema de comunicação e coordenação de projetos em padrão BCF.                                                                               |
| Responsabilidade pela administração do sistema colaborativo  | Função do Coordenador do projeto                                                                                                                                   |
| Definição dos Planos de referência do projeto                | Função do Coordenador do projeto                                                                                                                                   |
| Organização geral do modelo BIM                              | Definição de arquivos parciais para compor diferentes tipos e/ou portes de empreendimento.                                                                         |
|                                                              | Criação de <i>worksets</i> para compartilhamento, podendo ocorrer variações entre disciplinas. (Ex: zona de trabalho do modelador criativo e do modelador prático) |
|                                                              | Definição de zonas ou setores do empreendimento.                                                                                                                   |
| Formato de arquivos das folhas do projeto                    | À critério do que for fixado sobre os entregáveis na contratação.                                                                                                  |

Fonte: Adaptado de ABDI, 2017<sup>10</sup>.

<sup>10</sup> AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. Contratação e elaboração de projetos BIM na arquitetura e engenharia: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC / Agência Brasileira de Desenvolvimento, volume 4. Brasília, 2017.

## FLUXOGRAMA BASE PARA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE REDES DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA E COLETA DE ESGOTO.



O fluxograma está dividido em 4 fases:

### - Fase Partida:

Assim que a demanda de projeto é recebida pela Gerência de Projetos é definido o coordenador de atividades do projeto (se houver mais de um profissional que desempenhe essa função) e a demanda é repassada. O coordenador então avalia e estuda a demanda, propondo um planejamento de como o projeto será desenvolvido: prevê as disciplinas integrantes, entregáveis, define os usos BIM, os profissionais participantes e suas respectivas atribuições. Também prevê e solicita informações necessárias para o desenvolvimento do projeto, mas que não são de responsabilidade da gerência de projetos.

De posse do planejamento o coordenador convoca uma “Reunião de Partida” com todos os integrantes do projeto (definidos anteriormente). Nessa reunião é feita uma explanação da demanda aos integrantes do projeto, em seguida é aberto um momento para brainstorming, a partir da discussão são levantadas necessidades de informações e estabelecimento de marcos (como prazos, entregáveis, revisões, etc.). Se preciso o coordenador solicita mais dados não previstos na avaliação/estudo da demanda.

### - Fase Concepção:

O modelador criativo, conhecendo a demanda de projeto, realiza o lançamento da rede em *software* BIM (se não dispor dos dados topográficos utilizar inicialmente dados de ferramentas de coordenadas geográficas de satélite, como *GoogleEarth* por exemplo). Nessa etapa realiza-se o estudo e modelagem do terreno, traça-se a rede e prevê a localização de elementos como elevatórias e estações de tratamento. O nível de desenvolvimento indicado para essa etapa é o LOD 100.

Com a concepção definida, e de posse das demais informações essenciais ao projeto tem-se o pré-dimensionamento das estruturas e elementos do projeto e a inserção dessas informações no modelo de modo genérico. Como resultado tem-se um anteprojeto do empreendimento com LOD 200 sugerido. O anteprojeto é encaminhado para uma orçamentação prévia e para as disciplinas complementares que tenham condições de começarem a ser desenvolvidas.

De posse do anteprojeto, orçamento prévio e anteprojetos complementares o coordenador convoca uma segunda reunião, a “reunião de condução” com o objetivo de avaliar, verificar e validar o anteprojeto. Na reunião os participantes discutem o projeto e o orçamento preliminar, apontam possíveis inconsistências, sugerem adaptações ou correções no modelo ou até mesmo mudança de concepção. Se o anteprojeto for validado segue para o refinamento (realização de alguns ajustes ou inclusões) e elaboração de memorial descritivo, se não o modelo segue para adequação ou retorna à etapa de concepção caso seja necessário.

