

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE GOIÁS
CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DO FLUXO DE TRABALHO NA
CONCEPÇÃO DE UM PROJETO DE
INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS DENTRO
DO PROCESSO BIM**

GABRIEL ARAÚJO ASSIS

JATAÍ
2022



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Gabriel Araújo Assis

Matrícula: 20171020260290

Título do Trabalho: Análise do fluxo de trabalho na concepção de um projeto de instalações hidrossanitárias dentro do processo BIM

Autorização - Marque uma das opções

1. (x) Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. () Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. () Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- () O documento está sujeito a registro de patente.
() O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
() Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.



Documento assinado digitalmente
GABRIEL ARAUJO ASSIS
Data: 27/12/2024 19:51:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Local

Jataí, 27/12/2024.
Data

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

GABRIEL ARAÚJO ASSIS

**ANÁLISE DO FLUXO DE TRABALHO NA
CONCEPÇÃO DE UM PROJETO DE
INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS DENTRO
DO PROCESSO BIM**

Trabalho apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Francielle Coelho dos Santos

JATAÍ
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação na (CIP)

Assis, Gabriel Araújo.

Análise do fluxo de trabalho na concepção de um projeto de instalações hidrossanitárias dentro do processo BIM [manuscrito] / Gabriel Araújo Assis. -- Jataí: IFG, Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, 2022.

74 f.; il.

Orientadora: Profa. Dra. Francielle Coelho dos Santos.

Bibliografias.

1. Integração da informação. 2. Instalações hidrossanitárias. 3. Fluxo de trabalho. 4. Gestão de projetos I. Santos, Francielle Coelho dos. II. IFG, Câmpus Jataí. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Téc.: Aquisição e Tratamento da Informação.
Bibliotecária – Rosy Cristina O. Barbosa – CRB 1/2380 – C. Jataí. Cód. F002/2023-1.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS JATAÍ

Folha de Aprovação

GABRIEL ARAÚJO ASSIS

ANÁLISE DO FLUXO DE TRABALHO NA CONCEPÇÃO DE UM PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS DENTRO DO PROCESSO BIM

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Jataí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado, em 02 de dezembro de 2022, pela banca examinadora constituída pelos seguintes membros:

BANCA EXAMINADORA

Prof^ª. Dr^ª. Francielle Coelho dos Santos
Presidente da banca / Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Esp. Ronan de Oliveira Lopes Junior
Membro Interno
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Eng. Civil Victor Gonçalves dos Santos
Membro Externo
VEC BR LTDA

Documento assinado eletronicamente por:

- Gabriel Araújo Assis, 20171020260290 - Discente, em 27/12/2022 15:58:49.
- Victor Gonçalves dos Santos, Victor Gonçalves dos Santos - 1413 - GERENTES DE OBRAS EM EMPRESA DE CONSTRUÇÃO - Empresa Vec Br (22784305000174), em 12/12/2022 10:58:46.
- Ronan de Oliveira Lopes Junior, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 10/12/2022 10:19:16.
- Francielle Coelho dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 09/12/2022 14:00:42.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 27/11/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 349658

Código de Autenticação: abcf7c66c3



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Av. Presidente Juscelino Kubitschek, nº 775, Residencial Flamboyant, JATAÍ / GO, CEP 75804-714
(64) 3605-0837 (ramal: 837)

AGRADECIMENTO

Dizem que aquele que vai sozinho chega mais rápido, mas aquele que vai acompanhado chega mais longe. Essa jornada acadêmica não poderia ser diferente.

Agradeço a minha orientadora, professora Francielle Coelho, que me acompanhou de perto nessa jornada. Esteve ao meu lado em todos os momentos me orientando, ouvindo, ensinando e aconselhando. Muito mais do que uma professora, foi uma grande amiga, nossas conversas me ajudaram a decidir o que quero para a vida. Eu não poderia desejar uma orientadora melhor.

Agradeço aos meus pais, Éder e Cláudia, e minhas irmãs, Giovanna, Leticia e Amanda, aos quais sou grato por todo o apoio que deram nesse ciclo acadêmico. Aguentaram minhas enjeiras, meus estresses, cansaços e surtos diários. Me mantiveram de pé e me deram forças nos momentos mais difíceis.

Aos avós e tios, sou imensamente grato pelos bons conselhos e por sempre enxergarem o meu melhor lado, mesmo quando eu mesmo não o era capaz de fazer.

À minha namorada, Michelle, sou grato pela paciência que teve comigo durante essa jornada, compreendendo minhas ausências e aguentando minhas chatices.

Agradeço também todos os amigos que fiz nessa trajetória acadêmica. Que me estenderam a mão quando precisei e que pude fazer o mesmo quando precisaram. Estudamos, choramos, comemoramos e crescemos juntos. Em especial agradeço a Jáder e João, que mesmo nas situações mais adversas encaravam com leveza e bom humor.

Aos amigos da VEC BR, que me acolheram desde o primeiro momento e deram todo o suporte que precisei para elaboração do presente trabalho.

Agradeço a todos os professores que me ensinaram, incentivaram e inspiraram. Em especial agradeço aos professores do IFG Jataí, com os quais pude aprender desde o ensino médio e acompanharam meu crescimento.

E principalmente agradeço a Deus e aos amigos espirituais, que me guiaram, prepararam e me deram a força que precisei para trilhar esse caminho e, mesmo nos momentos em que mais me senti só, nunca me deixaram.

ÉPIGRAFE

Faça a sua parte e eu te ajudarei.

(Jesus Cristo)

RESUMO

A metodologia BIM surge como uma aplicação dos conceitos da Indústria 4.0 na construção civil. No entanto, as aplicações desse conceito no contexto dos projetos de instalações prediais ainda não foram totalmente estudadas na literatura. A presente pesquisa apresenta uma análise do fluxo de trabalho da elaboração de projetos de instalações hidrossanitárias dentro do processo BIM. A metodologia da pesquisa foi baseada na realização de entrevistas semiestruturadas com profissionais que estão inseridos nesse processo (modeladores, projetistas, gerentes e etc.). Por meio dos relatos das entrevistas, foi possível identificar doze agentes participantes do processo, divididos em duas cadeias hierárquicas baseadas nos modelos de contratação do projeto. Tais agentes foram caracterizados com base no papel que exerciam no processo e suas atribuições catalogadas nas etapas as quais estavam relacionadas. Dessa forma, foi proposto um fluxograma de trabalho que viabiliza o desenvolvimento do projeto hidrossanitário dentro do processo BIM. O fluxograma foi avaliado pelos mesmos participantes das entrevistas, os quais evidenciaram a viabilidade da aplicação da proposta, bem como seus impactos positivos. A importância dos resultados da presente pesquisa se dá no entendimento do papel dos agentes envolvidos na concepção do projeto e o mapeamento desse processo possibilita a compreensão da cadeia produtiva de maneira semi-linear, observando as relações de dependência entre as atividades e avaliando as etapas em que ocorrem.

Palavras-chave: Integração da informação. Instalações Hidrossanitárias. Fluxo de trabalho. Gestão de Projeto.

ABSTRACT

The BIM methodology emerges as an application of Industry 4.0 concepts in civil construction. However, the applications of this concept in the context of building installation projects have not yet been fully studied in the literature. The present research presents an analysis of the workflow of the elaboration of plumbing projects within the BIM process. The research methodology was based on semi-structured interviews with professionals who are inserted in this process (modelers, designers, managers, etc.). Through the interview reports, it was possible to identify twelve agents participating in the process, divided into two hierarchical chains based on the project's contracting models. These agents were characterized based on their role in the process and their attributions catalogued in the stages to which they were related. Thus, a workflow was proposed to enable the development of the water-sanitary design within the BIM process. The workflow was evaluated by the same participants of the interviews, who showed the feasibility of the proposal's application, as well as its positive impacts. The importance of the results of this research is given in the understanding of the role of the agents involved in the conception of the project and the mapping of this process enables the understanding the production chain in a semi-linear way, observing the dependency relationships between the activities and evaluating the stages in which they occur.

Keywords: Information Integration. Plumbing installations. Workflow. Project Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Execução de edificação em impressão 3D.....	22
Figura 2.2 – Inovações tecnológicas na construção civil alemã.....	22
Figura 2.3 – Conexão sanitária modelada em <i>software</i> BIM.	24
Figura 2.4 – Coordenação de disciplinas em <i>software</i> BIM.	26
Figura 2.5 – Curva de MacLeamy.....	27
Figura 2.6 – Centralização da informação no processo BIM.	28
Figura 2.7 – Representação em planta baixa de sistema de esgoto.	29
Figura 2.8 – Representação em planta baixa de sistema de água fria.	29
Figura 2.9 – Fases de desenvolvimento de projetos de instalações prediais em BIM.....	30
Figura 3.1 – Etapas da pesquisa	32
Figura 4.1 – Participação percentual de entrevistados por empresa.....	36
Figura 4.2 – Organograma de agentes no modelo Projeto-Concorrência-Construção.	39
Figura 4.3 – Organograma de agentes no modelo Projeto-Concorrência	40
Figura 4.4 – Fluxograma de desenvolvimento de projeto hidrossanitário no processo BIM.....	54
Figura 4.5 – Respostas obtidas para a pergunta 1	57
Figura 4.6 – Respostas obtidas para a pergunta 2	57
Figura 4.7 – Respostas obtidas para a pergunta 3	58
Figura 4.8 – Respostas obtidas para a pergunta 4	58
Figura 4.9 – Respostas obtidas para a pergunta 5	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Princípios da Indústria 4.0.....	21
Quadro 2.2 – Definição das etapas do desenvolvimento de projeto SHP em processo BIM.	30
Quadro 4.1 – Caracterização de participantes.....	35
Quadro 4.2 – Caracterização das empresas.....	37
Quadro 4.3 – Avaliação do fluxograma	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGC - *Associated General Contractors of America*

BIM – *Building Information Modeling*

BEP – *BIM Execution Plan*

CAD - *Computer Aided Design*

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

DBS - *Building Description System*

IHS – Instalações Hidrossanitárias

NIST - *National Institute of Standards and Technology*

SHP – Sistemas de Hidrossanitários Prediais

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE QUADROS	12
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	13
CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	16
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	16
1.2 JUSTIFICATIVA	17
1.3 QUESTÃO DA PESQUISA.....	18
1.4 OBJETIVOS	18
1.4.1 Objetivo Geral	18
1.4.2 Objetivos Específicos	19
CAPÍTULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 A EVOLUÇÃO DA INFORMAÇÃO NOS PROJETOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL	20
2.1.1 Indústria 4.0	20
2.1.2 Construção 4.0	21
2.2 BUILDING INFORMATION MODELING - BIM.....	23
2.2.1 Coordenação e compatibilização de projetos no processo BIM.....	25
2.3 PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS	28
CAPÍTULO 3 METODOLOGIA	32
3.1 DESCRIÇÃO DA PESQUISA.....	32
3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	32
3.2.1 Etapa Inicial.....	33
3.2.2 Levantamento de dados	33
3.2.3 Análise de dados.....	33
3.2.4 Conclusões.....	34
CAPÍTULO 4 RESULTADOS	35
4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS ENTREVISTADOS	35
4.2 IDENTIFICAÇÃO DE AGENTES.....	38
4.2.1 Modelador BIM	41
4.2.2 Projetista de Instalações Hidrossanitárias	42
4.2.3 Detalhador BIM.....	43

4.2.4 Coordenador de Modelo BIM Hidrossanitário.....	44
4.2.5 Engenheiro de Projeto de Instalações Hidrossanitárias.....	45
4.2.6 Engenheiro de Execução de Instalações Hidrossanitárias.....	46
4.2.7 Diretor de Instalações Hidrossanitárias	47
4.2.8 Gerente BIM do Empreendimento	47
4.2.9 Coordenador do Empreendimento.....	48
4.2.10 Construtor Geral	49
4.2.11 Facilitador BIM	50
4.2.12 Contratante	50
4.3 PAPEL DOS AGENTES NAS ETAPAS DO PROCESSO.....	51
4.4 REPRESENTAÇÃO DO FLUXO DE INFORMAÇÃO	53
4.5 VALIDAÇÃO DO FLUXOGRAMA	56
CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES	60
REFERÊNCIAS	62
APÊNDICE A – MODELO DE QUESTIONÁRIO APLICADO	66
APÊNDICE B – LISTA DE ATRIBUIÇÕES NA CONCEPÇÃO DE UM PROJETO HIDROSSANITÁRIO EM BIM	67
APÊNDICE C – ATRIBUIÇÕES DOS AGENTES NO MODELO DE CONTRATO PROJETO-CONCORRÊNCIA-CONSTRUÇÃO.....	69
APÊNDICE D – ATRIBUIÇÕES DOS AGENTES NO MODELO DE CONTRATO PROJETO-CONSTRUÇÃO.....	72

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO

Esse capítulo apresenta o contexto no qual a pesquisa está inserida e a justificativa para a realização do tema proposto, além de apontar as questões que envolvem a pesquisa, bem como os objetivos do trabalho.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Os avanços tecnológicos dos computadores, *softwares* e da internet mudaram a maneira como nos comunicamos nas últimas décadas. Evidencia-se a crescente quantidade de informações geradas e a velocidade que são compartilhadas por meios digitais (CAMPESTRINI *et al.*, 2015). No setor industrial, a incorporação dessas novas tecnologias mudou a dinâmica do mercado, possibilitando a cooperação mútua entre equipes multidisciplinares ao redor do mundo e o desenvolvimento de produtos cada vez mais específicos (GAITHER; FRAZIER, 2002). A aplicação dessa nova filosofia, por sua vez, exige uma adaptação nos processos de gerenciamento tradicionais (CAMPESTRINI *et al.*, 2015; SANTOS, 2012). A indústria da construção civil se mostra muito conservadora nesse aspecto. De acordo com o *National Institute of Standards and Technology* (NISP), o mercado da construção tem um prejuízo estimado de 1,2 bilhões de dólares anuais pela falta de interoperabilidade entre as equipes de projeto ainda em fase de planejamento (NISP, 2004). Os estudos de Brito e Ferreira (2015) apontam que essas deficiências no fluxo de informações, bem como a descentralização de processos, contribuem para o desenvolvimento de projetos incompatíveis e de baixa eficiência.

O surgimento da metodologia de trabalho *Building Information Modeling* (BIM) ou Modelagem de Informação da Construção possibilitou que os preceitos da Indústria 4.0 fossem incluídos na construção civil (SANTOS, 2012). Até então o processo de planejamento de uma edificação era fragmentado (EASTMAN *et al.*, 2014) e fundamentava-se na elaboração de plantas pela metodologia *Computer Aided Design* (CAD), a qual dependia da interpretação de cortes e vistas desconectados para a construção de um modelo mental da instalação projetada (CBIC, 2016a). A substituição desse modelo tradicional por um modelo que combinasse elementos geométricos tridimensionais com parâmetros de informações possibilitou o desenvolvimento de projetos mais eficientes e condizentes com a realidade. De acordo com a

Associated General Contractors of America (AGC, 2011), através da plataforma BIM torna-se possível o desenvolvimento de um modelo rico em dados, permitindo o maior detalhamento de informações construtivas que podem ser extraídas e analisadas em momentos de tomada de decisões.

Segundo Eastman *et al.* (2014), a natureza colaborativa do processo BIM possibilita o desenvolvimento dos diversos sistemas do empreendimento de forma conjunta. Através da centralização dos projetos em um modelo compartilhado, os projetistas são capazes de construir uma simulação tridimensional da edificação, de forma a identificar e corrigir as inconsistências entre as várias disciplinas ainda em fase de planejamento. Além disso, a integração das partes interessadas nesse ecossistema digital garante que as informações estejam atualizadas para todos os envolvidos (CBIC, 2016b).

1.2 JUSTIFICATIVA

No contexto da indústria da construção civil do século XXI, Campestrini *et al.* (2015) expõe que novos desafios de gerenciamento surgem conforme as construções se tornam mais ousadas. A crescente demanda por qualidade e desempenho compele a compartimentação de disciplinas para departamentos especializados (MACHADO; VILELA, 2020). No modelo de construção tradicional, a incorporação tardia da equipe de sistemas hidrossanitários na etapa de planejamento, agravada pela falta de uma metodologia de gerenciamento consistente, acarretam em falhas de projeto e inconsistências entre as várias disciplinas (LIMA, 2016). Arantes (2003), por sua vez, associa as falhas de projeto para Sistemas de Hidrossanitários Prediais (SHP) como geradores de não conformidades nas edificações, uma vez que vazamentos, baixa qualidade de escoamento e geração de odores não são raros de se encontrar.

Diante do exposto acima, a implementação da metodologia BIM no processo de concepção de projetos de sistemas hidrossanitários se apresenta como uma alternativa para a solução de problemas de compatibilização, falta de engajamento em etapas iniciais, falhas na comunicação entre as partes interessadas e distanciamento com a realidade da execução (LIMA, 2016). No entanto, a revisão literária apresentou lacunas no modelo de fluxo de trabalho específico para essa modalidade de projeto. Os estudos existentes contemplam modelos genéricos a serem implantados por quaisquer sistemas (arquitetura, estrutura e outros), de forma que a aplicação

de tais modelos no contexto das instalações hidráulico-sanitárias despreza as singularidades do processo de concepção do projeto.

A relevância do presente trabalho de conclusão de curso é centrada na análise da aplicação de metodologia BIM no contexto dos projetos de instalações hidrossanitárias. Nesse sentido, propõe-se um mapeamento do fluxo de trabalho, identificando os agentes envolvidos em cada etapa e caracterizando as atividades a eles associados.

1.3 QUESTÃO DA PESQUISA

Matthews *et al.* (2015) defendem que ter acesso à informação correta, no local correto e no momento necessário condiciona o sucesso de um projeto. Aplicando tal conceito no processo de concepção de projeto hidrossanitário dentro da metodologia BIM, as seguintes questões sustentam o embasamento dessa pesquisa:

Q1: Quais os agentes envolvidos e qual papel desempenham no processo?

Q2: Em quais etapas do processo os agentes estão presentes?

Q3: Quais as informações/ procedimentos com a qual os agentes interagem?

Q4: Em qual fase do processo as informações são necessárias?

Tais questionamentos foram listados através da revisão da literatura, a qual também serviu como referência para o levantamento das informações/ procedimentos listados no Apêndice B.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo analisar o fluxo de trabalho do processo de concepção de projetos hidrossanitários no processo BIM.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Identificar as principais atividades que determinam o processo de elaboração de projetos hidrossanitários;
- Identificar os agentes envolvidos no processo;
- Relacionar as etapas, agentes e atividades que envolvem a elaboração do projeto;
- Propor um fluxograma de processo para elaboração do projeto hidrossanitário em BIM;
- Avaliar e refletir a aplicação do BIM no contexto do desenvolvimento do projeto hidrossanitário.

CAPÍTULO 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse capítulo será realizada uma revisão da literatura afim de aprofundar os conhecimentos do tema estudado. Serão apresentados o conceito de BIM e seu surgimento no contexto da Industria 4.0, bem como sua aplicação no projeto de instalações hidrossanitárias.

2.1 A EVOLUÇÃO DA INFORMAÇÃO NOS PROJETOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

2.1.1 Indústria 4.0

A Terceira Revolução Industrial iniciou-se a partir da década de 50. A bagagem científica adquirida nos processos de industrialização anteriores, juntamente com as inovações tecnológicas oriundas da Segunda Guerra Mundial possibilitaram um grande avanço nos estudos da eletrônica e da informática (PESSÔA; BECKER, 2016). Nesse contexto, a inserção de novas tecnologias mudou a dinâmica do mercado. Segundo Cardoso (2016), a ideia da produção em massa deu lugar a produção por demanda, evitando desperdícios e permitindo a criação de produtos personalizados para mercados específicos. Dessa forma, a necessidade de colaboração entre equipes multidisciplinares ao redor do mundo cria um processo de produção dependente das tecnologias digitais de comunicação (GAITHER; FRAZIER, 2002).

Nesse contexto, o surgimento e popularização da internet caracterizou o começo da chamada Quarta Revolução Industrial, pois permitiu rápida comunicação entre pessoas e equipamentos ao redor do mundo em uma velocidade quase instantânea (CAVALCANTI *et al.*, 2018).

O surgimento do termo “Industria 4.0” se deu em um programa de incentivo a alta tecnologia na Alemanha, durante a Feira de Hannover (Hannover Messe), em 2011. Sob a ótica de Pessoa e Becker (2020), o conceito de Industria 4.0 está relacionado com o uso de computação, processos de gerenciamento e conectividade para o desenvolvimento de uma cadeia de produção interligada. Esse novo conceito tem como finalidade conectar os agentes envolvidos no processo (clientes, fornecedores, transportadores, produtores) de forma que cada etapa de produção tem acesso aos dados da fase anterior e, por sua vez, alimenta a cadeia com novas

informações, que se acumulam em cada fase, resultando em um produto final mais eficiente e assertivo (SILVA JÚNIOR; SANTOS; SANTOS, 2020).

De acordo com Cavalcanti *et al.* (2018), a Indústria 4.0 está apoiada em seis pilares fundamentais, os quais estão destacados no Quadro 2.1 abaixo.

Quadro 2.1 – Princípios da Indústria 4.0.

Princípio	Definição
Interoperabilidade	Capacidade de troca de informações entre sistemas, organizações e pessoas, afim de que possam trabalhar em conjunto.
Virtualização	Acompanhamento remoto de todas as etapas da cadeia de produção.
Descentralização	Capacidade de descentralizar a tomada de decisão, podendo ser feita a distância por mais de um profissional ou através de <i>softwares</i> parametrizados.
Capacidade em tempo real	Acesso a informações em tempo real através de um sistema integrado.
Orientação a serviço	Personalização de sistemas para atender as demandas de um empreendimento específico.
Modularidade	Produção varia com o acoplamento e/ou desacoplamento de partes.

Fonte: Adaptado de Cavalcanti *et al.* (2018).

Conforme exposto no Quadro 2.1, os fundamentos dessa nova dinâmica de mercado são baseados na aplicação de tecnologias de comunicação no setor produtivo. Dessa forma, não somente a informação ganha caráter protagonista, mas também a maneira como ela é aplicada e compartilhada ao longo da cadeia produtiva (PESSÔA; BECKER, 2020).

2.1.2 Construção 4.0

Segundo Dallasega (2018), devido a sua natureza historicamente artesanal, a indústria da construção civil é culturalmente relutante com a aplicação de novos processos e tecnologias. Ainda assim, os preceitos da Indústria 4.0 têm gradualmente entrado na realidade desse mercado (ALALOUL *et al.*, 2019), recebendo até mesmo o nome de “Canteiro de obras 4.0” (BAUMANN *et al.*, 2016) e “Construção 4.0” (CRAVEIRO *et al.*, 2019).

Nessa conjuntura, a Indústria 4.0 tem sido adaptada com tecnologias específicas para a demanda da área (CAVALCANTI *et al.*, 2018). Plataformas baseadas em nuvem são usadas para centralizar dados de fornecedores e transportadoras com os dados do canteiro de obras, afim de que todas as partes interessadas tenham acesso a informações em tempo real dos materiais disponíveis (GONG; AZAMBUJA, 2013).

No campo da robótica, a aplicação da tecnologia de impressão 3D já possibilita a execução de edificações. Nas Filipinas, essa técnica foi utilizada para a construção de uma casa de festas de 130 m², que teve sua estrutura básica modelada em cerca de 100 horas (PORTO, 2016).

A Figura 2.1 registra o processo de modelagem da alvenaria em concreto da referida edificação ainda em fases iniciais.

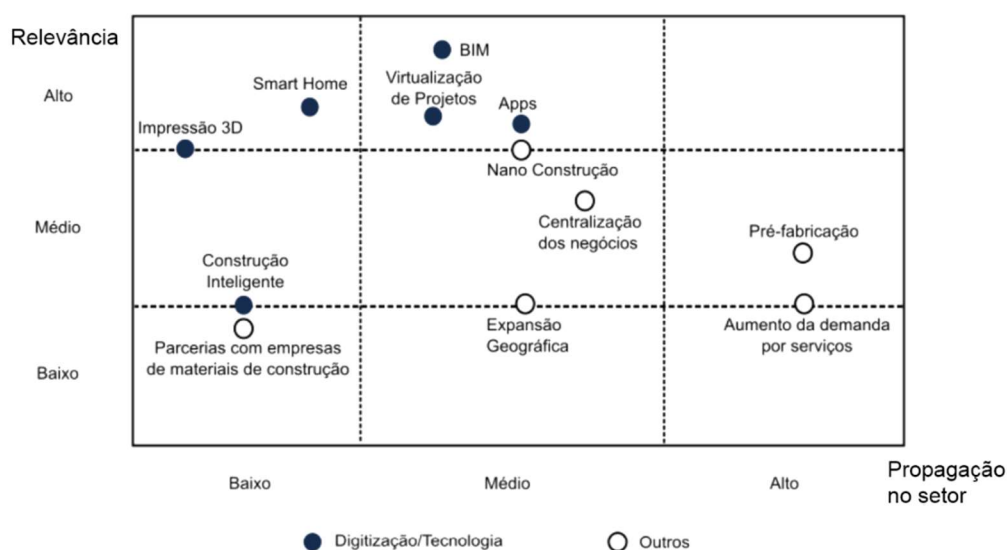
Figura 2.1 – Execução de edificação em impressão 3D.



Fonte: Tablang (2015).

Segundo a análise de Ford e Despeisse (2016), a aplicação desse modelo construtivo possibilita a redução de custos através do uso mais eficiente dos materiais e um melhor controle de qualidade. Usando o cenário da construção civil da Alemanha como referência, Baumanns *et al.* (2016) explicam que as inovações tecnológicas serão protagonistas no futuro da indústria, conforme a Figura 2.2.

Figura 2.2 – Inovações tecnológicas na construção civil alemã.



Fonte: Adaptado de Baumanns *et al.* (2016) e Silva Júnior, Santos, Santos (2020).

Pode-se notar que a figura relaciona os principais pontos de crescimento do mercado de acordo com seus níveis de relevância e propagação no setor. As tecnologias digitais lideram no quesito relevância, sobretudo o que diz respeito a plataforma BIM.

2.2 BUILDING INFORMATION MODELING - BIM

Embora atualmente a metodologia BIM esteja vinculada com princípios da Indústria 4.0, o conceito por trás dessa tecnologia não é atual. Em 1975, Charles M. Eastman apresentou em de seu artigo “*The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design*” a primeira formulação de uma tecnologia computacional em que se integra modelo geométrico 3D com base de dados quantitativos.

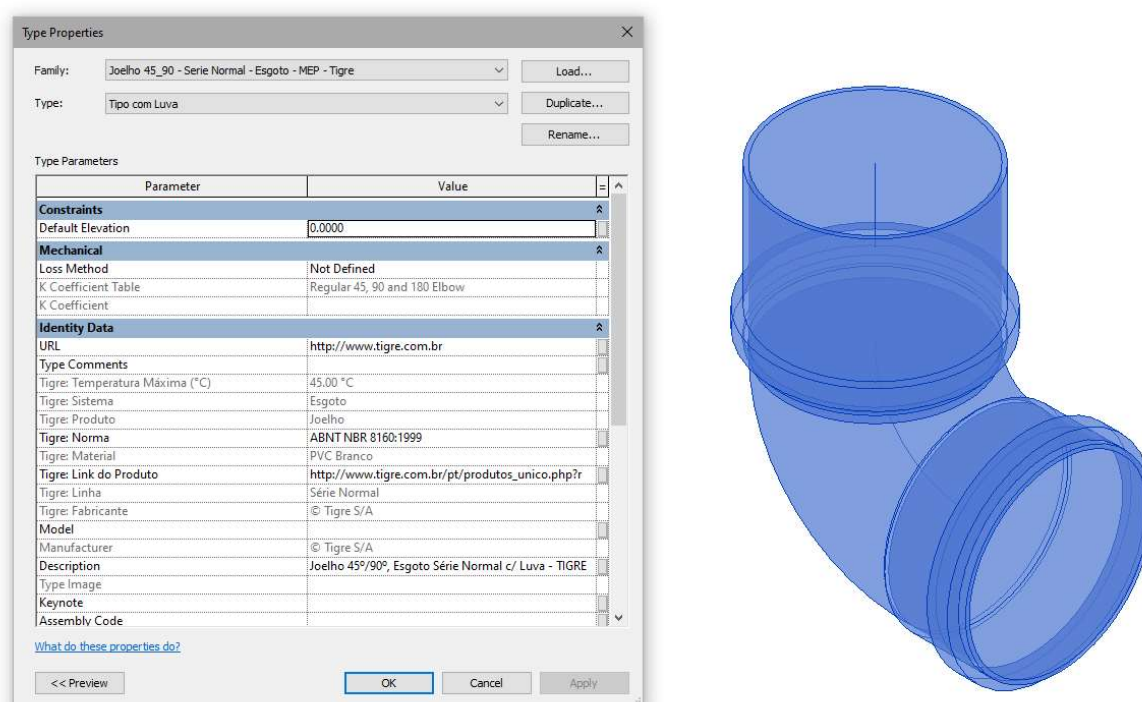
A representação ideal de um edifício para o projeto [...] incorporaria imagens tridimensionais e informações em um formato de fácil leitura e exigiria que qualquer mudança fosse feita apenas uma vez para que seus efeitos completos sejam revelados. Aceitaria mudanças facilmente e forneceria verificação automática de conflitos espaciais [...] facilitaria as análises numéricas (EASTMAN, 1975, p. 46).

No contexto da época, a crescente demanda por especificidades de mercado (segurança, conforto, certificações de qualidade e etc.), bem como a necessidade de um gerenciamento consistente das informações disponíveis, exigiam da indústria da construção civil mecanismos mais eficientes no processo de tomada de decisão (CAMPESTRINI *et al.*, 2015). Á época, o primeiro sistema computacional a conseguir conciliar elementos gráficos e análise de banco de dados foi o *Building Description System* (DBS), no entanto, foi somente em 1984, com a chegada do *software* Radar CH aos computadores pessoais, que a tecnologia BIM ganhou escala (QUIRK, 2012).

Atualmente, podemos definir BIM como uma tecnologia para a concepção de modelos construtivos inteligentes, associada a uma metodologia de processos que permita integrar, comunicar e analisar os dados gerados (EASTMAN *et al.*, 2014; CBIC, 2016a). Nesse sentido, o verdadeiro potencial da plataforma BIM não está no desenvolvimento de uma geometria espacial digital, mas sim nas informações a ela associadas e a maneira como são gerenciadas e utilizadas em momentos de tomada de decisão (SANTOS, 2012). Ainda assim, sob a perspectiva de Brito e Ferreira (2015), os modelos 3D gerados em *softwares* BIM são satisfatoriamente competentes na identificação de conflitos entre disciplinas, além de facilitar a compreensão do projeto como um todo.

Na Figura 2.3 abaixo tem o exemplo de uma conexão de um tubo de esgoto desenvolvido em *software* BIM. Nota-se que a geometria espacial está associada a parâmetros informativos como preço, modelo, código, fabricante e etc. Essas informações compõem um banco de dados que pode ser acessado para a composição de tabelas quantitativas e demais mecanismos que auxiliem na etapa de planejamento (EASTMAN *et al.*, 2014).

Figura 2.3 – Conexão sanitária modelada em *software* BIM.



Fonte: Autoria própria (2022).

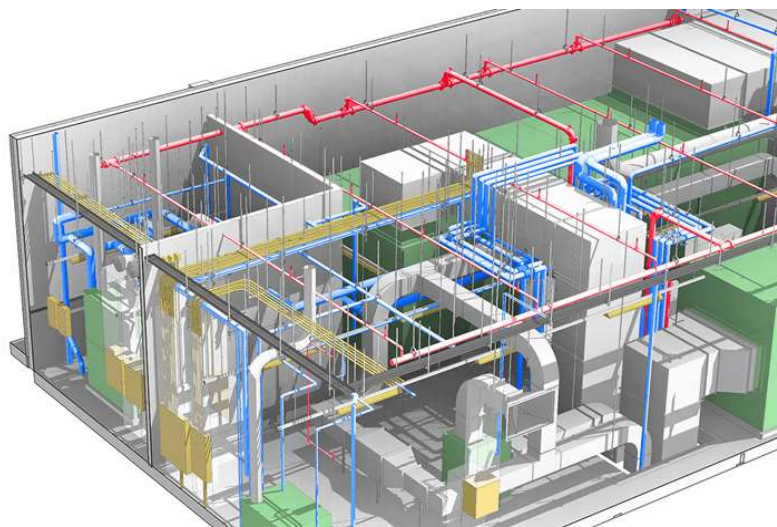
Sob o olhar de Santos (2012), a aplicação de BIM caracteriza uma mudança de paradigma na indústria da construção civil. Até então, a elaboração de projetos tem sido feita através de plataformas bidimensionais e está associada a um baixo nível de informação (CBIC, 2016a). No contexto da construção 4.0, as tecnologias de comunicação, bem como a capacidade computacional possibilitam a construção de um modelo altamente detalhado e rico em dados, que pode ser utilizado em todas as fases do empreendimento (CAMPESTRINI *et al.*, 2015). Dessa forma, o fluxo de informações deficitário característicos dos modelos construtivos tradicionais não é capaz de alimentar essa nova metodologia (BRITO; FERREIRA, 2015). A implantação de BIM no processo de produção representa, portanto, uma revisão completa de toda a cadeia produtiva da construção civil (SANTOS, 2012).

2.2.1 Coordenação e compatibilização de projetos no processo BIM

Segundo os olhares de Machado e Vilela (2020), o desenvolvimento de projetos multidisciplinares na construção civil tem ficado gradualmente mais complexo e, portanto, mais difícil de gerenciar. O aumento da complexidade técnica do escopo exige a delegação dos projetos de cada sistema de uma edificação (elétrica, hidráulica, estrutural e etc.) para equipes técnicas especializadas (PASSOS; LIMA, 2021). No modelo de gestão tradicional, essa descentralização no processo produtivo, agravada por deficiências de comunicação entre os projetistas, resulta em inconsistências entre as disciplinas (CAVALCANTI, *et al.*, 2018). Costumeiramente, essas falhas são descobertas durante a fase de execução, gerando desperdícios financeiros e atrasos no cronograma (RODRIGUES, *et al.*, 2017).

Soares Júnior e Bachim (2020) argumentam que a concepção de um projeto é um processo dinâmico e colaborativo, no qual os agentes especializados realizam análises técnicas conjuntas, afim de validar as soluções mais eficientes. Nesse sentido, as contribuições dos vários profissionais envolvidos não acontecessem de forma individual, uma vez que cada sistema influência direta ou indiretamente nos demais (SANTOS, 2012). Portanto, garantir que as equipes estejam bem integradas torna-se fundamental para o sucesso do empreendimento (CAMPESTRINI *et al.*, 2015).

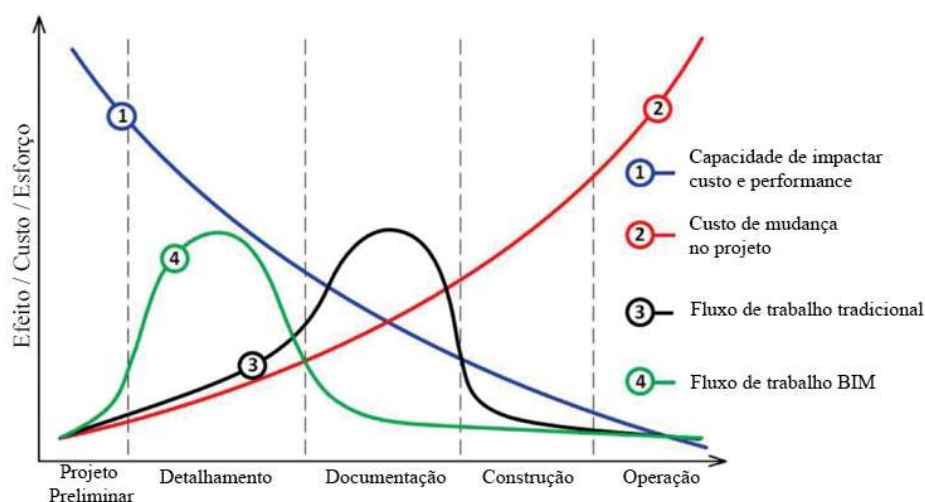
Sob a ótica do BIM, a natureza colaborativa desse processo permite que as partes interessadas sejam integradas em um ecossistema digital (CBIC, 2016b). O uso de tecnologias de armazenamento em nuvem possibilita a criação de uma simulação tridimensional do empreendimento, proporcionando a análise da interação espacial das disciplinas (BRITO; FERREIRA, 2015). Dessa forma, a centralização dos projetos em um modelo compartilhado permite que os sistemas se desenvolvam de forma coordenada. O empreendimento deixa de ser entendido como um conjunto de subsistemas e passa a ser visto como um todo harmonioso e coeso (PASSOS; LIMA, 2021). A Figura 2.4 apresenta a representação tridimensional de um modelo BIM coordenando os diversos sistemas de uma edificação.

Figura 2.4 – Coordenação de disciplinas em *software* BIM.

Fonte: BIMBlog (2020).

Conforme explicado anteriormente, o uso da metodologia BIM na fase de planejamento e concepção de projetos exige uma revisão no fluxo de informações dos modelos construtivos tradicionais. De acordo com Santos (2012), o engajamento antecipado de agentes que normalmente só seriam envolvidos em fases futuras da cadeia produtiva é essencial em um modelo de processo BIM. O alinhamento de interesses entre essas partes, ainda em fase de planejamento, permite um melhor entendimento das expectativas em relação ao produto final e evita que soluções genéricas sejam adotadas nos projetos, tornando-os mais assertivos e condizente com o que será executado (EASTMAN *et al.*, 2014). Campestrini *et al.* (2015) explicam esse conceito através da Curva de MacLeamy representada na Figura 2.5 abaixo.

Figura 2.5 – Curva de MacLeamy.