**- Fase Detalhamento:**

Após o anteprojeto aprovado, o modelo é encaminhado ao modelador prático (pode ser mais de um a depender do porte e tipo de projeto, ou do prazo para entrega) para que seja detalhado a nível de projeto básico, com LOD 300 de nível de desenvolvimento sugerido. Ele é o responsável por alimentar o modelo com informações secundárias, conforme o memorial descritivo, como especificação de tipo de material, insumos, peças, cotas, etc. bem como elaborar e organizar as pranchas conforme especificado na partida do projeto.

**- Fase de Checagem**

Com os projetos básicos concluídos o modelador prático executa a compatibilização das diversas disciplinas por meio de *software clashdetection*. Esse tipo de programa gera um relatório indicando as interferências encontradas nos projetos, esse relatório é encaminhado ao coordenador de atividades do projeto, que deve aprovar ou não o documento. Quando não aprovado o coordenador solicita ao modelador para que o detalhamento seja corrigido, quando aprovado o coordenador devolve para que o modelador faça a verificação dos entregáveis. Essa verificação tem como produto um relatório de *checklist* que é enviado ao coordenador para aprovação. Se aprovado o projeto final segue para orçamentação, se não aprovado volta ao modelador prático para correção.

**- Fase de Orçamentação:**

Na fase da orçamentação, quando recebido o projeto final, o modelador prático orçamentista define os critérios de extração dos quantitativos, em seguida extrai os quantitativos de forma automática do *software* de projeto. Em *software* específico de orçamentação (que deve conter funções de atualização automática dos valores da SINAPI e possibilidade de inserção manual de outras tabelas e itens de insumos e serviços – responsabilidade do modelador técnico orçamentista) os quantitativos são lançados e o cálculo dos preços é feito de modo automático. O orçamento final é verificado e validado pelo modelador prático orçamentista e então enviado ao coordenador de atividades de projeto para ser aprovado. Após aprovação o orçamento juntamente com o projeto é encaminhado ao solicitante.

### QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO CONJUNTO DE DIRETRIZES

Para as respostas considere: **0** (nenhuma); **1**(pouco); **2**(médio); **3** (muito).

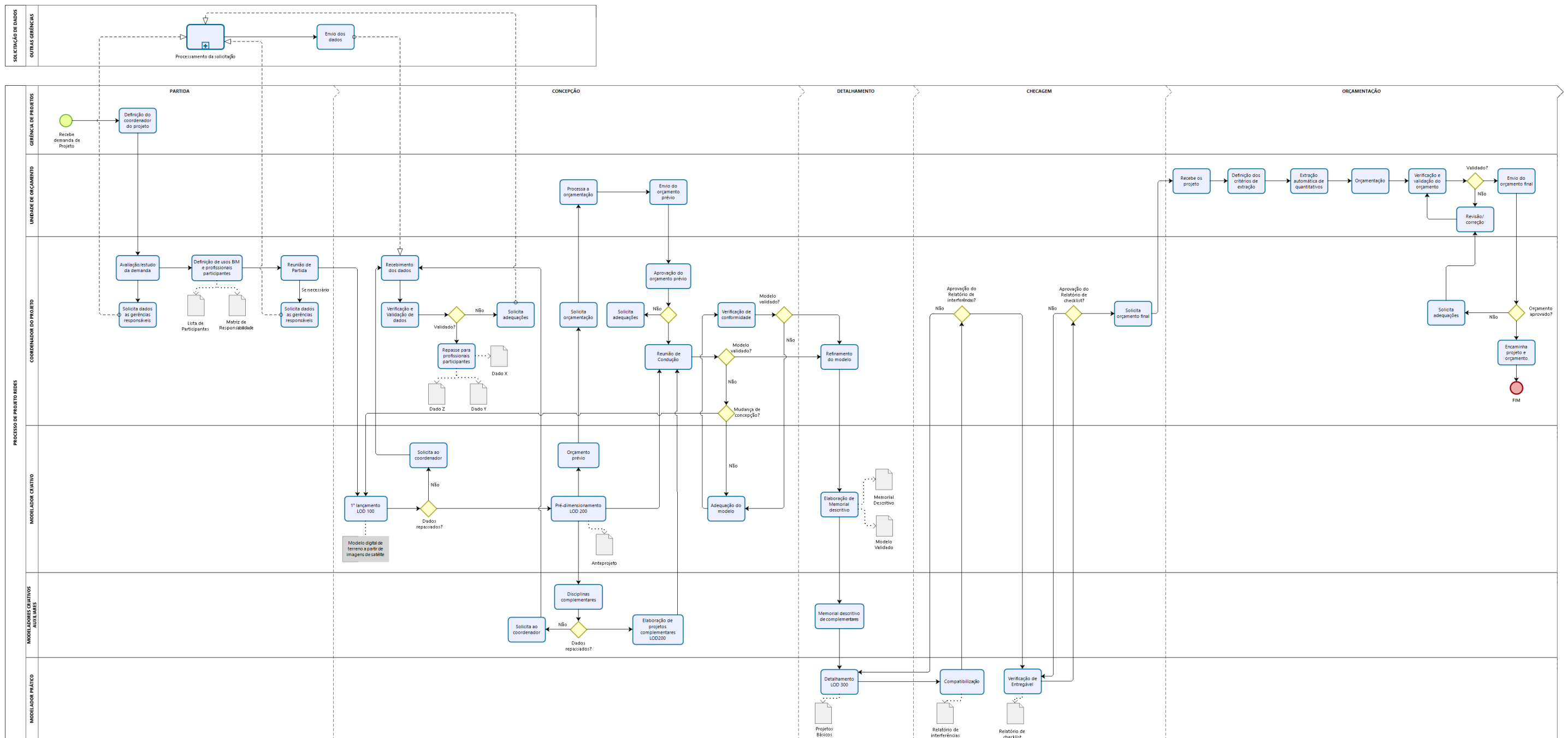
|                                                                                                                                                  | <b>0</b> | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| Quanto à funcionalidade, como você avalia o conjunto de diretrizes?                                                                              |          |          |          |          |
| Você acha que foram pertinentes as definições de padrões básicos e o perfil dos profissionais?                                                   |          |          |          |          |
| Para você o conjunto de diretrizes contempla todos os fluxos de trabalho da projeção?                                                            |          |          |          |          |
| Em relação a generalidade, você considera que é possível expandir o uso das diretrizes para os diversos tipos de projetos da área de saneamento? |          |          |          |          |
| Você achou que o conjunto de diretrizes é fácil de usar?                                                                                         |          |          |          |          |

|                                             |
|---------------------------------------------|
| Você observou falhas nas diretrizes? Quais? |
|                                             |