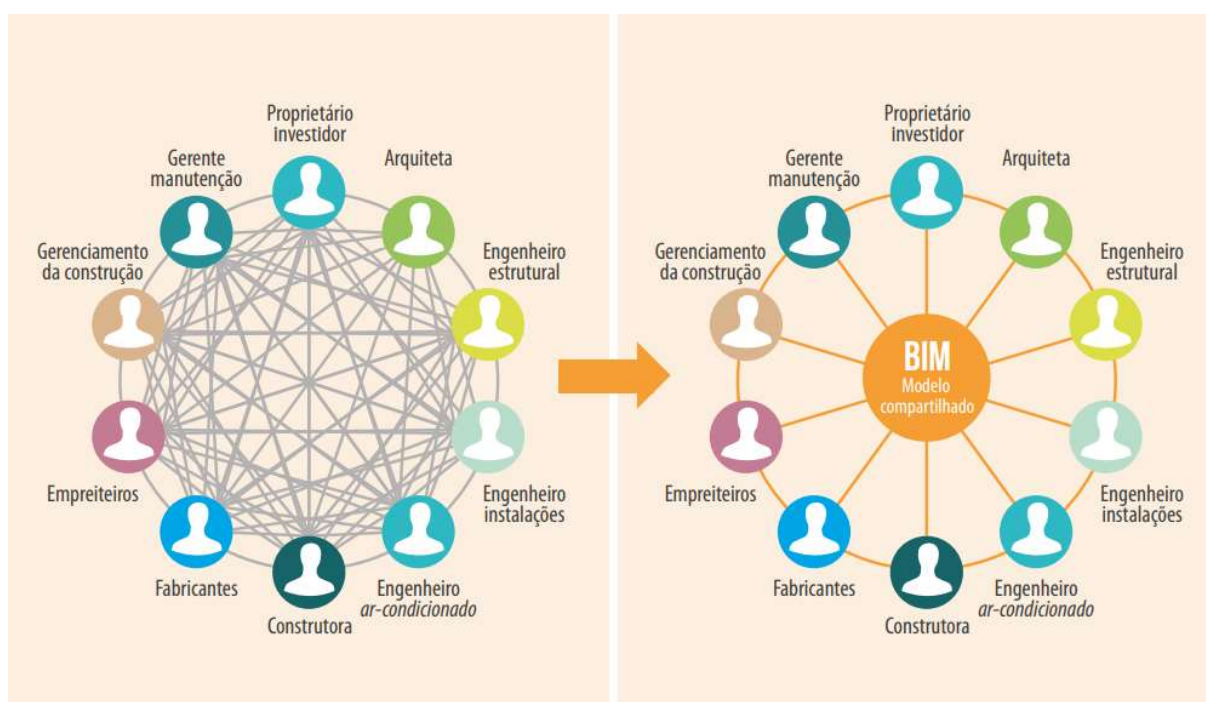
Fonte: Adaptado de Campestrini *et al.* (2015).

A Curva evidencia que a maior capacidade de realizar grandes alterações no empreendimento e com menor impacto financeiro se encontra no começo da etapa de projeto. Nesse sentido, a metodologia BIM propõe a centralização das tomadas de decisões logo nessa fase, minimizando os custos da obra e garantindo um fluxo de informações mais eficiente.

De acordo com a CBIC (2016b), a criação de um modelo BIM compartilhado centraliza os dados do empreendimento, permitindo que todas as partes tenham acesso às informações mais atualizadas e evitando que as mesmas se percam durante o fluxo do projeto. Dessa forma, equipes de planejamento e execução trabalham de maneira integrada, possibilitando a solução de problemas ainda em fase de planejamento e auxiliando em momentos de tomada de decisão (CBIC, 2016a).

A Figura 2.6 compara os modelos de gerenciamento de projeto tradicional com o modelo de gerenciamento em BIM. À esquerda, o processo descentralizado se dá através do compartilhamento de informações é feita majoritariamente entre partes específicas. No processo BIM, à direita, os dados do projeto são inseridos no modelo a qual todos têm acesso.

Figura 2.6 – Centralização da informação no processo BIM.



Fonte: CBIC (2016b).

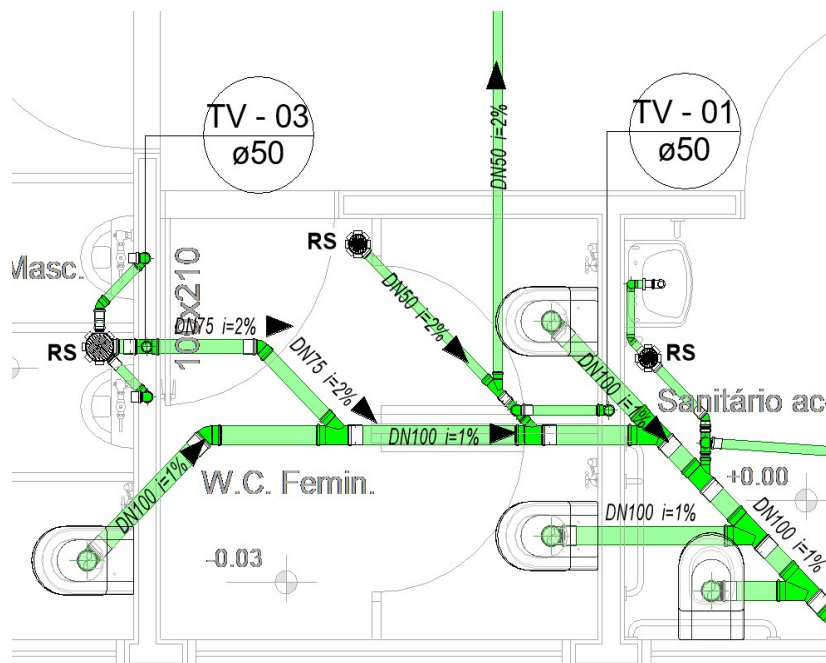
2.3 PROJETO DE INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS

De maneira prática, Carvalho Júnior (2014) estabelece que o Sistema de Instalações Hidrossanitárias (SHP) é o responsável pela alimentação adequada de água na edificação, bem como promover a coleta e remanejo correto das águas pluviais e de esgoto, evitando o retorno de gases e o aparecimento de insetos. Arantes (2003) expande essa definição conceituando um projeto de SHP como uma representação gráfica de dimensionamentos específicos dos componentes hidráulicos e sanitários de uma edificação. Nesse sentido, os sistemas hidrossanitários são classificados com base no insumo/ serviço a qual atendem e estão associados a materiais, parâmetros, peças e normas distintas (LIMA, 2016). Nas Figuras 2.7 e 2.8 abaixo pode-se observar a pluralidade de sistemas de um projeto de instalações hidrossanitárias.

Na Figura 2.7 tem-se a representação do traçado do sistema de esgoto sanitário. É notório que os tubos são identificados com seus respectivos diâmetros, inclinação e o sentido do fluxo. Os tubos de ventilação são identificados conforme seu número de ramal e seu tamanho. A Figura 2.8, por outro lado, exemplifica a representação de um traçado de água fria em planta baixa. É

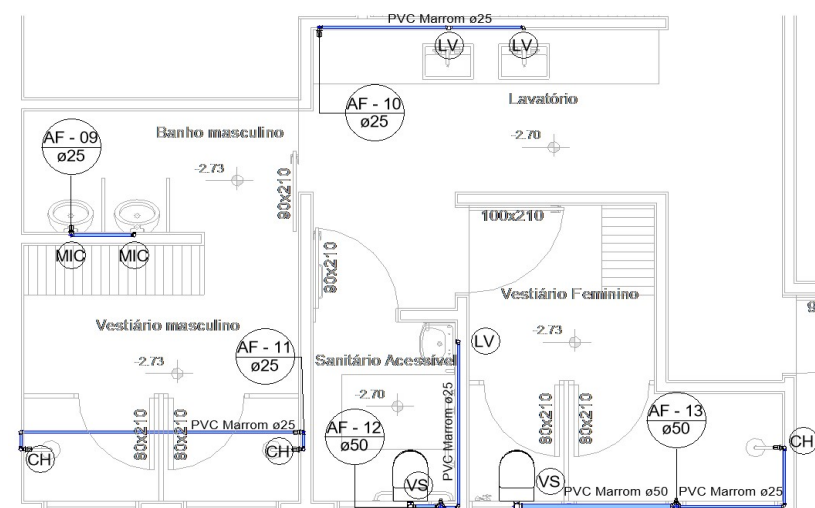
perceptível que os ramais de descida de água são identificados, bem como os pontos de distribuição.

Figura 2.7 – Representação em planta baixa de sistema de esgoto.



Fonte: Autoria própria (2022).

Figura 2.8 – Representação em planta baixa de sistema de água fria.



Fonte: Autoria própria (2022).

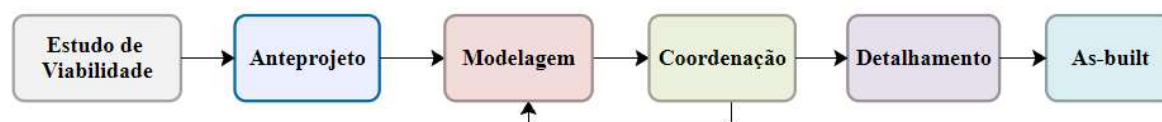
Embora os SHP sejam vitais para o funcionamento de uma edificação, sua integração no processo de planejamento é realizada de forma tardia. Segundo a perspectiva de Lima (2016), no modelo tradicional de projeto, os projetistas desse sistema ingressam no processo de

planejamento somente após a conclusão do projeto arquitetônico, acarretando em problemas de compatibilidade.

Gnipper (2007) complementa essa análise constatando que as falhas na etapa de concepção de um projeto hidráulico-sanitário também ocorrem por falta de comunicação com os agentes responsáveis por outros sistemas prediais (estrutural, elétrico, ar condicionado e etc.). Dessa forma, o projeto de instalações hidrossanitárias é concebido de maneira falha e suas inconsistências são refletidas na etapa construtiva (PASSOS; LIMA, 2021).

No contexto do processo BIM, os estudos de Arantes (2003), CBIC (2016a), Eastman *et al.* (2014) e Lima (2016) constroem um modelo de cadeia produtiva para o desenvolvimento de um projeto hidrossanitário. Na Figura 2.9 foi estabelecida uma metodologia de desenvolvimento de projeto SHP baseada em seis fases de operação. No entanto, esse modelo processual não necessariamente ocorre de forma linear, tendo em vista que as etapas são interdependentes umas das outras e são executadas de maneira integrada (ARANTES, 2003). No Quadro 2.2 apresenta-se a definição de cada uma dessas fases.

Figura 2.9 – Fases de desenvolvimento de projetos de instalações prediais em BIM.



Fonte: Autoria própria (2022).

Quadro 2.2 – Definição das etapas do desenvolvimento de projeto SHP em processo BIM.

Etapas	Definição	Referência
Estudo de Viabilidade	Definição do escopo e parâmetros do projeto. Alinhamento de interesses junto ao contratante e projetistas dos demais sistemas antes da elaboração de projetos. Verificação de informações legais aplicadas ao empreendimento.	Arantes (2003); CBIC (2016a); Eastman <i>et al.</i> (2014); Lima (2016)
Anteprojeto	Elaboração de traçado inicial e dimensionamento do mesmo.	Lima (2016)
Modelagem	Modelagem executiva do projeto e inserção de informações em <i>software</i> BIM.	Eastman <i>et al.</i> (2014); Lima (2016)
Coordenação	Análise espacial da interação com os outros sistemas da edificação. Desenvolvimento de soluções para inconformidades juntamente com outros agentes do processo.	Arantes (2003); Eastman <i>et al.</i> (2014); Lima (2016)
Detalhamento	Elaboração de documentação necessária para a caracterização das obras/serviços a serem executados (projetos, memórias descritivos e etc.).	Eastman <i>et al.</i> (2014); Lima (2016)
As-built	Adequação do projeto a realidade da execução da obra.	Arantes (2003)

Fonte: Autoria própria (2022).

Analisando os conceitos estabelecidos, é perceptível a relação cíclica entre as etapas de Modelagem e Coordenação. Nesse caso, para conclusão da etapa de Coordenação, se faz necessária uma revisão da modelagem executiva em *software* BIM.

CAPÍTULO 3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta o método de pesquisa definido para alcançar os objetivos propostos na pesquisa, listando e detalhando cada uma das etapas do desenvolvimento.

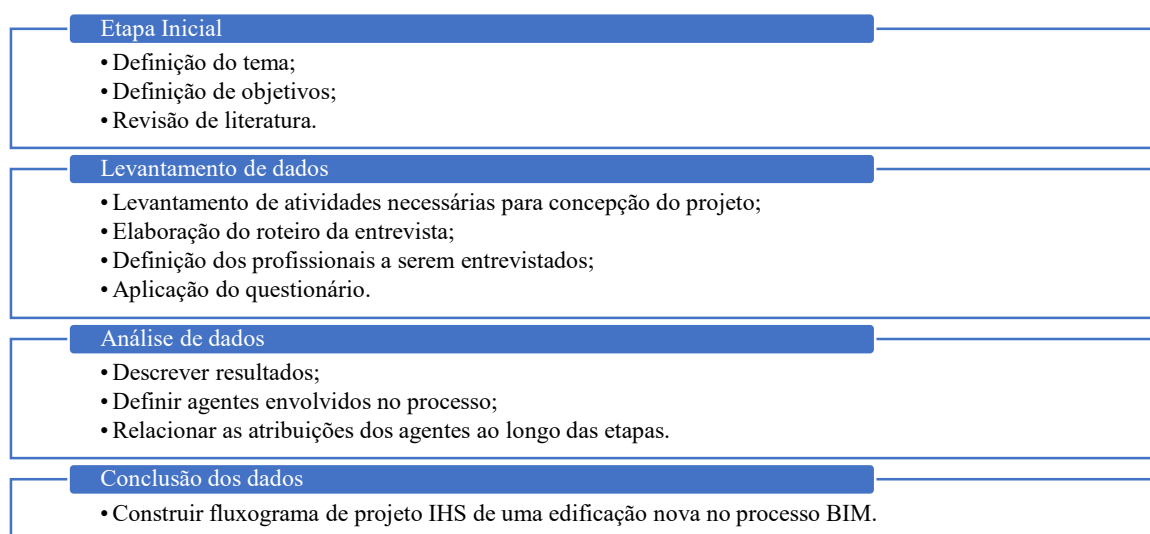
3.1 DESCRIÇÃO DA PESQUISA

A presente pesquisa é caracterizada como pesquisa qualitativa, uma vez que foram analisados dados sociotécnicos do modelo de concepção de projeto no intuito de caracterizar tanto os agentes envolvidos no processo como também o papel que exercem. Dessa forma, as entrevistas realizadas se apoiaram em um roteiro semiestruturado, afim de extrair dados de perfil técnico e estudar o papel das partes envolvidas. Assim sendo, a pesquisa desenvolvida tem caráter exploratória e descritiva.

3.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

As etapas da pesquisa foram adaptadas do estudo de Lima (2016) e podem ser aferidas na Figura 3.1 abaixo.

Figura 3.1 – Etapas da pesquisa



Fonte: Adaptado de Lima (2016).

3.2.1 Etapa Inicial

Para o desenvolvimento da metodologia foi necessária uma revisão da literatura existente, sobretudo com o que está relacionado a BIM, projetos de instalações hidrossanitárias e compatibilização de disciplinas. Tal revisão possibilitou um maior entendimento dos modelos tradicionais de concepção de projeto, bem como a adequação do mesmo dentro do processo BIM. Dessa forma, o modelo de cadeia produtiva de projeto SHP apresentado no capítulo anterior foi utilizado como referência para a definir os agentes do processo e caracterizar o momento em que as informações são requeridas.

3.2.2 Levantamento de dados

O referencial teórico concebido anteriormente viabilizou o levantamento de atribuições necessárias para o desenvolvimento de um projeto de instalações hidrossanitárias em BIM (Apêndice B). Tal levantamento serviu de base para a adaptação do questionário (Apêndice A). Através da aplicação do questionário, os processos listados foram caracterizados com base nos agentes aos quais estão associados e a etapa em que estão inseridos.

Os profissionais entrevistados são agentes já envolvidos no processo de concepção de projetos de instalações hidrossanitárias (projetistas, gerentes, desenhistas, modeladores), seja através do modelo tradicional de desenvolvimento ou pela metodologia BIM. Nesse sentido, os estudos de Lima (2016) contribuíram para a definição de um questionário semiestruturado, de forma a roteirizar as entrevistas com os agentes envolvidos, mas possibilitando que novos questionamentos e discussões surjam durante esse processo. O questionário pode ser conferido no Apêndice A.

As entrevistas ocorreram online entre os meses de agosto e outubro de 2022 através da plataforma Google Meet, permitindo que todas fossem gravadas. Com um total de 14 participantes, as entrevistas tiveram uma duração média de 1h 45min e os principais tópicos e discussões foram registrados digitalmente na plataforma Microsoft Excel.

3.2.3 Análise de dados

Através das respostas obtidas, os agentes envolvidos no processo puderam ser definidos com base na função que exercem dentro do processo. Além disso, as atribuições listadas no Apêndice

A foram caracterizadas com os agentes (já definidos anteriormente) aos quais estão associados e a etapa em que ocorrem.

3.2.4 Conclusões

A conclusão dessa pesquisa se deu com a elaboração de um fluxograma para o desenvolvimento de projetos hidrossanitários no processo BIM. Na intenção de validar a aplicabilidade do fluxo de trabalho proposto, um segundo questionário foi elaborado digitalmente através da plataforma Google Forms e enviado por email para os participantes da etapa de entrevistas. Os questionamentos contidos no questionário, bem como a métrica da avaliação, podem ser conferidos no capítulo 4.5.

Por fim, os resultados obtidos foram avaliados e refletidos no contexto dos objetivos inicialmente propostos para a pesquisa.

CAPÍTULO 4 RESULTADOS

Esse capítulo apresenta os resultados obtidos com a aplicação do questionário. Inicia-se com a caracterização dos profissionais entrevistados, juntamente com as empresas as quais estão integrados. Posteriormente são descritos os agentes que compõe a produção do projeto, listando seu papel e caracterizando suas atribuições ao longo do processo. Por fim, é apresentado a proposta de fluxo de trabalho e a validação do mesmo por parte dos entrevistados.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DOS ENTREVISTADOS

A etapa de entrevistas contou com um total de 14 participantes. Tais participantes estavam inseridos em variados cargos e etapas no processo de concepção de um projeto hidrossanitário. O Quadro 4.1 apresenta a caracterização geral dos participantes, relacionando sua formação, cargo e empresa.

Quadro 4.1 – Caracterização de participantes

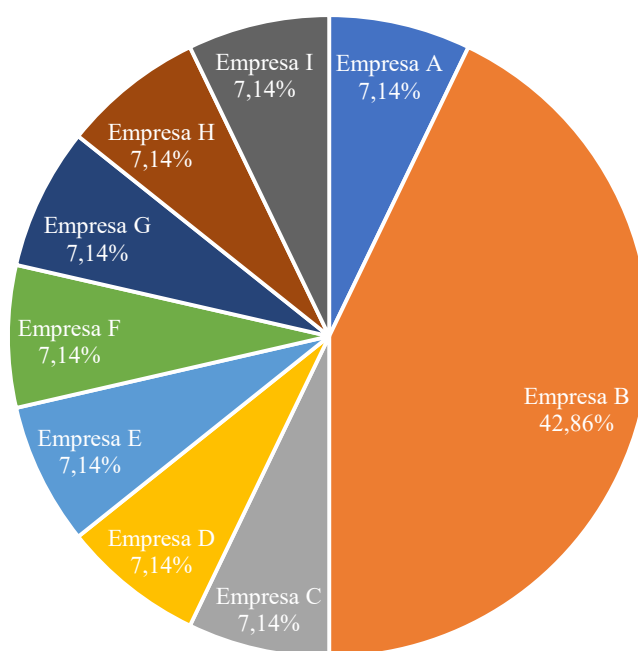
Entrevistado	Formação	Cargo	Empresa
1	Técnico em edificações	Auxiliar de engenharia	A
2	Engenheiro Civil	Modelador	B
3	Engenheiro Civil	Detalhador	C
4	Engenheiro Civil	Diretor de produção	B
5	Técnico em edificações	Projetista	D
6	Engenheiro Civil	Gerente hidrossanitário	E
7	Estudante de Engenharia Civil	Estagiário	I
8	Engenheiro Civil	Projetista	F
9	Engenheiro Civil	Diretor de operação	B
10	Engenheiro Civil	Gerente de produção	B
11	Técnico em edificações	Gerente hidrossanitário	G
12	Engenheiro Civil	Gerente de produção	B
13	Engenheiro Civil	Gerente técnico	H
14	Engenheiro Civil	Líder de equipe	B

Fonte: Autoria própria (2022).