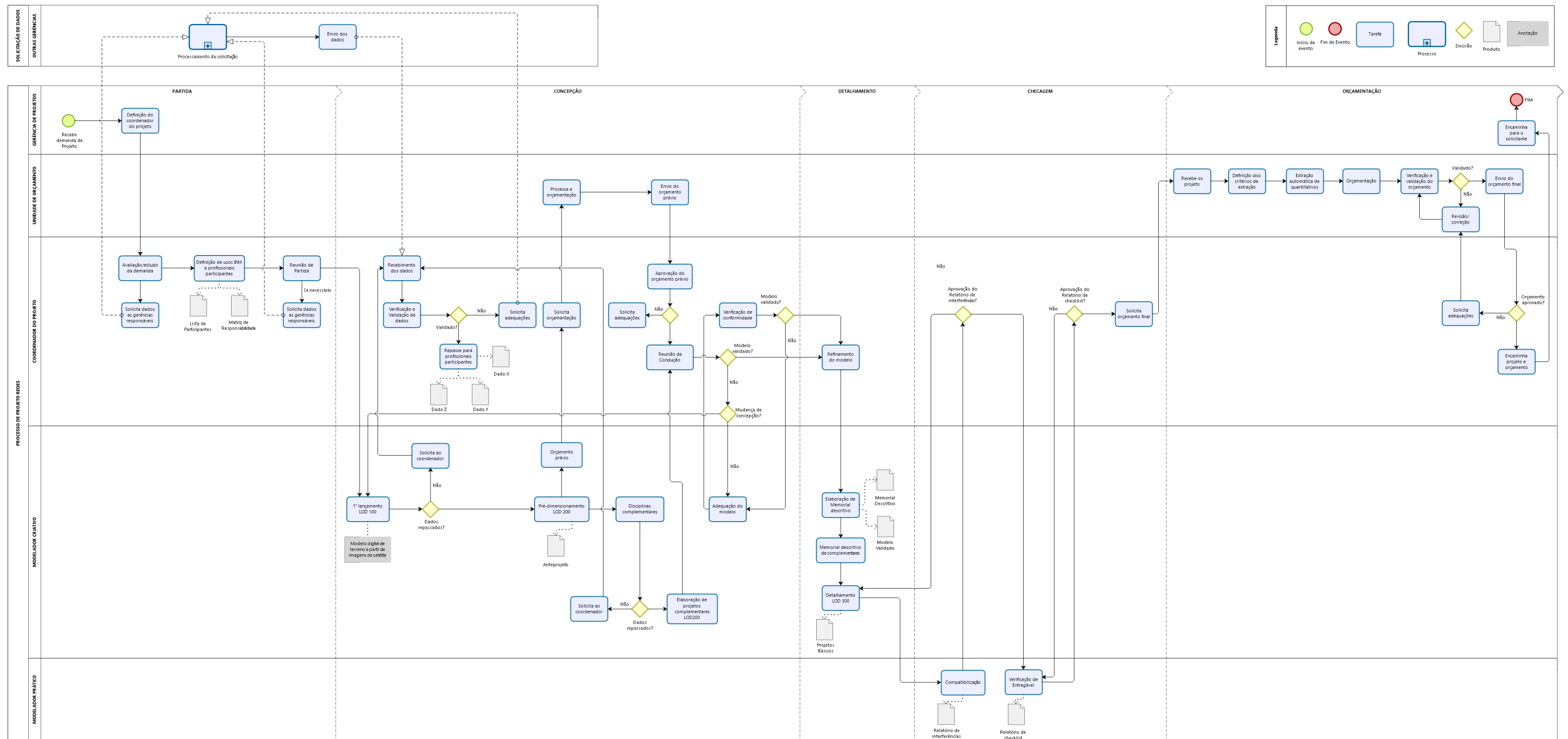
Adaptado de Pereira 2017<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> PEREIRA, A. P. C. MODELAGEM DA INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO NA FASE DE PROJETO: uma proposta de plano de execução BIM para a SUMAI / UFBA. 2017. 332 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2017.

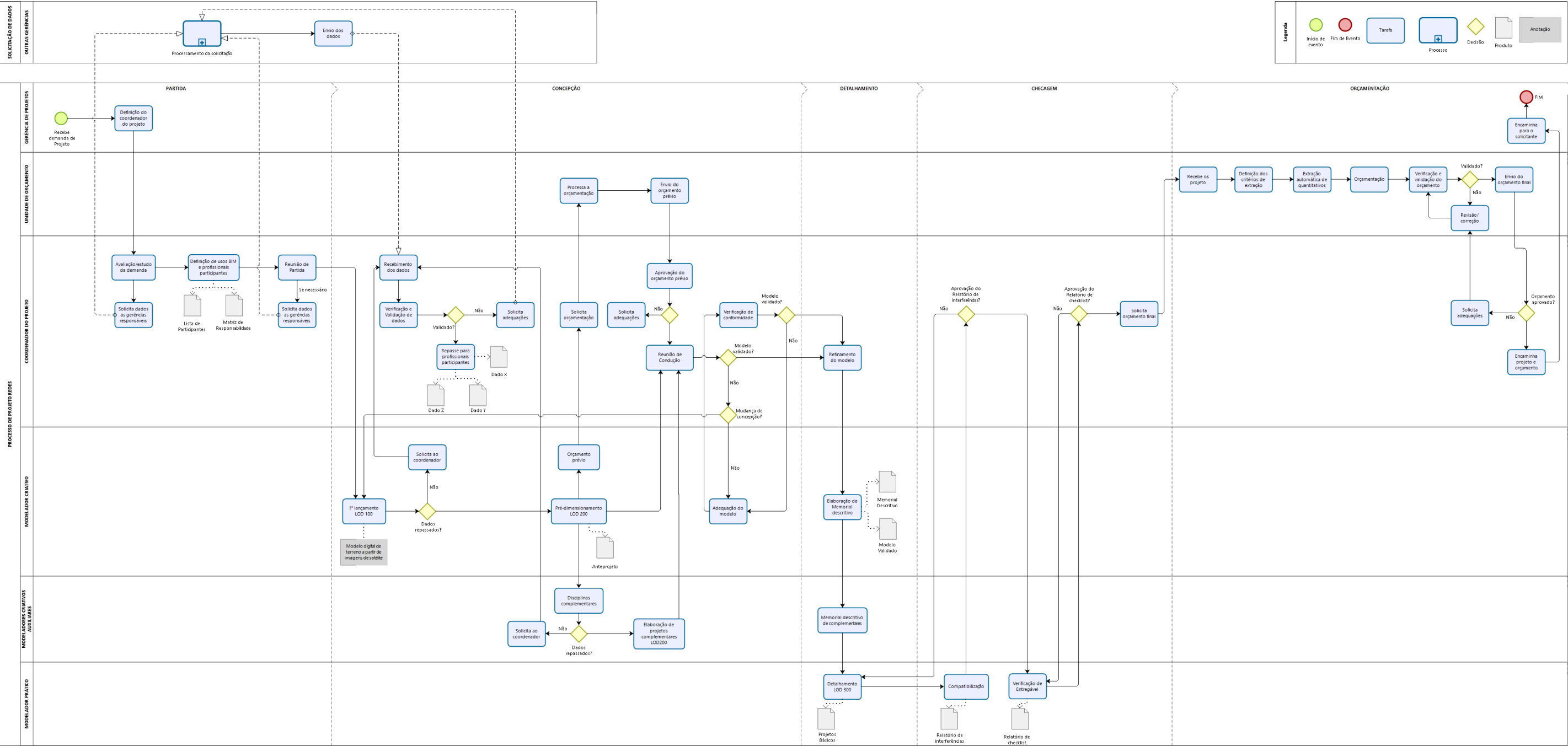
**APÊNDICE F – 1ª VERSÃO DO FLUXOGRAMA BASE PARA ELABORAÇÃO DE  
PROJETOS DE REDES DE ÁGUA E ESGOTO**