Conforme apresentado acima, os níveis organizacionais dos participantes são variados. Os cargos de Modelador, Detalhador, Estagiário e Auxiliar de engenharia são classificados pelos próprios entrevistados como de baixo nível hierárquico, tendo em vista que estão submetidos a um gerente e não possuem subordinação. Já os cargos de Projetista, Gerente de produção e Líder de equipe estão associados a tarefas de gestão de times, ainda que subordinados a outro agente. Por fim, as funções de Diretor de produção, Diretor de operação, Gerente hidrossanitário e Gerente técnico estão relacionadas a um alto grau hierárquico, uma vez que não possuem superior direto e gerenciam sua estrutura organizacional.

Os participantes estavam distribuídos entre 9 empresas diferentes. A relação percentual de participantes por empresa pode ser conferida na Figura 4.1 abaixo.

Figura 4.1 – Participação percentual de entrevistados por empresa



Fonte: Autoria própria (2022).

O maior número de participantes vindos da Empresa B se deu tanto pela flexibilidade de seu segmento de atuação dentro do processo BIM quanto pela presença de uma estrutura organizacional bem definida. Nesse sentido, a presença de um organograma atribuindo cargos e delimitando funções dentro da empresa possibilitou um maior entendimento dos processos BIM. O Quadro 4.2 apresenta a caracterização das empresas participantes, evidenciando seu segmento de atuação, tipologia dos projetos realizados, tempo de mercado, porte da empresa e a aplicação de BIM no processo de produção.

Quadro 4.2 – Caracterização das empresas

Empresa	Porte	Tempo de atuação	Segmento de atuação	Tipologia dos projetos	Processo BIM	Núm. de entrevistados
Empresa A	10 colaboradores	8 anos	Desenvolvimento de projetos variados e acompanhamento na execução	Residencial e comercial de pequeno e médio porte	Não	1
Empresa B	33 colaboradores	6 anos	Coordenação de projetos e compatibilização em BIM	Comercial, industrial e institucional de médio e grande porte	Sim	6
Empresa C	10 colaboradores	2 anos	Desenvolvimento de projetos variados e acompanhamento na execução	Residencial e comercial de pequeno e médio porte	Sim	1
Empresa D	1 colaborador	5 anos	Desenvolvimento de projetos hidrossanitários	Residencial e comercial de pequeno porte	Não	1
Empresa E	4 colaborador	3 Anos	Desenvolvimento de projetos variados e acompanhamento na execução	Residencial e comercial de pequeno e médio porte	Sim	1
Empresa F	100 colaboradores	22 anos	Desenvolvimento de projetos variados e execução	Residencial e comercial de pequeno e médio porte	Não	1
Empresa G	4 colaboradores	1 ano	Desenvolvimento de projetos hidrossanitários	Residencial, comercial e industrial de médio e grande porte	Sim	1
Empresa H	23 colaboradores	11 anos	Desenvolvimento de projetos hidrossanitários e acompanhamento na execução	Residencial e comercial de médio e grande porte	Sim	1
Empresa I	700 colaboradores	5 anos	Desenvolvimento de projetos variados e execução	Residencial e industrial de pequeno porte	Sim	1

Fonte: Autoria própria (2022).

Conforme apresentado, as empresas participantes atuam sobretudo no setor de projetos, tanto na etapa de concepção quanto na parte de coordenação. Das 9 empresas participantes, 6 delas estão associadas ao processo de produção BIM. Essa caracterização foi feita com base na

própria descrição do participante, mas também foi analisado o grau do gerenciamento e integração de informações no fluxo de trabalho em questão.

No que diz respeito as empresas que não eram adeptas ao processo BIM, suas contribuições foram válidas na caracterização de agentes existentes em ambos os métodos de gerenciamento, como é o caso do Contratante, Construtor Geral, Coordenador do Empreendimento e Projetista Hidrossanitário.

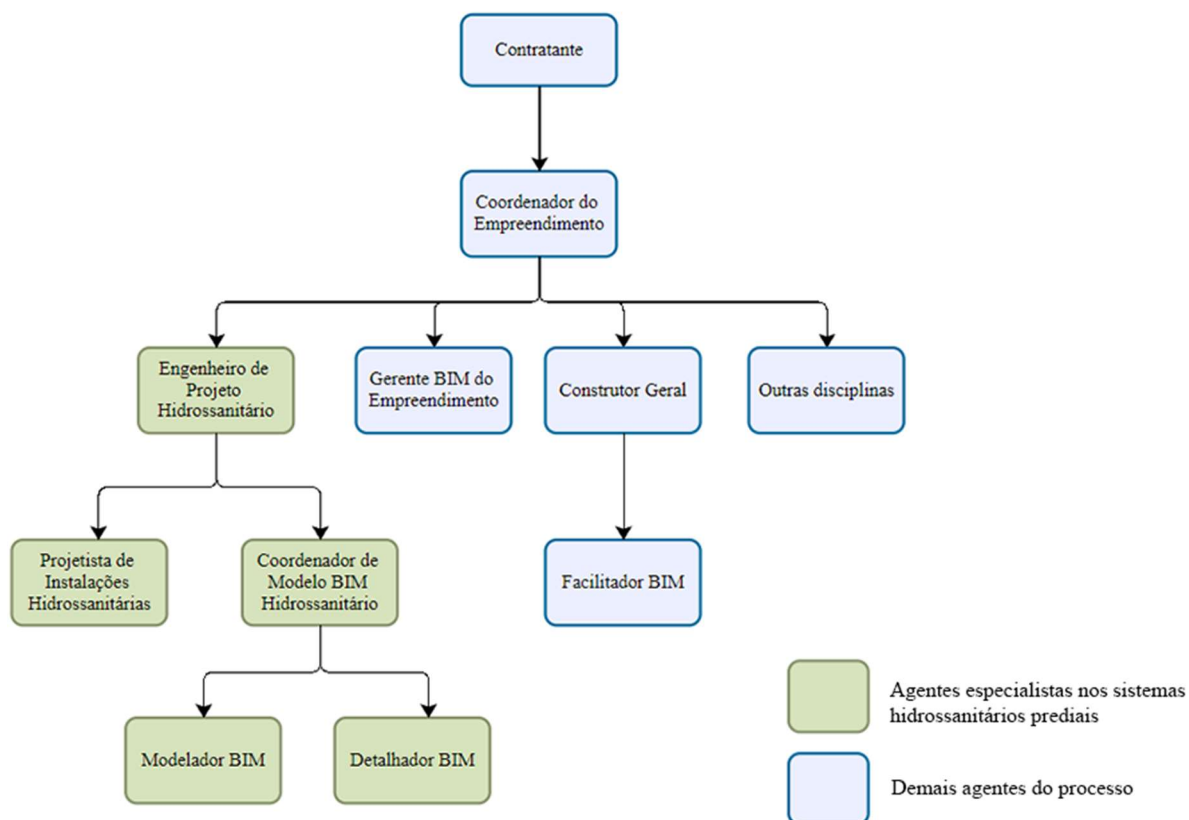
4.2 IDENTIFICAÇÃO DE AGENTES

Durante a análise dos dados coletados nas entrevistas, foram constatados dois modelos de contratação do serviço de projeto de instalações hidrossanitárias. Dessa forma, foram identificados dois modelos de cadeias hierárquicas baseados nessas formas de contratação.

O modelo de contratação definido por Eastman *et al.* (2014) como Projeto-Concorrência-Construção (*Design-Bid-Build* ou DBB) é o método tradicionalmente adotado no Brasil e consiste na separação entre o corpo técnico das equipes de projeto e de execução (FREITAS, 2011). Nesse caso, o Contratante e/ou Coordenador do Empreendimento contrata a equipe responsável especializada para o desenvolvimento do projeto e uma outra equipe à parte para os serviços gerais de execução.

Dentre os entrevistados, apenas os membros da empresa B reconheceram participar de projetos com essa modalidade de contratação. A Figura 4.2 abaixo apresenta o organograma identificado entre os entrevistados para a contratação por esse modelo.

Figura 4.2 – Organograma de agentes no modelo Projeto-Concorrência-Construção.

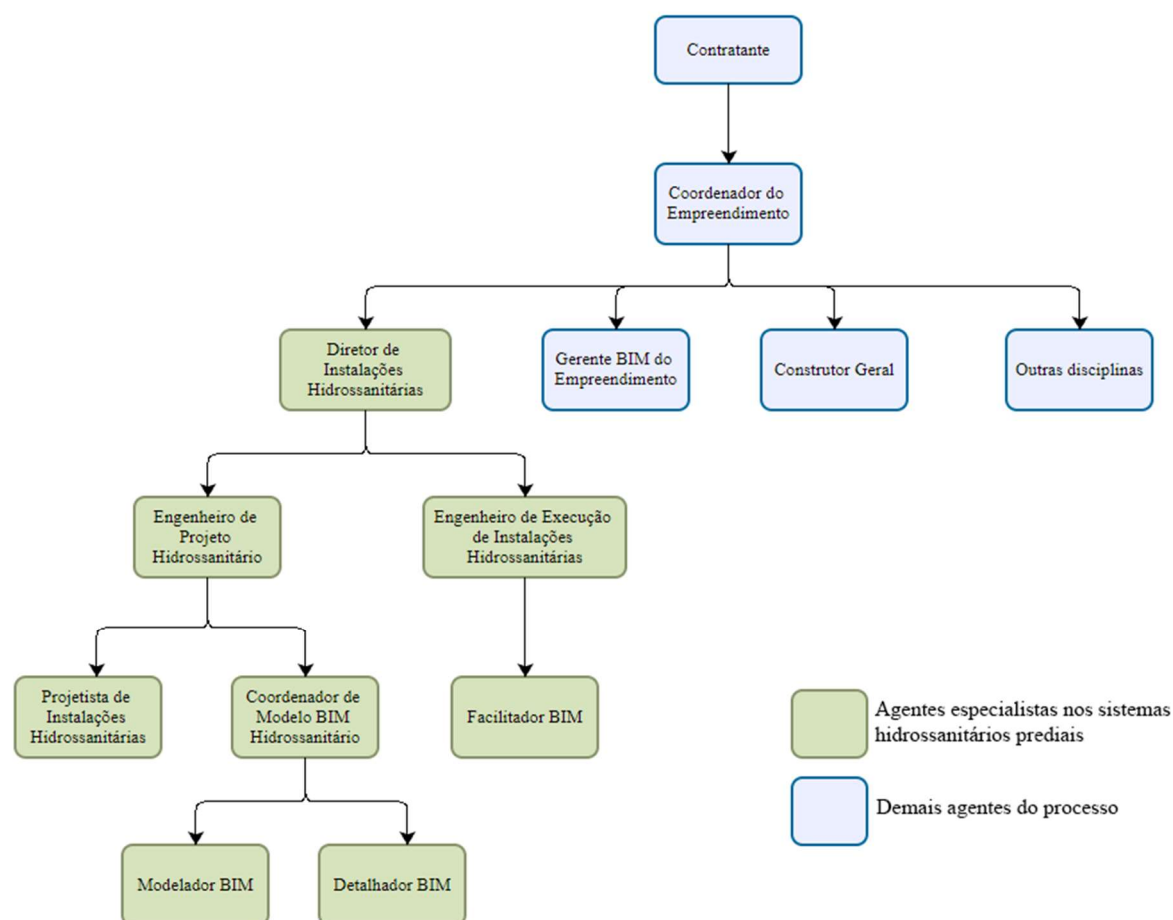


Fonte: Autoria própria (2022).

Conforme exposto na Figura 4.2, o corpo técnico do empreendimento é chefiado pelo Coordenador do Empreendimento, que atuará como representante do Contratante no gerenciamento das equipes especializadas. Especificamente no time das instalações hidrossanitárias, o Engenheiro de Projeto comandará a cadeia produtiva e será o principal elo entre a equipe e as demais partes interessadas do empreendimento.

A cadeia hierárquica representada na Figura 4.3, por outro lado, está relacionada com o modelo de contratação Projeto-Construção (*Design and Build* ou DB). Esse modelo é caracterizado por uma associação entre as equipes de projeto e de execução, de forma que um único contrato é feito entre o cliente e a entidade projetista/construtor (EASTMAN *et al.*, 2014).

Figura 4.3 – Organograma de agentes no modelo Projeto-Concorrência



Fonte: Autoria própria (2022).

A Figura 4.3 acima apresenta o Diretor de Instalações Hidrossanitárias como a entidade centralizadora das equipes deste subsistema. Diferente do que ocorre no modelo anterior, os serviços de projeto e execução dos sistemas hidrossanitários são empreitados por agentes especializados nesse sistema. Dessa forma, o Engenheiro de Projeto estará exclusivamente responsável por coordenar a produção do projeto e o Engenheiro de Execução irá chefiar a equipe especialista desse sistema em campo. Nesse caso, o Construtor Geral ainda pode atuar na execução dos serviços de estrutura, vedação e demais, ainda que não tenha grandes contribuições para o sistema hidrossanitário.

É válido salientar que os agentes identificados em ambos os tipos de contratações, bem como suas funções, foram definidos dentro do escopo das instalações hidrossanitárias, de forma que tais operadores podem existir no fluxograma das demais disciplinas, mas possivelmente com diferentes atribuições.

4.2.1 Modelador BIM

A identificação do modelador BIM pôde ser feita diretamente através dos relatos dos Entrevistados 2, 4, 9, 10, 12 e 14. A presença desse operador também foi relatada pelos Participantes 3, 6, 7, 11, e 13, ainda que suas atribuições estivessem diluídas junto a outras funções.

A principal função do Modelador BIM é a de desenvolver e manipular a modelagem tridimensional em *software* BIM com base no traçado dimensionado pelo projetista hidrossanitário. A modelagem pode ser concebida a partir de um modelo tridimensional básico feito dentro da plataforma BIM ou pode ser feita com base em uma documentação bidimensional (BARISON; SANTOS, 2010). A modelagem desenvolvida por este agente deve levar em consideração a construtibilidade das soluções adotadas e garantir máxima acurácia das informações inseridas no modelo.

Na etapa de Coordenação, o Modelador se torna responsável pelo ajuste da modelagem de acordo com as orientações provindas das reuniões de coordenação com os agentes das demais disciplinas. Os entrevistados 2 e 11 relataram que em alguns casos tinham acesso aos modelos básicos em BIM de outras disciplinas antes da etapa de coordenação e dessa forma realizavam uma modelagem já coordenada do traçado do projetista hidrossanitário. Essa prática, no entanto, não dispensava a necessidade de uma etapa de coordenação, uma vez que o modelo básico nem sempre reflete a realidade do projeto final.

Por fim, na fase de *As-built* o Modelador fica a cargo de alterar o modelo com base na realidade da execução. Os 6 participantes da Empresa B relataram que informações com as alterações feitas na obra podem chegar através de fotos e croquis fornecidos pelo time de execução, mas em casos onde seria necessária uma maior acurácia era utilizada tecnologia baseada em Nuvem de Pontos.

Naturalmente, é exigido do Modelador BIM domínio dos *softwares* de modelagem da plataforma. Os entrevistados 2, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13 e 14 citaram o Revit® como principal ferramenta de modelagem dos processos aos quais estavam inseridos. Também é requisitado a esse agente a capacidade de ler e interpretar documentos técnicos referentes aos projetos que serão desenvolvidos na plataforma. Os Entrevistados 11 e 12 conferem a este operador os conhecimentos dos critérios de modelagem do BIM Mandate definidos para o projeto, bem como uma noção básica das práticas executivas. Os Entrevistados 4, 10, 11 e 13 definem o BIM

Mandate como o documento que formaliza as diretrizes de modelagem, bem como padrões de nomenclatura e demais procedimentos/informações que auxiliem no desenvolvimento do modelo BIM.

4.2.2 Projetista de Instalações Hidrossanitárias

A presença do Projetista Hidrossanitário no processo foi observada diretamente nos relatos dos Entrevistados 1, 5, 6, 7, 8, 11 e 13. Os membros participantes da Empresa B também confirmaram a existência do mesmo, ainda que não tivessem contato direto com tal agente.

O Projetista Hidrossanitário é o agente responsável pelo desenvolvimento de um traçado para o caminhamento das tubulações da edificação, bem como um dimensionamento que permita a alimentação suficiente e o remanejo correto de águas pluviais e sanitárias (CARVALHO JÚNIOR, 2014; LIMA, 2016). O produto desse agente pode se dar através de uma documentação bidimensional que caracterize o traçado/dimensionamento e/ou uma modelagem tridimensional básica já inserida na plataforma BIM. Nesse último caso, o Entrevistado 2 relatou que, diferente da modelagem executiva produzida em etapa posterior pelo Modelador BIM, a modelagem básica do projetista não tem compromisso com as soluções de construtibilidade que serão executadas na obra e trabalha com um nível de informação mais baixo.

Os Entrevistados 4, 10 e 12 relatam que nas etapas pós dimensionamento inicial ainda cabe ao Projetista validar a capacidade de atendimento das tubulações mediante alterações expressivas que aconteçam no traçado. Além disso, devido ao seu conhecimento dos critérios de dimensionamento, o Projetista também pode atuar orientando o Detalhador na etapa de elaboração de documentos.

É exigido do Projetista Hidrossanitário o conhecimento das normas técnicas vigentes, bem como a de demais legislações aplicáveis ao empreendimento. O Entrevistado 6 citou a NBR 5626 e NBR 8160 para dimensionamento dos sistemas de água fria e esgoto sanitário, respectivamente. O Projetista pode também fazer uso de *softwares* que auxiliem nos cálculos, como é o caso dos Participantes 1 e 8, que revelaram utilizar a plataforma AltoQi Builder® e dos Participantes 3 e 6, que optaram pelo uso de *plugins* internos no Revit®.

4.2.3 Detalhador BIM

O Detalhador BIM é o agente cuja função é elaborar uma documentação capaz de caracterizar o serviço a ser executado. Os objetivos definidos para o empreendimento, bem como suas aplicações legais e padrões de entrega definirão os documentos a serem produzidos.

A presença do Detalhador foi bem definida nas entrevistas com os Participantes 3, 6 e 11. Os Entrevistados 1, 5, 7 e 8 caracterizam as atribuições do Detalhador nos processos que estavam inseridos, ainda que não tivessem um operador exclusivo para tal função. Nos casos dos Entrevistados 2, 4, 12 e 14 o papel de Detalhador também poderia ser exercido pelo Modelador BIM, ainda que essas funções fossem bem definidas e ocorressem em etapas diferentes.