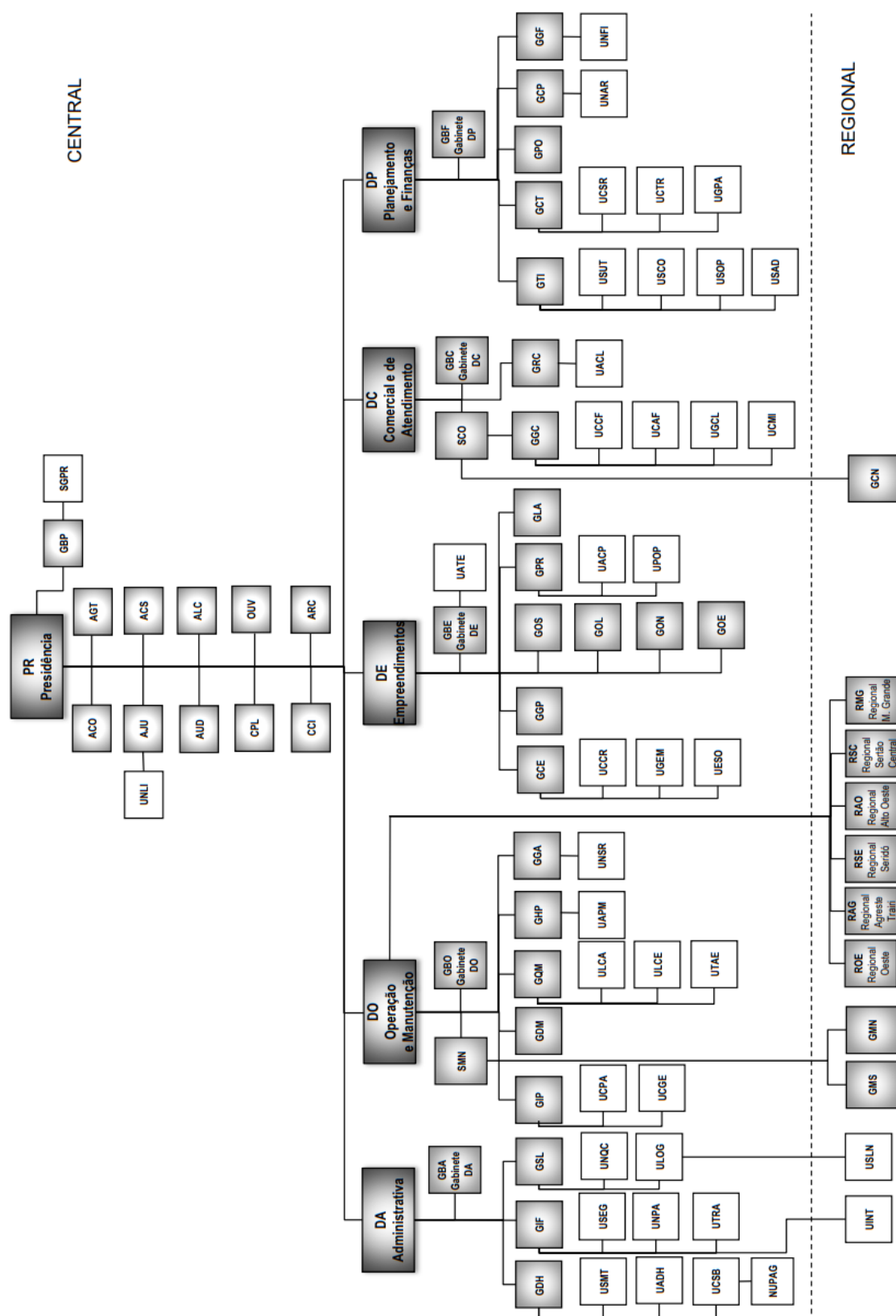


**APÊNDICE G – 2ª VERSÃO DO FLUXOGRAMA BASE PARA ELABORAÇÃO DE  
PROJETOS DE REDES DE ÁGUA E ESGOTO – EMPREENDIMENTOS DE  
PEQUENO PORTE**



**APÊNDICE H – 2ª VERSÃO DO FLUXOGRAMA BASE PARA ELABORAÇÃO DE  
PROJETOS DE REDES DE ÁGUA E ESGOTO – EMPREENDIMENTOS DE MÉDIO  
E GRANDE PORTE**

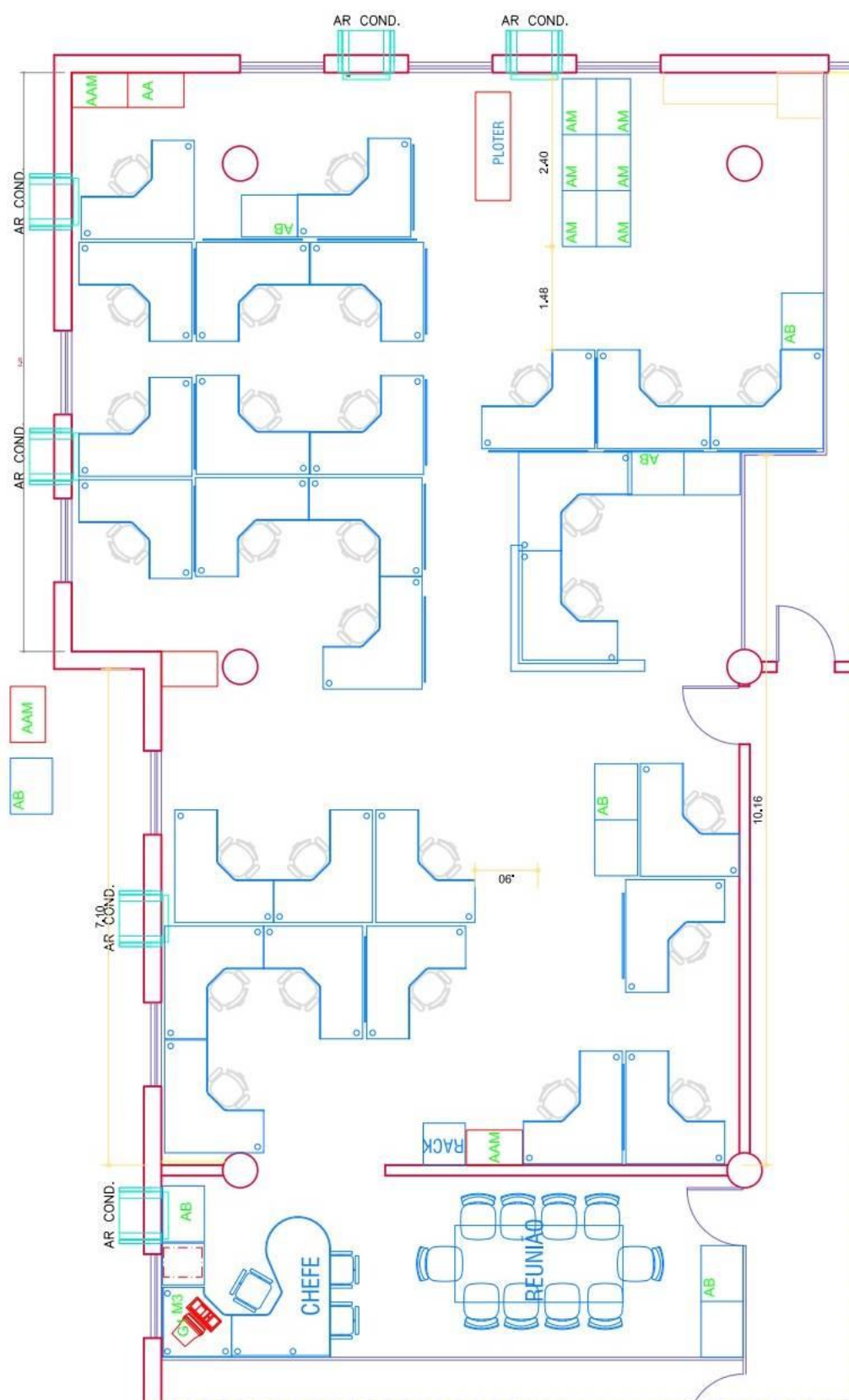


ANEXO A – HIERARQUIA GERAL DA CAERN<sup>12</sup>

12

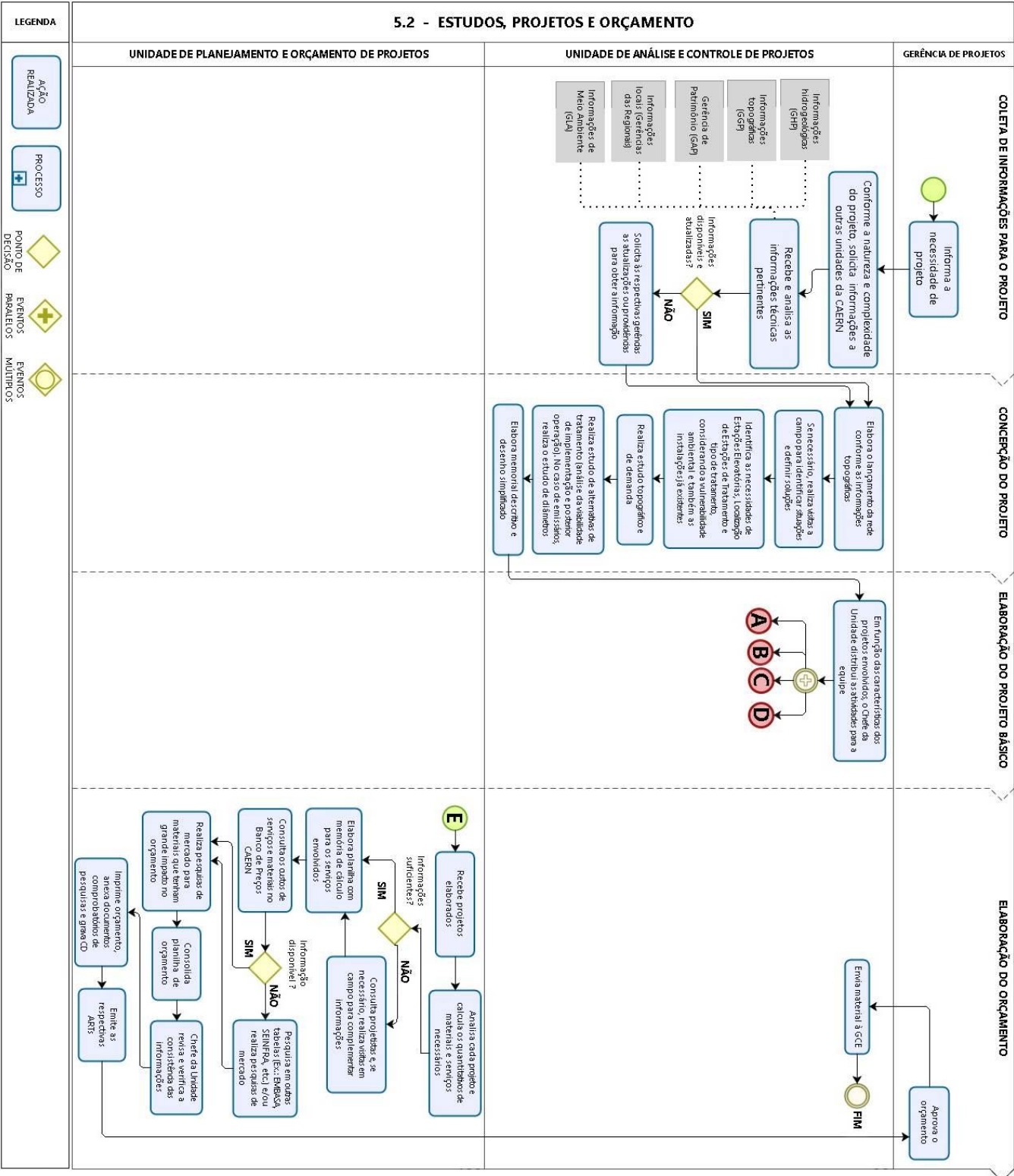
Fonte: CAERN. Organogramas. Caern, 2018. Disponível em: <http://adcon.rm.gov.br/ACERVO/caern/DOC/DOC000000000173160.PDF>. Acesso em: 10 mar. 2019.

## ANEXO B – LAYOUT DO ESPAÇO FÍSICO DA GERÊNCIA DE PROJETOS<sup>13</sup>



<sup>13</sup> Fonte: Acervo próprio da Gerência de Projetos da Caern.

ANEXO C - MAPA DO PROCESSO DE PROJETO ATUAL DA GPR<sup>14</sup>



<sup>14</sup> Fonte: Acervo próprio da Gerência de Projetos da Caern.