Durante a etapa de Coordenação, os Participantes 11 e 13 relataram que o Detalhador BIM pode estar presente produzindo pranchas que caracterizem a versão mais atual do projeto hidrossanitário. Segundo os entrevistados, o intuito desse procedimento seria uma caracterização mais detalhada do projeto, afim de ser aprovada pelo time de execução, antes que um detalhamento final fosse feito.

De acordo com os relatos dos Participantes 1 e 5, a planta baixa contendo o traçado e caracterização das tubulações (diâmetro, fluxo, inclinação e etc.) é o principal objeto de informação dos projetos que entregavam. O Entrevistado 7 citou que, além da planta baixa, seus projetos careciam de detalhes que viabilizassem a pré-fabricação de determinadas partes dos sistemas hidrossanitários. Os Participantes 2, 4 e 12 também relataram a existência desse tipo de detalhamento em seus processos, ainda que sua necessidade variava de acordo com o método construtivo adotado pelo cliente. Nos casos dos Entrevistados 3, 6 e 11 havia uma demanda também pela entrega de um memorial que caracterizasse os cálculos e critérios de dimensionamentos adotados para os sistemas hidrossanitários. Exceto pelo Entrevistado 5, todos os outros confirmaram a entrega de uma lista com os quantitativos dos materiais necessários para execução dos serviços.

Semelhante ao Modelador, o Detalhador BIM também está presente na etapa de *As-build*, uma vez que a documentação também precisa ser atualizada com as alterações da realidade da construção.

É requerido do Detalhador o conhecimento dos documentos que serão produzidos, bem como suas datas de entrega. Os Participantes 2, 7, 10, 12 e 14 citaram o Revit® como principal

software para elaboração das pranchas técnicas. Os Participantes 6, 11 e 13, além da ferramenta anteriormente citada, também mencionaram sobre o uso do Word® e Excel® para desenvolvimento de memoriais de cálculo e/ou manuais de uso e operação.

4.2.4 Coordenador de Modelo BIM Hidrossanitário

A identificação do Coordenador de Modelo ocorreu nos relatos do Entrevistado 14 e a presença desse operador foi confirmada também pelos Entrevistados 2, 4, 10 e 12. As entrevistas com os Participantes 11 e 13 caracterizavam as funções deste operador distribuídas com os cargos de Gerente técnico e Gerente Hidrossanitário. Barison e Santos (2010) atribuem algumas das funções do Coordenador ao especialista “Gerente de modelo”, mas esclarecem que as incumbências de tal cargo não são consenso na indústria.

O Coordenador de Modelo BIM é o responsável pela administração do modelo hidrossanitário BIM e oferecer suporte nos processos de modelagem e detalhamento. No começo da etapa de Anteprojeto, tal agente é incumbido de configurar os parâmetros do modelo BIM de acordo com o projeto (níveis, orientação do norte, localização e etc.) e administrar a biblioteca de objetos baseada na matriz de materiais (SEBASTIAN, 2009). Os estudos de Barison e Santos (2010) corroboram com os relatos do Entrevistado 14, a qual atribuem também ao Coordenador um papel de modelar geometrias mais complexas que possam exigir o uso de ferramentas de programação. Durante as etapas de Modelagem, Coordenação, Detalhamento e *As-built*, esse agente garante que todos os operadores do modelo hidrossanitário BIM tenham acesso as informações mais recentes. Os Entrevistados 2 e 14 também apontam que o coordenador também pode atuar na revisão dos trabalhos executados pelos Modeladores e Detalhadores, afim de assegurar os padrões de qualidade do projeto.

Devido a necessidade de auxiliar operadores de modelagem e detalhamento, o Coordenador de Modelo Hidrossanitário deve possuir conhecimento aprofundado dos *softwares* que serão utilizados. À vista disso, o Participante 2 atribui a este agente a função de “Modelador Especialista”. Relatos do Entrevistado 14 esclarecem também que esse operador deve possuir um amplo conhecimento dos processos BIM implementados no empreendimento, além de entendimento básico da realidade de execução das instalações hidráulico-sanitárias.

Os Entrevistados 2 e 14 relataram que a este agente é atribuído o uso da plataforma Revit® para modelagem e detalhamento. O uso do *software* Navisworks® para validação de modelagem e análise de interferências também foi listado por esses mesmos entrevistados.

4.2.5 Engenheiro de Projeto de Instalações Hidrossanitárias

O Engenheiro de Projeto de Instalações Hidrossanitárias é o responsável por toda gestão da produção do projeto hidrossanitário e a ponte entre os operadores do modelo BIM IHS e as demais partes interessadas do empreendimento. A identificação desse agente se deu por meio dos estudos de implementação BIM da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2016c) e respaldado pelos relatos dos Entrevistados 1, 2, 4, 7, 10, 12 e 14. Os Participantes 3, 6, 11 e 13 reconheceram a existência do Engenheiro de Projeto, ainda que, nos processos aos quais estavam inseridos também era associado as funções de Projetista. Barison e Santos (2010) diluem algumas das funções desse operador entre os especialistas “Gerente BIM” e “Gerente de modelagem”.

No modelo de contratação Projeto-Concorrência-Construção (DBB), fica a cargo do Engenheiro de Projeto alinhar as expectativas com o Coordenador do Empreendimento e/ou Contratante. Os relatos do Entrevistado 13 atribuem também a tarefa de oferecer consultoria na concepção dos projetos de arquitetura e estruturas, bem como auxiliar na definição dos métodos construtivos a serem adotados. Ainda na etapa de estudo de viabilidade, os Participantes 4, 10 e 12 conferem a esse agente a responsabilidade de planejar a logística de produção do projeto IHS e preparar cronogramas internos da equipe. Já na contratação Projeto-Construção (DB), o Engenheiro de Projeto também pode estar envolvido nos processos listados anteriormente, ainda que auxiliando o Diretor de Instalações Hidrossanitárias.

No que diz respeito ao gerenciamento dos processos BIM, o Participante 11 especifica que esse agente pode atuar, juntamente com o Gerente BIM do Empreendimento e/ou Diretor de Instalações Hidrossanitárias, na elaboração do BIM Mandate.

Durante os processos de dimensionamento e modelagem, o Engenheiro de Projeto é responsável por validar a produção do projeto e atua na assimilação de novas informações/alterações do empreendimento, além de oferecer suporte técnico em momentos de tomada de decisões (BARISON; SANTOS, 2010).

Na contratação Projeto-Concorrência-Construção, os relatos dos Entrevistados 10, 11, 12 e 13 atribuem a função de participar das reuniões de coordenação e gerenciar a incorporação das decisões no projeto IHS. Já modelo Projeto-Construção, os Participantes 10 e 12 afirmam que a presença desse agente nas reuniões pode variar com a demanda do projeto, uma vez que essa não seja uma de suas atribuições diretas.

Na fase de Detalhamento, o Engenheiro fica a cargo de revisar a documentação produzida afim de assegurar os padrões de qualidade. Além disso, o mesmo também é responsável por garantir que as entregas sejam feitas dentro dos prazos estabelecidos.

Por fim, durante o processo de *as-built*, esse agente será responsável por promover a comunicação com o time de campo afim de garantir o entendimento das alterações feitas durante a execução, além de gerir a entrega final do projeto.

O Entrevistado 12 relatou que a necessidade de gerenciar o processo produtivo (cronogramas, definição de equipe, entregas e etc.) exige desse agente experiência com logística de projetos. Além disso, seu papel na definição dos processos BIM que serão aplicados requer experiência na implementação dessa metodologia em outros empreendimentos.

Em razão de seu papel como revisor e orientador da equipe técnica, é exigido do Engenheiro de Projeto amplo conhecimento das normas de dimensionamento, bem como dos *softwares* utilizados e da realidade dos processos executivos desse sistema.

4.2.6 Engenheiro de Execução de Instalações Hidrossanitárias

O Engenheiro de Execução de Instalações Hidrossanitárias é um agente exclusivo do modelo de contratação Projeto-Construção. Os Entrevistados 4, 9, 10 e 12 identificaram a presença do mesmo no processo aos quais estavam inseridos. Devido ao escopo da presente pesquisa, no entanto, a caracterização desse agente aconteceu de maneira limitada e, para tanto, recomendam-se pesquisas focadas na parte executiva.

Segundo o relato dos Entrevistados 4 e 9, o engenheiro é responsável pelo gerenciamento e coordenação do time de execução dos sistemas hidráulico-sanitários. Na etapa de Estudo de viabilidade, tal agente é responsável por prestar consultoria na definição de métodos construtivos a serem adotados e auxiliar na escolha de soluções técnicas. Além disso, o Entrevistado 11 ressalta a importância para integração desse agente na etapa da concepção do projeto hidrossanitário, uma vez que seus conhecimentos executivos possibilitam a aproximação do projeto com a realidade da obra.

Durante a execução, é incumbido ao engenheiro a responsabilidade de gerenciar a elaboração de material que possibilite a realização do *as-built* pelo time de projeto.

4.2.7 Diretor de Instalações Hidrossanitárias

A identificação de um Diretor de Instalações Hidrossanitárias pode ser feita no modelo de contratação do tipo Projeto-Construção. Os Entrevistados 4, 9, 10 e 12 relataram a existência desse agente em projetos no qual esse modelo de contrato era empregado.

A função do Diretor de Instalações Hidrossanitárias é a de administrar todo o escopo desse sistema, seja no âmbito de projeto ou na parte executiva. Além disso, tal agente também é responsável por conectar a equipe de instalações hidrossanitárias (projeto e execução) com as demais partes interessadas do empreendimento.

Na etapa de Estudo de viabilidade, tal operador fica a cargo de estabelecer os primeiros contatos com o contratante e desenvolver o programa de necessidades. Dessa mesma forma, fica a cargo do agente a prestação de assessoria para definição dos métodos construtivos e a elaboração das soluções técnicas a serem adotadas na obra. Ainda nessa fase, o Diretor deve definir os responsáveis pelas equipes de projetos e execução, que trabalharão em contato direto com seus respectivos times para garantir o progresso da produção.

Os relatos dos Entrevistados 4 e 10 afirmam que durante as fases seguintes o Diretor fica a cargo de garantir o cumprimento das metas estabelecidas contratualmente e, em maior grau, atua em momentos de tomada de decisões. Na etapa de coordenação, tal agente trabalha juntamente com o Engenheiro de Projeto IHS nas reuniões com as demais partes interessadas do empreendimento. Nos momentos de entregas de documentos e modelos, o Diretor também atua na conferência dos mesmos.

Em virtude da necessidade de gerenciar equipes de projeto e execução, o Diretor de Instalações Hidrossanitárias deve possuir tanto conhecimento executivo desse sistema quanto dos processos BIM que regem a elaboração do projeto.

4.2.8 Gerente BIM do Empreendimento

A presença de um Gerente BIM pôde ser identificada através dos relatos dos Entrevistados 4, 9, 10, 11, 12, 13 e 14. Os estudos de Barison e Santos (2010), CBIC (2016c) e Messner *et al.* (2021) também estabelecem esse operador e caracterizam seu papel no processo BIM.

A principal função desse agente é a de planejar as soluções BIM que serão adotadas no empreendimento e acompanhar a implementação das mesmas. Ainda em fase inicial, o gerente

BIM é responsável pela produção do BEP (*BIM Execution Plan* ou Plano de Execução BIM). Messner *et al.* (2021) definem BEP como o documento que estabelecerá as metas para implementação BIM no empreendimento, as responsabilidades dos agentes envolvidos no processo e a infraestrutura de *software* e rede que será utilizada. O Participante 10 complementa essa definição ao mencionar que o BEP é um documento vivo e, portanto, pode sofrer alterações mediante as demandas da obra. Além disso, os Entrevistados 2, 10, 11 e 14 explicam que esse agente pode atuar na formalização de um BIM Mandate geral para os projetos e/ou atuar juntamente com os responsáveis de cada disciplina na formalização de um BIM Mandate específico para seus subsistemas.

Os relatos do Entrevistado 11 atribuem também a este operador a função de garantir a aplicação do Plano de Execução BIM em cada etapa da construção. O que garante a efetividade dos processos integrativos e zela pelos padrões de qualidade dos modelos desenvolvidos (CBIC, 2016c).

Na etapa de Coordenação, o Gerente BIM do Empreendimento também pode atuar na centralização dos modelos individuais em um modelo federado geral, possibilitando a visualização da construção como um todo e auxiliando na verificação de interferências entre as disciplinas. Além disso, o modelo único também pode ser entregue em etapas finais junto aos documentos de operação e manutenção da obra.

4.2.9 Coordenador do Empreendimento

A identificação do Coordenador do Empreendimento pôde ser feita através dos relatos dos Entrevistados 11 e 13, o qual confirmaram ter contato direto com esse agente. Os Entrevistados 4 e 9 também confirmaram a existência desse operador, mas afirmaram não ter proximidade com o mesmo.

O papel do Coordenador é garantir a concretização da visão do Contratante e, para tal, atua justamente com as equipes técnicas no planejamento, gestão e execução da obra. Segundo relatos do Participante 11, o contato direto com o Contratante concede a esse agente a autoridade para tomar as principais decisões do empreendimento, seja no âmbito de projeto ou no aspecto construtivo.

De acordo com o Entrevistado 13, o Coordenador do Empreendimento é, tradicionalmente, o primeiro agente a ser contatado pelo Contratante e trabalha junto ao mesmo no processo de

amadurecimento do projeto. Posteriormente, esse operador fica a cargo de contatar e definir os demais responsáveis técnicos da obra (projetistas, construtores, gerentes e etc.).

Ao longo do processo, o Coordenador deverá gerenciar cronogramas, definir metas, montar equipes e fiscalizar o progresso do empreendimento (NÓBREGA JUNIOR; MELHADO, 2013). Durante a etapa de Coordenação, este agente também mediará os conflitos e atribuirá hierarquias para as disciplinas, além de auxiliar as equipes técnicas no desenvolvimento de soluções.

Em ambos os modelos de contratação, tal operador prestará contas diretamente ao Contratante e pode estar presente na preparação e entrega dos projetos finais da edificação.

Devido a necessidade de gerenciar uma enorme variedade de profissionais e a responsabilidade de tomar decisões, o Coordenador do Empreendimento deve possuir uma visão sistêmica de todas as etapas do processo construtivo, principalmente no que está relacionado aos métodos executivos. Nóbrega Junior e Melhado (2013) também especificam que esse agente deve possuir conhecimento de aspectos orçamentários e organizacionais da cadeia produtiva.

4.2.10 Construtor Geral

O papel do Construtor Geral esteve presente nos relatos de todos os participantes da pesquisa. No entanto, apenas os Participantes 6, 7, 8 e 13 relataram contato direto com tal agente.

No modelo de contratação Projeto-Concorrência-Construção (DBB), os entrevistados afirmaram que tal agente é responsável pela execução de todos os projetos elaborados, gerenciando a mão-de-obra empregada e a utilização dos materiais. Já no modelo Projeto-Construção (DB) de contratação, os Participantes 4, 9, 10 e 12 relatam que o Construtor atua na execução da infraestrutura e aspectos gerais da edificação, deixando os sistemas prediais para agentes especializados.

Durante a etapa de Estudo de viabilidade, esse agente auxilia no processo de definição dos métodos construtivos a serem adotados, através de conhecimento das práticas executivas. Além disso, pode também prestar assessoria ao Coordenador do Empreendimento na elaboração de cronogramas e orçamentos.

Nas fases seguintes, os Entrevistados 1, 3, 7 e 8 atribuem ao Construtor a função de assessorar as equipes de projeto na solução de dúvidas, sempre que solicitado. Durante a etapa de

Coordenação, tal agente participará das reuniões com os demais colaboradores no debate e resolução de conflitos de compatibilização, validando a construtibilidade das propostas apresentadas.

No decorrer da execução da obra, o Entrevistado 13 atribui ao Construtor Geral o gerenciamento dos registros das alterações feitas em relação ao projeto hidrossanitário entregue. Posteriormente, ainda fica a cargo do Construtor a validação do *as-built* elaborado pelo departamento de projeto.

4.2.11 Facilitador BIM

A identificação do Facilitador BIM pôde ser feita através dos relatos do Participante 11 e dos estudos de Barison e Santos (2010).

Esse agente tem como objetivo auxiliar a equipe de obra na implementação e uso de ferramentas BIM. Nesse sentido, o Facilitador trabalha no esclarecimento de potenciais dúvidas a respeito do modelo de informações BIM para profissionais ainda não qualificados (BARISON; SANTOS, 2010). O uso de smartphones e tablets no canteiro de obra, possibilita a esse agente manipular o modelo BIM em tempo real, afim de extrair informações e dar suporte em momentos de tomada de decisão.

Ainda na etapa de execução, o Facilitador BIM pode auxiliar o Construtor na produção de registros de *as-built* que serão enviados a equipe de projeto.

O Entrevistado 11 relata que, apesar de pouco comum, o uso de um Facilitador BIM em campo é crescente nos projetos nos quais participa. O emprego desse agente possibilita diminuir a pouca fidelidade do projeto hidrossanitário comparado a realidade da execução, problema este relatado pelos Participantes 1, 5, 6, 11 e 13.

4.2.12 Contratante

O Contratante esteve presente nos relatos de todos os entrevistados. Os Participantes 5, 6, 11 e 13, no entanto, foram os únicos que afirmaram ter contato direto com esse agente.

O Contratante é o criador da demanda do projeto, podendo ser ou não o usuário final da edificação. Segundo os relatos dos Entrevistados 5 e 6, em empreendimentos residenciais de pequeno porte, o Contratante pode estar associado também as funções de Construtor Geral e

Coordenador do Empreendimento. Já em obras de maior porte, os Entrevistados 11 e 13 afirmam que em alguns casos o Contratante pode atuar no gerenciamento da obra juntamente ao Coordenador, e seu contato direto com a equipe técnica pode se dar, sobretudo, em momentos de tomada de decisões. Nas demais entrevistas, o Contratante foi descrito como um agente distante do processo produtivo do projeto de instalações hidrossanitárias.

4.3 PAPEL DOS AGENTES NAS ETAPAS DO PROCESSO

Com base nos relatos dos entrevistados, foi possível estabelecer uma associação entre as atribuições listadas no Apêndice B, os agentes caracterizados anteriormente e as etapas as quais ocorrem.

O Apêndice C apresenta essa relação no contexto do modelo de contratação Projeto-Concorrência-Construção.

Na etapa de Estudo de Viabilidade pode-se observar uma maior concentração de responsabilidades para os profissionais externos a equipe de produção, uma vez que está sendo realizado o planejamento do empreendimento. Em meio a isso, o Engenheiro de Projeto de Instalações Hidrossanitárias é o primeiro especialista desse sistema a entrar no empreendimento, exercendo papel de consultoria nas decisões, analisando as aplicações legais na edificação e planejando a logística interna da equipe de projeto.

Na fase de Anteprojeto, os agentes externos ganham caráter coadjuvante, ao passo que o time de produção começa a trabalhar ativamente no desenvolvimento do projeto. O Projetista de Instalações Hidrossanitárias se torna o protagonista dessa etapa, que irá conceber o traçado das tubulações e realizar os dimensionamentos que serão validados posteriormente pelo Engenheiro de Projeto. Enquanto isso, o Coordenador de Modelo é responsável por preparar o modelo BIM que será usado na fase de Modelagem.

O estágio seguinte é caracterizado pela inserção do Modelador BIM no fluxo de produção. Com auxílio do Coordenador de Modelo, esse agente trabalhará na inserção do anteprojeto dentro do *software* de modelagem BIM, de forma a respeitar as práticas executivas desse sistema. O produto dessa etapa é um modelo BIM de instalações hidrossanitárias validado pelo Engenheiro do Projeto (em alguns casos pelo também Coordenador de Modelo e Projetista) e pronto para ser enviado para coordenação.

Na etapa de Coordenação, os agentes externos voltam a contribuir diretamente com desenvolvimento do projeto. Através de análises espaciais do modelo federado BIM, as inconsistências entre as propostas de projetos dos sistemas prediais podem ser encontradas e solucionadas nas reuniões de coordenação. O Engenheiro de Projeto é o principal veículo entre as alterações solicitadas na coordenação e os agentes que irão efetivar tais mudanças no modelo BIM de instalações hidrossanitárias. Com a aprovação do projeto compatibilizado com as demais disciplinas, a modelagem pode seguir para ser detalhada.

A fase de Detalhamento é caracterizada pela produção de documentação que caracterize a proposta de projeto. O Detalhador BIM é o principal operador dessa etapa e trabalhará na elaboração de pranchas técnicas e memoriais descritivos (variando de acordo com a demanda do contrato). Ao final dessa fase, a documentação será validada e entregue, juntamente com o modelo BIM, para que a execução possa ser iniciada pelo Construtor Geral.

Por último, a fase de *As-built* envolve a participação do Modelador e Detalhador BIM na alteração do projeto hidrossanitário conforme os registros enviados pelo time de obra (o Construtor pode ser auxiliado pelo Facilitador BIM na produção de tais registros). Essa etapa é caracterizada pela revisão da modelagem e documentação e sua entrega final para o contratante.

O Apêndice D, por sua vez, apresenta a associação entre as etapas do processo e as atribuições listadas no Apêndice B, mas aplicadas no contexto do contrato tipo Projeto-Construção.

Nesse modelo, a presença do Diretor e do Engenheiro de Execução de Instalações Hidrossanitárias diluem as responsabilidades do Engenheiro de Projeto e excluem a participação do Construtor Geral no processo. No entanto, a equipe que atua diretamente na produção do projeto (Coordenador de modelo, Detalhador, Modelador e Projetista) mantém suas incumbências.

Na etapa de Estudo de viabilidade, o Diretor será o primeiro especialista de instalações hidrossanitárias envolvido no processo e definirá os agentes que trabalharão no projeto desse subsistema. Auxiliado pelos Engenheiros de Projeto e Execução, o Diretor trabalhará com os demais gerentes no planejamento do empreendimento como um todo.

4.4 REPRESENTAÇÃO DO FLUXO DE INFORMAÇÃO

Com os agentes envolvidos no processo identificados e suas atribuições caracterizadas dentro das etapas do projeto, foi possível a elaboração de uma proposta de fluxograma de trabalho para a concepção de um projeto hidrossanitário dentro do processo BIM. O fluxograma tem como foco o aspecto produtivo do projeto e não tem como objetivo descrever aspectos de orçamentação, negociação e demais.

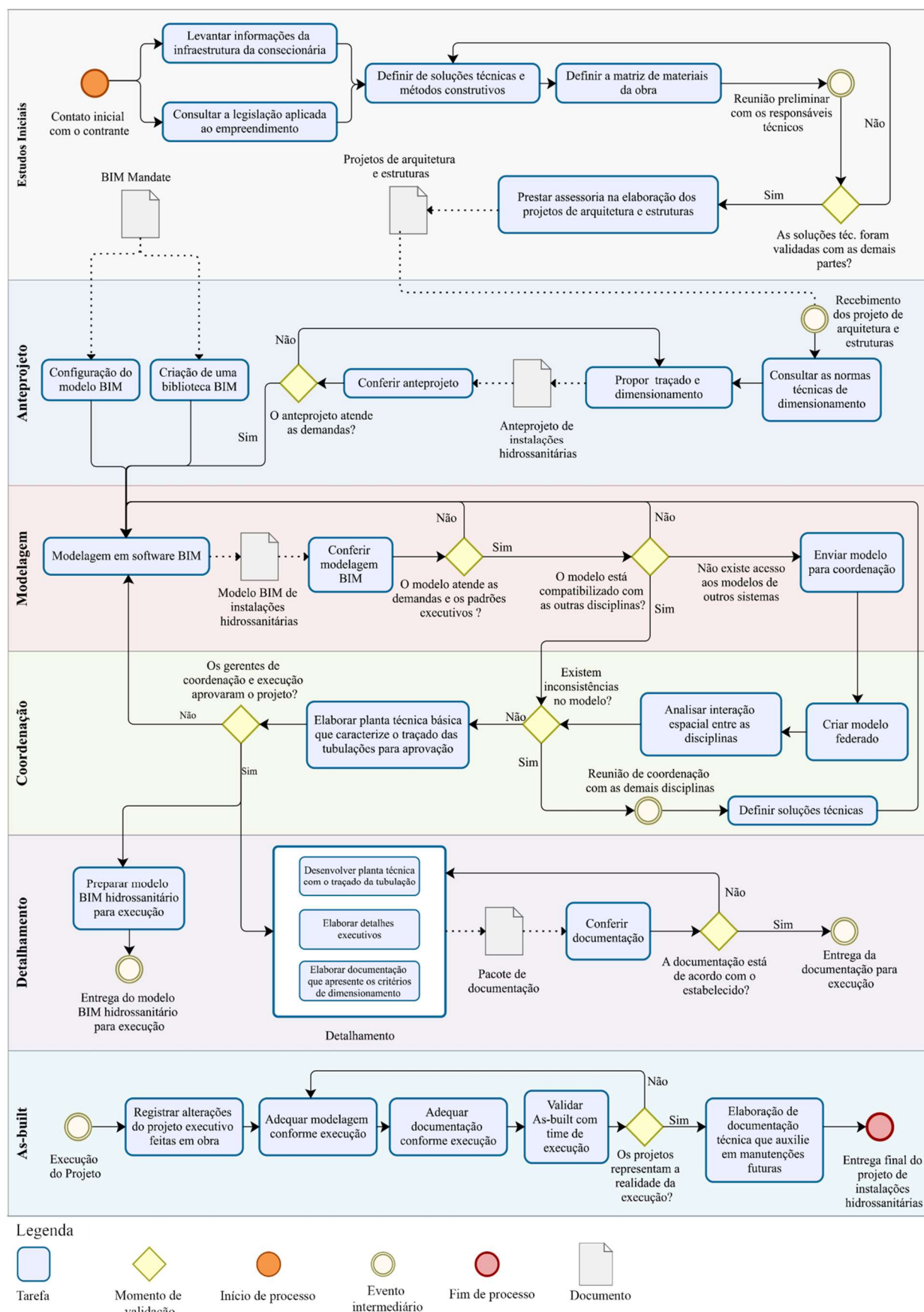
Tal proposta foi desenvolvida com base na lista de atribuições do Apêndice B, as quais estão distribuídas de maneira semi-linear em um roteiro de processo. Algumas das atribuições listadas não estão presentes no fluxograma, visto que ocorrem paralelamente à elaboração do projeto e não estão diretamente associadas a cadeia produtiva.

O fluxograma proposto atende ambos os modelos de contratação (Projeto-Concorrência-Construção e Projeto-Construção), uma vez que o processo de elaboração de projeto será o mesmo para os dois casos, mudando apenas os agentes que estarão associados a cada atribuição. Para consultar a relação dos agentes com suas incumbências ao longo processo de concepção verificar os Apêndices C e D.

Cabe citar que o fluxograma, no entanto foi desenvolvido de maneira a atender os aspectos práticos que envolvem a realidade de um processo de elaboração de projeto hidrossanitário em BIM, mas respeitando os padrões de integração que regem os processos BIM.

A Figura 4.4 abaixo apresenta a proposta de fluxo de processo.

Figura 4.4 – Fluxograma de desenvolvimento de projeto hidrossanitário no processo BIM



Fonte: Autoria própria (2022).

O processo se inicia com o contato inicial com o Contrante e/ou Coordenador do Empreendimento. Nesse momento é feita a análise do quadro de necessidades do cliente e é definido o escopo do projeto. Posterior a isso é realizado um levantamento de informações legais e da infraestrutura da concessionária que irá atender a edificação e, baseado nesses dados, serão definidas as soluções técnicas e a matriz de materiais que serão utilizados. A reunião preliminar tem como finalidade alinhar as expectativas entre as partes interessadas do projeto, bem como integrar o corpo técnico que participará do empreendimento e validar as soluções técnicas que foram definidas. Uma vez que tenha se alcançado um consenso entre as partes, cabe ao responsável pela equipe hidrossanitária prestar assessoria na elaboração dos projetos de arquitetura e estrutura sempre que necessário.

A etapa de Anteprojeto se inicia com o recebimento dos projetos de arquitetura e estrutura. Nessa fase um estudo das normas técnicas será feito no intuito de propor um traçado das tubulações e dimensionamento do mesmo. Cabe citar que nessa etapa também é feito o cálculo de reservatórios e de demais aspectos do projeto que necessitem dimensionamento. Todo esse processo já acontecerá dentro de um *software* BIM, porém, as peças e conexões serão genéricas e a modelagem não terá compromisso com aspectos executivos. Paralelo a isso, é preparada uma biblioteca BIM baseada na matriz de materiais e configurado um modelo BIM que será utilizado na etapa seguinte.

Com a conclusão e validação do anteprojeto (seja em documento bidimensional ou em um modelo dentro da plataforma BIM), a modelagem executiva pode ser iniciada. Nessa fase, aspectos de construtibilidade devem ser observados para elaboração de uma proposta de projeto factível de ser executada.

O modelo BIM de instalações hidrossanitárias elaborado será enviado para o time de coordenação de projetos, e unificado com os modelos BIM dos outros sistemas prediais na criação um modelo único do empreendimento (modelo federado). Essa simulação espacial da edificação será utilizada para análise das inconsistências entre as disciplinas e a solução para tais impasses serão definidas em reuniões de coordenação com as equipes técnicas. As decisões tomadas nas reuniões serão comunicadas a equipe interna do projeto e as alterações serão feitas na modelagem executiva. Dessa forma, um sistema retroalimentado se cria entre as etapas de Modelagem e Coordenação. O fim dessa fase se dá com a eliminação das interferências entre as disciplinas e aprovação da proposta de projeto. Uma planta técnica caracterizando o traçado das tubulações pode ser elaborada no intuito de formalizar essa aprovação.

Posterior a isso, é iniciada a etapa de detalhamento do modelo BIM e documentação do projeto. Será desenvolvido um pacote de documentação contendo a planta técnica com o traçado da tubulação, detalhes executivos do projeto, memoriais com os critérios de dimensionamento adotados e demais documentos que se façam necessários ao empreendimento. Após a validação do pacote de documentação, o mesmo é entregue, juntamente com o modelo BIM hidrossanitário para que o projeto possa ser executado.

Com a finalização da execução, os registros das alterações do projeto executivos realizadas em obra são enviados a equipe de projetos, que deverá adequar a modelagem e posteriormente a documentação. Após a validação do *as-built*, ainda é necessário a elaboração de uma documentação que auxilie na manutenção durante a operação da edificação. O processo é finalizado com a entrega dos documentos e modelo corrigidos para o Contratante e/ou Coordenador do Empreendimento.

4.5 VALIDAÇÃO DO FLUXOGRAMA

Após a elaboração do fluxograma, os entrevistados que estavam inseridos em processos BIM avaliaram a proposta de processo. Na intenção de padronizar as respostas, foi solicitado que respondessem as perguntas com notas de 1 a 5. O Quadro 4.3 apresenta os critérios avaliados.

Quadro 4.3 – Avaliação do fluxograma

Item	Pergunta
1	Consegue identificar no fluxograma o papel que você exerce na elaboração de um projeto hidrossanitário?
2	Consegue identificar no fluxograma o papel que sua empresa exerce na elaboração de um projeto hidrossanitário?
3	Pensando no processo como um todo, o quão semelhante o fluxograma está do processo ao qual você já está inserido?
4	Você considera viável a aplicação desse fluxo de trabalho no seu processo de trabalho?
5	Considera que a aplicação desse fluxo de trabalho proporcionaria mudanças positivas no processo ao qual você está inserido?

Fonte: Autoria própria (2022).

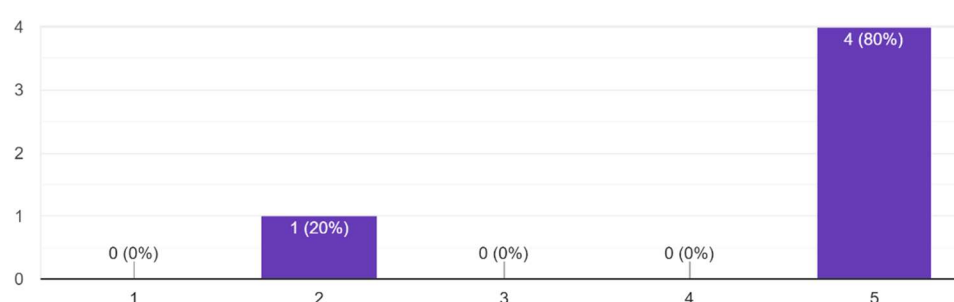
Ainda que a avaliação tenha sido solicitada para todos participantes envolvidos em processo BIM das entrevistas, apenas cinco deles responderam ao questionário.

Conforme apresentado na Figura 4.5, 80% dos participantes conseguiram identificar fielmente no fluxograma o papel que exercem na elaboração do projeto. No entanto, um dos participantes (Entrevistado 3) não conseguiu identificar seu papel com fidelidade. Esse agente justifica tal resposta relatando que tem recebido novas incumbências fora do escopo do projeto hidrossanitário. De maneira geral, o resultado obtido demonstra que o fluxograma consegue refletir os papéis práticos dos agentes.

Figura 4.5 – Respostas obtidas para a pergunta 1

Consegue identificar no fluxograma o papel que você exerce na elaboração de um projeto hidrossanitário?

5 respostas



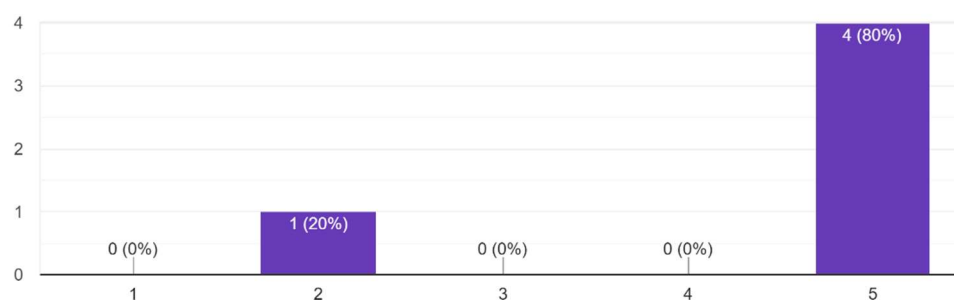
Fonte: Autoria própria (2022).

De maneira análoga, a Figura 4.6 mostra que os resultados da pergunta anterior se repetiram. O Entrevistado 3 explica que o processo de elaboração a qual está inserido não se caracteriza de maneira tão complexa, além de não ser tão bem definido. Ainda assim, as respostas positivas atestam que o fluxograma abrange a realidade prática dos diversos tipos de empresas que trabalham com o processo BIM nesse escopo de projeto.

Figura 4.6 – Respostas obtidas para a pergunta 2

Consegue identificar no fluxograma o papel que sua empresa exerce na elaboração de um projeto hidrossanitário?

5 respostas



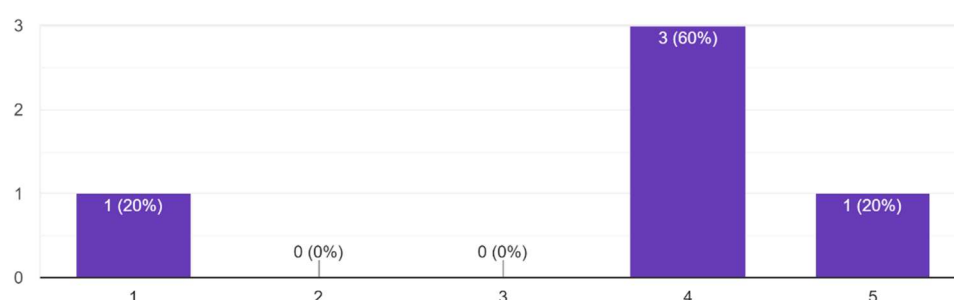
Fonte: Autoria própria (2022).

A Figura 4.7 apresenta os resultados da validação do fluxo de trabalho no processo como um todo. Diferente da pergunta anterior, esse item visa avaliar o fluxograma além da esfera do papel individual dos agentes e da atuação da empresa. Nesse quesito, as respostas ainda se mantiveram positivas e atestam a semelhança da proposta apresentada com a realidade dos processos de elaboração de projetos hidrossanitários. Semelhante aos questionamentos anteriores, o Entrevistado 3 justificou sua avaliação relatando que seu processo não trabalha em um grau tão complexo de informações. Nesse caso, pode-se relacionar a nota baixa com a falta de um gerenciamento BIM eficiente.

Figura 4.7 – Respostas obtidas para a pergunta 3

Pensando no processo como um todo, o quão semelhante o fluxograma está do processo ao qual você já está inserido?

5 respostas



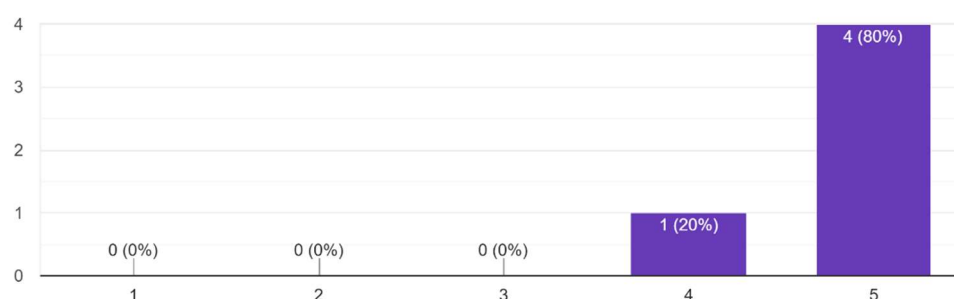
Fonte: Autoria própria (2022).

Conforme apresentado na Figura 4.8, os participantes avaliaram positivamente a aplicabilidade da proposta de fluxo de trabalho nos processos aos quais já estão inseridos.

Figura 4.8 – Respostas obtidas para a pergunta 4

Você considera viável a aplicação desse fluxo de trabalho no seu processo de trabalho?

5 respostas



Fonte: Autoria própria (2022).

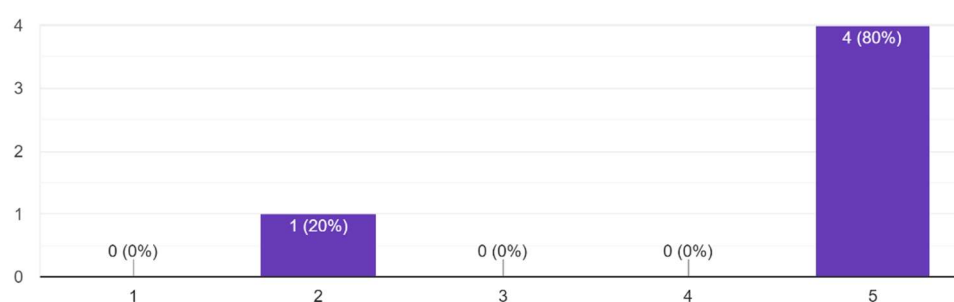
A Figura 4.9 apresenta os resultados para a pergunta 5. Ainda que 80% das avaliações tenham sido positivas, o Entrevistado 4 justifica sua nota explicando que, devido a diversidade de casos de projetos de instalações hidrossanitárias, a aplicação desse fluxo de trabalho poderia não

impactar positivamente. O participante estende essa justificativa ao relatar que as demandas de mercado ocasionalmente exigem que os projetos sejam elaborados sem um número suficiente de informações iniciais e alguns processos precisam ser executados sem a conclusão de alguma etapa anterior.

Figura 4.9 – Respostas obtidas para a pergunta 5

Considera que a aplicação desse fluxo de trabalho proporcionaria mudanças positivas no processo ao qual você está inserido?

5 respostas



Fonte: Autoria própria (2022).

De maneira geral, a avaliação atestou a eficácia da proposta quando observada sob diversas óticas. As respostas negativas podem ser justificadas através dos estudos de Dallasega (2018) que atribuem a cultura conservadora da indústria da construção civil quanto a aplicação de novos processos.

CAPÍTULO 5 CONCLUSÕES

Nesse capítulo são apresentadas as principais conclusões quanto ao cumprimento dos objetivos inicialmente propostos.

O objetivo geral do presente trabalho foi analisar o fluxo de trabalho do processo de concepção de projetos hidrossanitários dentro do processo BIM. Na intenção de alcançar esse objetivo, a pesquisa analisou tal processo a partir da relação entre agentes e procedimentos ao longo das etapas de produção do projeto.

A identificação dos principais procedimentos que determinam o processo de elaboração de um projeto hidrossanitário em BIM pôde ser feita inicialmente através da revisão literária e posteriormente complementada com relatos dos entrevistados. Tais relatos respaldaram as atribuições listadas no Apêndice B e colaboraram com a adição de novas atividades que fazem parte do fluxo de trabalho.

Além disso, a análise das entrevistas possibilitou a identificação de dois modelos de contratação dos serviços para o desenvolvimento do projeto de instalações hidrossanitárias. Tais modelos já haviam sido descritos na literatura existente, mas puderam ser melhor compreendidos ao aplicados nesse contexto. Dessa forma, duas cadeias hierárquicas foram caracterizadas com base no tipo de contratação em vigor. A principal diferença entre elas está na presença de um agente especialista na execução de sistemas de instalações hidrossanitárias e na centralização das equipes de projeto e execução em uma única entidade.

Um total de doze agentes envolvidos no processo puderam ser caracterizados com base no papel que exercem e no grau de responsabilidade de suas atribuições. Ainda que nem todos façam parte da equipe especialista da produção do projeto, todos exercem participação direta ou indireta na elaboração do mesmo e fazem parte do fluxo de informação desse processo.

A caracterização desses agentes possibilitou a análise de suas atividades durante a concepção do projeto. As atividades listadas no Apêndice B puderam, então, ser associadas aos agentes responsáveis e distribuídas nas etapas as quais ocorrem.

Os resultados anteriormente descritos viabilizaram a construção de um fluxograma de trabalho para elaboração de um projeto hidrossanitário pelo processo BIM. Tal fluxograma roteiriza as atividades em um fluxo de trabalho de maneira semi-linear e possibilita o entendimento da interdependência dessas atividades. É válido ressaltar que, o papel dos agentes envolvidos varia conforme o tipo de contratação, ainda que o fluxo de trabalho seja constante para ambos os modelos, mudando apenas os níveis hierárquicos para validação de documentos e modelos.

Analisando as aplicações práticas dos relatos dos participantes, pôde-se perceber que, assim como apontavam os estudos de Barison e Santos (2010), um profissional ficava responsável por exercer a função de mais de um agente aqui descrito. Esse tipo de caso foi observado principalmente em empresas de menor porte, onde, por exemplo, o Projetista realizava também as funções de Modelador e Detalhador, e/ou obras residenciais pequenas, onde o Contratante assume o papel de Coordenador do Empreendimento e Construtor Geral.

Durante a aplicação do questionário, observou-se que em alguns casos não havia um entendimento de BIM como metodologia integrativa, mas sim como uma tecnologia para visualização tridimensional. Nesses casos, a utilização dos *softwares* de modelagem BIM como meras ferramentas de desenho técnico, bem como o uso informações genéricas na composição do projeto resultavam em um distanciamento com a realidade da execução.

Com base nos resultados alcançados nessa pesquisa, conclui-se que, no contexto das instalações hidrossanitárias, um método de gerenciamento consistente de informações está relacionado com a participação de profissionais com diversos tipos de conhecimentos e especialidades. A atuação desses agentes capacitados nos momentos corretos, acrescida a uma estrutura organizacional integrativa, se provam a chave para o sucesso de um projeto hidrossanitário desenvolvido no processo BIM.

REFERÊNCIAS

- ALALOUL, W. S.; LIEW, M.S.; ZAWAWI, N.A.W.A.; KENNEDY, I. B. Industrial Revolution 4.0 in the construction industry: Challenges and opportunities for stakeholders. **Ain Shams Engineering Journal**, p. 225-230, 2019.
- ARANTES, G. A. L. L. **Modelo de Avaliação e Lista de Verificação para Projetos de Sistemas Hidrossanitários Prediais**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- ASSOCIATED GENERAL CONTRACTORS OF AMERICA (AGC). **The Contractor Guide to BIM**. 1. ed., 2011. Disponível em: https://www.engr.psu.edu/ae/thesis/portfolios/2008/tjs288/Research/AGC_GuideToBIM.pdf. Acesso em: 09 abr. 2022.
- BARISON, M. B.; SANTOS, E. T. **An overview of BIM specialists. Proceedings of the International Conference on Computing in Civil and Building Engineering**, 2010.
- BAUMANN, T; FREBER, P; SCHÖBER, K; KIRCHNER, F. **Bauwirtschaft im Wandel: Trends und Potenziale bis 2020**. 2016. 39p.
- BIMBLOG. **BIM Model Quality Check**. 6 jun. 2020. Disponível em: <https://bimblog.net/2020/06/05/bim-model-quality-check/>. Acesso em: 21 jun. 2022.
- BRITO, D. M. de; FERREIRA, E. de A. M. Avaliação de estratégias para representação e análise do planejamento e controle de obras utilizando modelos BIM 4D. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 4, p. 203-223, dez. 2015.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Coletânea Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras: Fundamentos BIM**. 1. ed. Brasília: Gadioli Cipolla Branding e Comunicação, 2016a. v. 1.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Coletânea Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras: Colaboração e integração BIM**. 1. ed. Brasília: Gadioli Cipolla Branding e Comunicação, 2016b. v. 3.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Coletânea Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras: Implementação BIM**. 1. ed. Brasília: Gadioli Cipolla Branding e Comunicação, 2016c. v. 2.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). **Coletânea Implementação do BIM para construtoras e incorporadoras: Fluxos de trabalho BIM**. 1. ed. Brasília: Gadioli Cipolla Branding e Comunicação, 2016d. v. 4.
- CAMPESTRINI, T. F.; GARRIDO, M. C.; MENDES JUNIOR, R., SCHEER, S.; FREITAS, M. do C. D. (2015). **Entendendo BIM** (T. F. Campestrini, Ed.). UFPR - Universidade Federal do Paraná.

CARDOSO, M. de O. **A quarta revolução industrial**. 2016. Monografia de especialização (Especialista em Automação Industrial) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

CARVALHO JÚNIOR, R. Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias: Princípios básicos para elaboração de projetos. 1. ed.: Edgard Blücher Ltda., 2014. v. 1.

CAVALCANTI, V. Y. S. de L. et al. Indústria 4.0: Desafios E Perspectivas na Construção Civil. **Revista Campo do Saber**, v. 4, n. 4, p. 146-158, 2018.

CRAVEIRO, F. et al. Additive manufacturing as an enabling technology for digital construction: A perspective on Construction 4.0. **Automation in Construction**, v. 103, p. 251-267, 2019.

DALLASEGA, P. Industry 4.0 Fostering Construction Supply Chain Management: Lessons Learned From Engineer-to-Order Suppliers. **IEEE Engineering Management**, v. 46, n. 3, p. 45-55, 2018.

EASTMAN, C. M. The Use of Computers Instead of Drawings in Building Design. **AIA Journal**, v. 63, n. 3, p. 46-50, 1975.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM**: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman Editora, 2014.

FORD, S.; DESPEISSE, M. Additive manufacturing and sustainability: an exploratory study of the advantages and challenges. **Journal of Cleaner Production**, v. 137, p. 1573-1587, 2016.

FREITAS, E. M. de. **Modalidades de Contratos para Obras do Setor Varejista**: Uma Análise Crítica. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2011.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração de Produção e Operações**. 8. ed.: Thomson learning, 2002.

GNIPPER, S. F. **Patologias mais frequentes em sistemas hidráulico-sanitários e de gás combustível de edifícios residenciais em Curitiba**, 2007. In: X Simpósio Nacional de Sistemas Prediais. Anais, 29-30 agosto de 2007, São Carlos.

GONG, J.; AZAMBUJA, M. Visualizing construction supply chains with google cloud computing tools. **Proceeding of International Conference on Sustainable Design, Engineering, and Construction**, 2013.

LIMA, C. F. M. **Gestão do processo de projeto hidrossanitário**. 2016. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2016.

MACHADO, R. L.; VILELA, C. Conceptual Framework For Integrating BIM And Augmented Reality In Construction Management. **Journal of Civil Engineering and Management**, v. 26, p. 83-94, 2020.

MATTHEWS, J.; LOVE, P.E.D.; HEINEMANN, S.; CHANDLER, R.; RUMSEY, C.; OLANTUJI, O.A. Real time progress management: Re-engineering processes for cloud-based BIM in construction. **Automation in Construction**, v. 58, p. 38-47, 2015.

MESSNER, J.; ANUMBA, C.; DUBLER, C.; GOODMAN, S.; KASPRZAK, C.; KREIDER, R.; LEICHT, R.; SALUJA, C.; ZIKIC, N. **BIM Project Execution Planning Guide**. Pensilvânia: Computer Integrated Construction Program, 2021. 143 p. Disponível em: <https://psu.pb.unizin.org/bimprojectexecutionplanning/>. Acesso em: 15 out. 2022.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY (NIST). **Cost analysis of inadequate interoperability in the U.S. capital facilities industry**. 1. ed. 2004. Disponível em: <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/gcr/2004/nist.gcr.04-867.pdf>. Acesso em: 06 abr. 2022.

NÓBREGA JUNIOR, C. L.; MELHADO, S. B. Coordenador de Projetos de Edificações: Estudo e proposta para perfil, atividades e autonomia. **Gestão e Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 69-89, 2013. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/62204>. Acesso em: 26 out. 2022.

PASSOS, P. R. de S.; LIMA, I. M. A. O Uso Da Plataforma Bim Na Compatibilização De Projetos da Construção Civil. **Revista Tecnológica**, Santa Cruz do Sul, v. 25, n. 2, p. 9-17, 2021.

PESSÔA, M. V. P.; BECKER, J. M. J. Smart design engineering: a literature review of the impact of the 4th industrial revolution on product design and development. **Research in Engineering Design**, v. 31, p. 175-195, 2020.

PORTO, T. M. S. **Estudo dos avanços da tecnologia de impressão 3D e da sua aplicação na construção civil**. 2016. Projeto de graduação (Bacharelado em Engenharia Civil) - Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

QUIRK, V. A Brief History of BIM. **ArchDaily**, 7 dez. 2012. Disponível em: <https://www.archdaily.com/302490/a-brief-history-of-bim>. Acesso em: 27 maio 2022.

RODRIGUES, K. C.; MESQUITA, H. de C.; EDUARDO, R. C.; PAULA, H. M. de. Mapeamento Sistemático De Referências Do Uso Do Bim Na Compatibilização De Projetos Na Construção Civil. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 13, n. 1, p. 219-239, 2017.

SANTOS, E. T. BIM Building Information Modeling: um salto para a modernidade na Tecnologia da Informação aplicada à Construção Civil. In: Edison Ferreira Pratini; Eleudo Esteves de Araujo Silva Junior. (Org.). **Criação, representação e visualização digitais: tecnologias digitais de criação, representação e visualização no processo de projeto**. 1ed. Brasília: Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, 2012, p. 25-62.

SEBASTIAN, R. Changing roles of architects, engineers and builders through BIM application in healthcare building projects in the Netherlands. **Changing Roles, New Roles, New Challenge**, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/228866971_Changing_roles_of_architects_engineers_and_builders_through_BIM_application_in_healthcare_building_projects_in_the_Netherlands. Acesso em: 15 out. 2022.

SILVA JÚNIOR, Daniel de Souza; SANTOS, Ruan Carlos dos; SANTOS, Ismael Luiz dos. Inovações da indústria 4.0 na gestão de processos na prestação de serviços na construção civil. **Future Studies Research Journal: Trends and Strategies**, São Paulo, v. 12, p. 394-415, 2020.

SOARES JÚNIOR, G. G.; BACHIM, T. A Gestão de projetos Building Information Modelling (BIM) em projetos da Construção Civil no contexto da Indústria 4.0. **Simpósio Internacional de Gestão de Projetos, Inovação e Sustentabilidade**, São Paulo, ed. 8, 2020. Disponível em: <http://submissao.singep.org.br/8singep/arquivos/486.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2022.

TABLANG, K. Manila's Lewis Grand Hotel Unveils The First 3D-Printed Hotel Room. **Forbes**, 28 set. 2015. Forbeslife. Disponível em: <https://www.forbes.com/sites/kristintablang/2015/09/28/lewis-grand-hotel-unveils-first-3d-printed-hotel-room-philippines/?sh=7b2fd3722872>. Acesso em: 21 jun. 2022.

APÊNDICE A – MODELO DE QUESTIONÁRIO APLICADO

1ª ETAPA - DADOS DO ENTREVISTADO	
1. Dados do entrevistado	
1.1	Nome:
1.2	Formação:
1.3	Cargo na empresa:
1.4	Telefone de contato:
1.5	E-mail:
1.6	Data do preenchimento:
2. Dados da empresa	
2.1	Nome:
2.2	Cidade/Estado:
2.3	Tempo de mercado:
2.4	Porte da empresa (número de funcionários/colaboradores):
2.5	Porte dos projetos que a empresa normalmente realiza:
2.6	Em quais tipologias de edificações a empresa normalmente realiza seus projetos?
3. Estrutura organizacional da empresa	
3.1	Qual a composição da equipe técnica que desenvolve os projetos hidráulicos (engenheiros, técnicos, estagiários)?
3.2	A empresa possui um organograma com as funções de cada agente?
2ª ETAPA - PROCESSO DE PROJETO HIDRÁULICO	
4. Análises da elaboração do projeto hidrossanitário	
4.1	Qual o seu papel na concepção de um projeto hidrossanitário?
4.2	Quais os documentos / projetos necessários para a realização da sua função?
4.3	Quando seu serviço começa e termina dentro do processo?
4.4	Quais ferramentas (de software, por exemplo) você utiliza?
4.5	Durante a realização de sua função, com quais agente você tem contato?
4.6	É feita uma reunião preliminar com as demais partes interessadas dos empreendimento (construtora, contratante, projetistas) antes do começo da concepção do projeto?
4.7	Existe uma comunicação entre você e os entre os agentes das demais disciplinas (estrutural, arquitetônico, elétrico e etc.)? Se sim, como ela é feita?
4.8	As decisões que você toma durante a realização de sua função exigem a validação de outros agentes? Se sim, quais?
4.9	Quais documentos você tem contato durante o processo de concepção?
4.10	Quando existe alguma inconsistência nas informações recebidas, qual o procedimento a ser executado?
4.11	Você participa do processo de compatibilização com demais projetos? Se sim, como ele é feito?
4.12	O serviço a qual executa é corrigido ou revisado de alguma forma?
4.13	O projeto arquitetônico precisa ser feito/ revisado devido ao projeto hidrossanitário?
4.14	Normalmente o "as built" do projeto, ou seja, o levantamento da obra depois de construída é realizado? Se sim, você participa desse processo?
4.15	Em quais das seguintes etapas você considerar estar inserido? ()ESTUDO DE VIABILIDADE ()ANTEPROJETO ()MODELAGEM ()COORDENAÇÃO ()DETALHAMENTO ()ASBUILT
3ª ETAPA - BIM	
5. Aplicação de BIM no processo	
5.1	Você já ouviu falar de BIM?
5.2	O que você entende por BIM?
5.3	Considera que o processo de concepção de projeto na qual você está inserido de acordo com a metodologia BIM?
5.4	Quais ferramentas BIM você usa?
5.5	Existe uma biblioteca BIM exclusiva da empresa?
5.6	Antes da execução do projeto, é preparado um modelo com blocos e parâmetros definidos especificamente para o projeto em questão? Se sim, você participa da configuração desse modelo?
5.7	Você participa do processo de definição dos critérios de modelagem BIM de um projeto de instalações hidrossanitárias ?

Fonte: Adaptado de Lima (2016).

APÊNDICE B – LISTA DE ATRIBUIÇÕES NA CONCEPÇÃO DE UM PROJETO HIDROSSANITÁRIO EM BIM

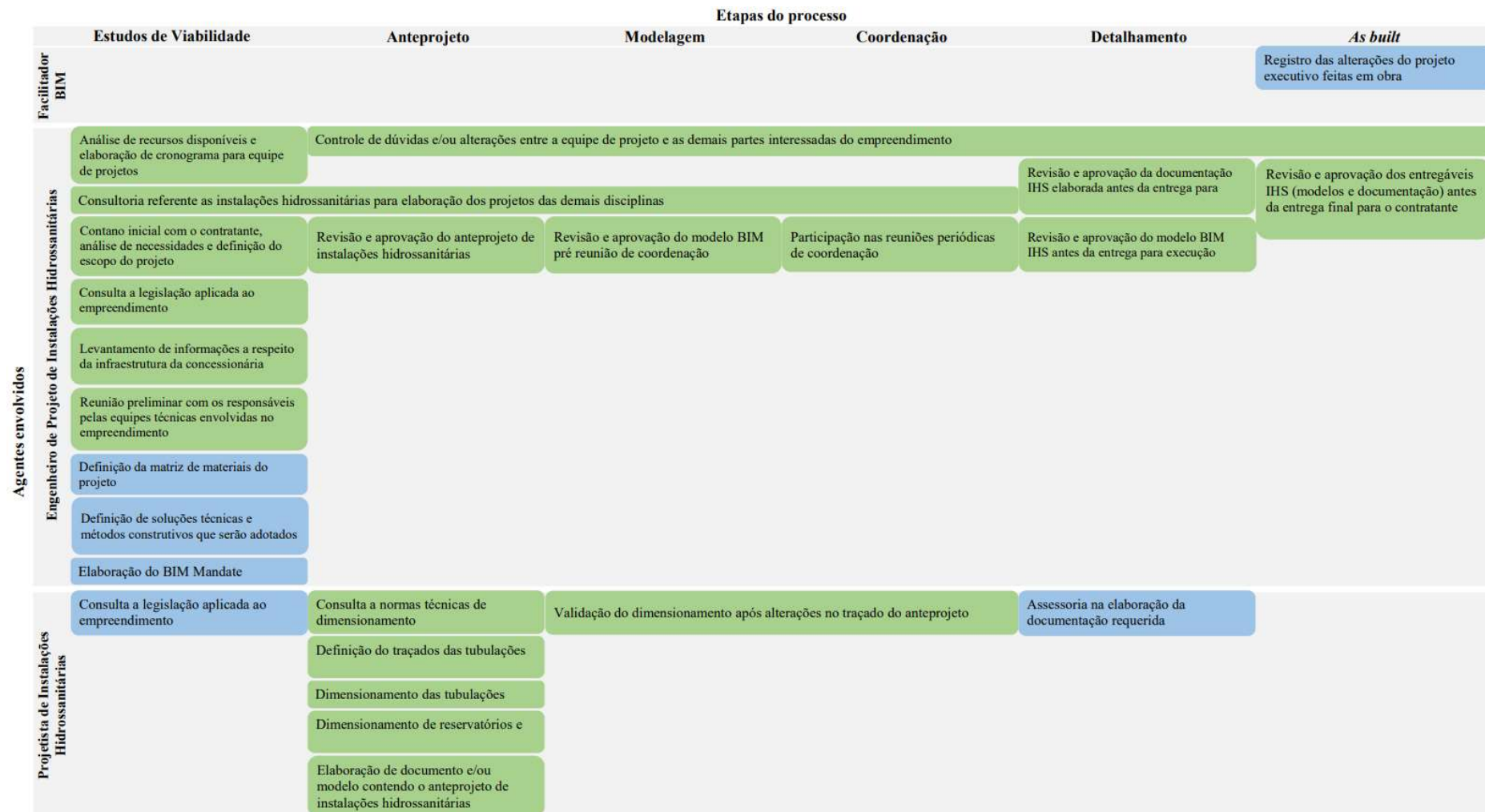
Item	Processo	Referências
1	Adequação da documentação conforme a realidade da execução	Eastman <i>et al.</i> (2014); Entrevistados 4, 10, 11 e 12
2	Adequação da modelagem conforme a realidade da execução	Eastman <i>et al.</i> (2014); Entrevistados 4, 10, 11 e 12
3	Adequação da modelagem conforme reunião de coordenação	Eastman <i>et al.</i> (2014); Entrevistados 10, 11 e 12
4	Análise de recursos disponíveis e elaboração de cronograma interno para equipe de projeto	CBIC (2016d); Entrevistados 4, 10 e 11
5	Análise espacial da interação espacial entre os sistemas da edificação	Brito e Ferreira (2015); Eastman <i>et al.</i> (2014);
6	Aprovação da proposta de projeto IHS	Arantes (2003); Entrevistados 4 e 9
7	Aprovação do modelo e documentos de <i>as-built</i>	Entrevistados 4, 10 e 12
8	Assessoria na elaboração da documentação requerida	Entrevistados 2, 4, 10, 11, 12, 13 e 14
9	Assessoria na modelagem em <i>software</i> BIM	Barison e Santos (2010); Entrevistados 2, 4, 10, 11, 12, 13 e 14
10	Assessoria para equipe de projeto quanto a dúvidas relacionadas a execução	Eastman <i>et al.</i> (2014); Entrevistados 10 e 13
11	Configuração do modelo BIM que será usado na modelagem	CBIC (2016b); Eastman <i>et al.</i> (2014)
12	Consulta a legislação aplicada ao empreendimento	Arantes (2003); Lima (2016)
13	Consulta a normas técnicas de dimensionamento	Arantes (2003);
14	Consultoria referente as instalações hidrossanitária para elaboração dos projetos das demais disciplinas	Arantes (2003)
15	Contato inicial com o contratante, análise de necessidades e definição do escopo do projeto	Arantes (2003); CBIC (2016d); Lima (2016); Entrevistados 4, 9 e 11
16	Controle de dúvidas e/ou alterações entre a equipe de projeto e as demais partes interessadas do empreendimento	Entrevistados 4, 10 e 12
17	Criação de uma biblioteca BIM para dar suporte a modelagem	CBIC (2016b); Eastman <i>et al.</i> (2014)
18	Criação do modelo federado para coordenação de disciplinas	CBIC (2016c)
19	Criação do modelo federado para entrega final do empreendimento	Entrevistado 13
20	Definição da matriz de materiais do projeto	Arantes (2003)
21	Definição de soluções técnicas e métodos construtivos que serão adotados para a edificação	Arantes (2003)
22	Definição do traçado das tubulações	Lima (2016)
23	Dimensionamento das tubulações	Lima (2016)
24	Dimensionamento de reservatórios e afins	Arantes (2003)
25	Elaboração de detalhes executivos	Arantes (2003); Lima (2016)
26	Elaboração de documentação técnica que apresente os critérios de dimensionamento adotados	Arantes (2003)
27	Elaboração de documentação técnica que auxilie em manutenções futuras	Arantes (2003); Eastman <i>et al.</i> (2014); Lima (2016)
28	Elaboração de documento e/ou modelo contendo o anteprojeto de instalações hidrossanitárias	Arantes (2003)
29	Elaboração de planta técnica que caracterize o traçado das tubulações	Arantes (2003)

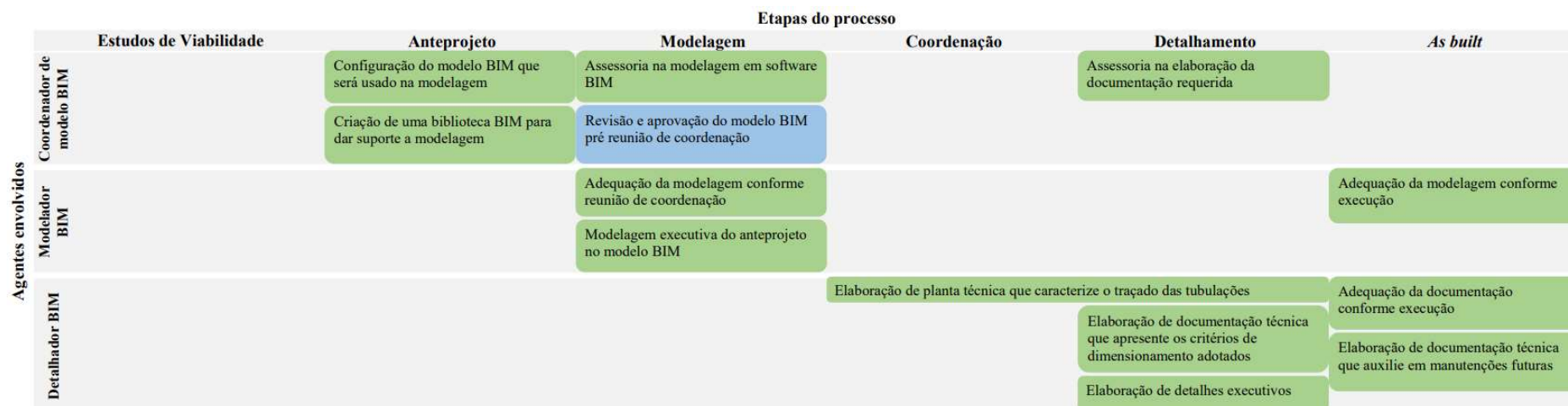
30	Elaboração do BIM Mandate	CBIC (2016c); Entrevistados 4, 10, 11 e 13
31	Elaboração do Plano de Execução BIM	CBIC (2016c); Entrevistados 4, 9, 10, 11, 12, 13 e 14
32	Gerenciamento das alterações feitas em obra em relação ao projeto	CBIC (2016d)
33	Gerenciamento entre as equipes de projeto e de execução	Entrevistado 4, 9 e 12
34	Gerenciamento das reuniões periódicas de coordenação	Entrevistado 10 e 12
35	Levantamento de informações a respeito da infraestrutura da concessionária	Arantes (2003)
36	Modelagem do anteprojeto no modelo BIM	Eastman <i>et al.</i> (2014); Lima (2016)
37	Participação nas reuniões periódicas de coordenação dos projetos	Arantes (2003); Lima (2016)
38	Registro das alterações do projeto executivo feitas em obra	Arantes (2003); Entrevistados 4, 10, 11, 12 e 13
39	Reunião preliminar com os responsáveis pelas equipes técnicas envolvidas no projeto	Arantes (2003)
40	Revisão e aprovação da documentação IHS antes da entrega para execução	Arantes (2003)
41	Revisão e aprovação da documentação IHS elaborada antes da entrega para execução	CBIC (2016d); Entrevistados 2, 4, 10, 11, 12, 13 e 14
42	Revisão e aprovação do anteprojeto de instalações hidrossanitárias	Entrevistados 4 e 9
43	Revisão e aprovação do modelo BIM IHS antes da entrega para execução	CBIC (2016d)
44	Revisão e aprovação do modelo BIM pré reunião de coordenação	Entrevistados 10 e 12
45	Revisão e aprovação dos entregáveis IHS (modelos e documentação) antes da entrega final para o contratante	Entrevistado 10 e 12
46	Supervisão da aplicação do Plano de Execução BIM	CBIC (2016c); Entrevistados 11 e 13
47	Validação do dimensionamento após alterações no traçado do anteprojeto	Arantes (2003); Lima (2016)

Fonte: Autoria própria (2022).

APÊNDICE C – ATRIBUIÇÕES DOS AGENTES NO MODELO DE CONTRATO PROJETO- CONCORRÊNCIA-CONSTRUÇÃO

		Etapas do processo				
		Estudos de Viabilidade	Anteprojeto	Modelagem	Coordenação	Detalhamento
Agentes envolvidos	Coordenador do Empreendimento	Definição da matriz de materiais do projeto	Gerenciamento entre equipes de projeto e execução			
		Definição de soluções técnicas e métodos construtivos que serão adotados para a edificação				
		Reunião preliminar com as equipes técnicas envolvidas no projeto				
		Assessoria para equipe de projeto quanto a dúvidas relacionadas a execução				
	Gerente BIM do Empreendimento	Elaboração do Plano de Execução BIM	Supervisão da aplicação do Plano de Execução BIM			
		Reunião preliminar com as equipes técnicas envolvidas no projeto				
		Elaboração do BIM Mandate				
	Construtor Geral	Assessoria para equipe de projeto quanto a dúvidas relacionadas a execução				Aprovação do modelo e documentos de <i>as-built</i>
						Gerenciamento das alterações feitas em obra em relação ao projeto





Legenda



Atribuição direta do agente

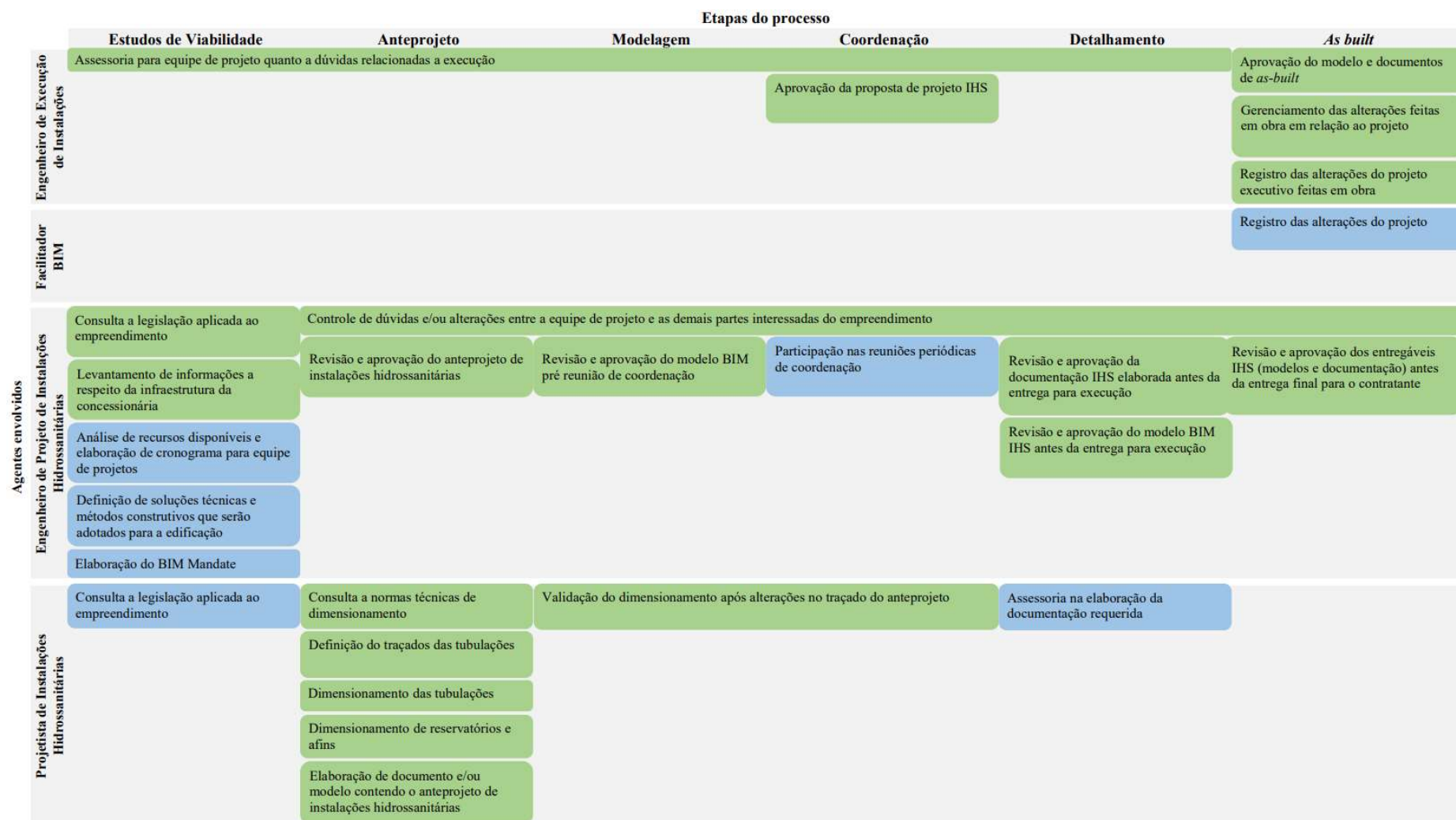


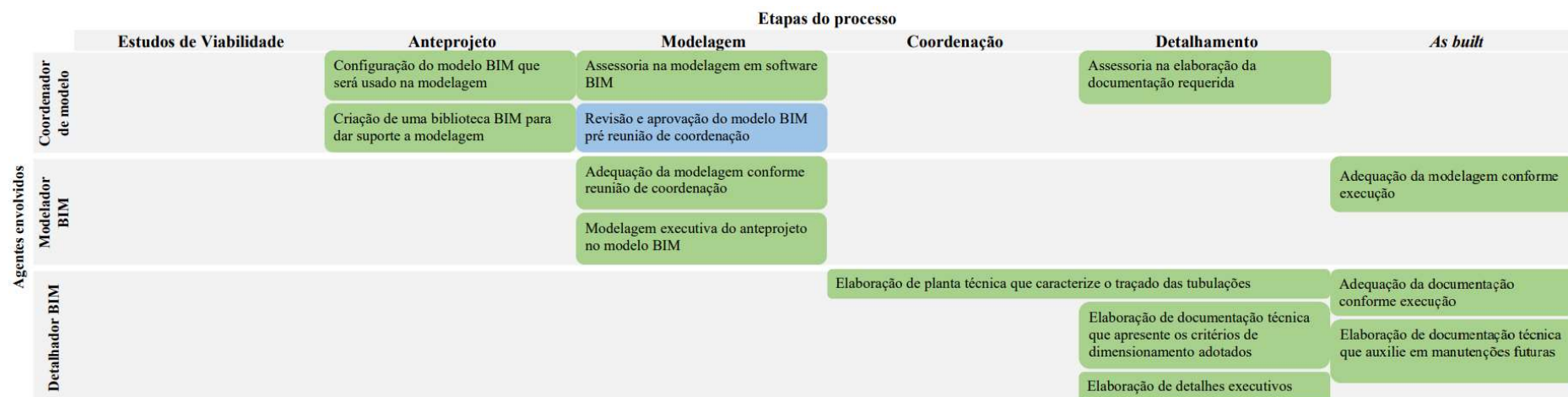
Atribuição na qual pode auxiliar

Fonte: Autoria própria (2022).

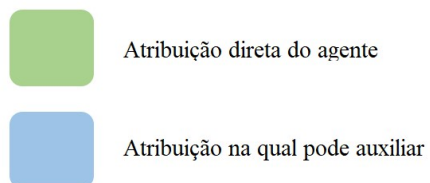
APÊNDICE D – ATRIBUIÇÕES DOS AGENTES NO MODELO DE CONTRATO PROJETO-CONSTRUÇÃO

		Etapas do processo				
		Estudos de Viabilidade	Anteprojeto	Modelagem	Coordenação	Detalhamento
Agentes envolvidos	Coordenador do Empreendimento	Definição da matriz de materiais do projeto			Análise da interação espacial entre os sistemas da edificação	
		Definição de soluções técnicas e métodos construtivos que serão adotados para a edificação			Aprovação da proposta de projeto IHS	
		Reunião preliminar com as equipes técnicas envolvidas no projeto			Participação nas reuniões periódicas de coordenação	
		Assessoria para equipe de projeto quanto a dúvidas relacionadas a execução				Revisão e aprovação dos entregáveis IHS (modelos e documentação) antes da entrega final para o contratante
	Gerente BIM do Empreendimento	Elaboração do Plano de Execução	Supervisão da aplicação do Plano de Execução BIM			
		Elaboração do BIM Mandate			Criação do modelo federado para coordenação de disciplinas	Criação do modelo federado para entrega final do empreendimento
		Reunião preliminar com as equipes técnicas envolvidas no projeto			Gerenciamento das reuniões periódicas de coordenação	Revisão e aprovação dos entregáveis IHS (modelos e documentação) antes da entrega final para o contratante
					Análise espacial da interação geométrica entre os sistemas da edificação	
	Gerente de Instalações Hidrossanitárias	Análise de recursos disponíveis e elaboração de cronograma para equipe de projetos	Controle de dúvidas e/ou alterações entre a equipe de projeto e as demais partes interessadas do empreendimento			
			Gerenciamento entre equipes de projeto e execução			
Diretor de Instalações Hidrossanitárias		Consultoria referente as instalações hidrossanitárias para elaboração dos projetos das demais disciplinas				Revisão e aprovação da documentação IHS elaborada antes da entrega para execução
		Contato inicial com o contratante, análise de necessidades e definição do escopo do projeto	Revisão e aprovação do modelo BIM pré reunião de coordenação	Aprovação da proposta de projeto IHS		Revisão e aprovação dos entregáveis IHS (modelos e documentação) antes da entrega final para o contratante
		Reunião preliminar com os responsáveis pelas equipes técnicas envolvidas no empreendimento		Participação nas reuniões periódicas de coordenação	Revisão e aprovação do modelo BIM IHS antes da entrega para execução	
		Definição da matriz de materiais do projeto				
		Elaboração do BIM Mandate				





Legenda



Fonte: Autoria própria (2022)