



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Natália Ramos dos Santos Rodrigues

**MODELAGEM DE PROCESSOS DE PROJETO BIM PARA O APROVEITAMENTO
DE ÁGUAS PLUVIAIS: VALIDAÇÃO POR MEIO DO PROJETO DO MERCADO
DAS PLANTAS EM BOQUIM/SE**

São Cristóvão/SE
Fevereiro de 2026

Natália Ramos dos Santos Rodrigues

**MODELAGEM DE PROCESSOS DE PROJETO BIM PARA O APROVEITAMENTO
DE ÁGUAS PLUVIAIS: VALIDAÇÃO POR MEIO DO PROJETO DO MERCADO
DAS PLANTAS EM BOQUIM/SE**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Civil da
Universidade Federal de Sergipe como requisito do
título de mestre em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Débora de Gois Santos

Coorientador: Prof. Dr. Marco Antônio Brasiel
Sampaio

São Cristóvão/SE
Fevereiro de 2026

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

R696m Rodrigues, Natália Ramos dos Santos.
Modelagem de processos de projetos BIM para o aproveitamento de águas pluviais: validação por meio do projeto do mercado de plantas em Boquim/SE / Natália Ramos dos Santos Rodrigues; orientadora Débora de Gois Santos. – São Cristóvão, SE, 2026.
124 f.: il.

Dissertação (mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Sergipe, 2026.

1. Engenharia civil. 2. Modelagem de informação da construção. 3. Sustentabilidade. 4. Recursos naturais. 5. Águas pluviais. I. Santos, Débora de Gois, orient. II. Título.

CDU 624

Natália Ramos dos Santos Rodrigues

**MODELAGEM DE PROCESSOS DE PROJETO BIM PARA O APROVEITAMENTO
DE ÁGUAS PLUVIAIS: VALIDAÇÃO POR MEIO DO PROJETO DO MERCADO
DAS PLANTAS EM BOQUIM/SE**

Defesa de dissertação: 24/02/2026



Documento assinado digitalmente

DEBORA DE GOIS SANTOS

Data: 15/04/2026 09:12-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Professora Doutora Débora de Gois Santos

Orientadora – PROEC/UFS



Documento assinado digitalmente

MARCO ANTONIO BRASIEL SAMPAIO

Data: 15/04/2026 18:23:17-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Professor Doutor Marco Antônio Brasiel Sampaio

Coorientador – DEC/UFS



Documento assinado digitalmente

DENISE CONCEICAO DE GOIS SANTOS MICHELA

Data: 15/04/2026 18:14:59-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Professora Doutora Denise Conceição de Gois Santos Michelan

Examinadora Interna – PROEC/UFS



Documento assinado digitalmente

SERGIO SCHEER

Data: 15/04/2026 10:04:58-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Professor Doutor Sérgio Scheer

Examinador Externo – UFPR

São Cristóvão, SE
Fevereiro de 2026

RESUMO

A crescente demanda por projetos e construções sustentáveis evidencia a necessidade de soluções que promovam a eficiência no uso de recursos naturais e aumentem a resiliência do ambiente urbano. Nesse contexto, a metodologia *Building Information Modeling* (BIM) apresenta-se como uma ferramenta estratégica para o desenvolvimento de projetos, ao possibilitar a integração de informações e a incorporação de práticas sustentáveis desde as etapas iniciais do processo projetual. Esta dissertação tem como objetivo propor uma modelagem de processos de projetos BIM utilizando o modelo de notação *Business Process Model and Notation* (BPMN), para o aproveitamento de águas pluviais, de acordo com as normas brasileiras e sistema de certificação, tendo como estudo de caso o projeto do Mercado das Plantas Ornamentais, localizado no município de Boquim/SE. A pesquisa caracteriza-se como exploratória e descritiva, fundamentada no método *Design Science Research*, e compreende: a identificação, na literatura, de lacunas relacionadas à interface entre BIM, sustentabilidade e eficiência hídrica; o levantamento de requisitos normativos brasileiros aplicáveis ao aproveitamento de águas pluviais; a construção de um *checklist* de verificação baseado nas normas técnicas vigentes e nos critérios da categoria Gestão da Água da certificação AQUA-HQE™; e a análise da modelagem dos processos de projeto BIM em seus estados atual e intermediário no escritório responsável pelo estudo de caso. Como resultado, a aplicação da modelagem de estado futuro proposta permitiu validar o atendimento aos requisitos de aproveitamento de águas pluviais no projeto analisado, além de promover a qualificação dos processos internos do escritório de projetos. A pesquisa contribui para a consolidação de diretrizes de sustentabilidade aplicadas ao desenvolvimento de projetos públicos em BIM, evidenciando o potencial da modelagem de processos como instrumento de apoio à eficiência hídrica e à tomada de decisão no setor da construção civil.

Palavras-chave: *Building Information Modeling*; Eficiência hídrica; Modelagem de processos; Sustentabilidade.

ABSTRACT

The growing demand for sustainable design and construction projects highlights the need for solutions that promote efficient use of natural resources and enhance urban resilience. In this context, Building Information Modeling (BIM) emerges as a strategic methodology for project development, as it enables the integration of information and the incorporation of sustainable practices from the early stages of the design process. This dissertation aims to propose a BIM project process model using the Business Process Model and Notation (BPMN) language for rainwater harvesting, in accordance with Brazilian standards and certification systems, using the Ornamental Plants Market project, located in the municipality of Boquim, Sergipe, Brazil, as a case study. The research is characterized as exploratory and descriptive and is grounded in the Design Science Research method. The methodological procedures include: identifying gaps in the literature regarding the interface between BIM, sustainability, and water efficiency; surveying Brazilian regulatory requirements applicable to rainwater harvesting systems; developing a verification checklist based on current technical standards and the Water Management category of the AQUA-HQE™ certification; and analyzing BIM design process models in their current and intermediate states within the design office responsible for the case study. The results indicate that the application of the proposed process future modeling enabled the validation of compliance with rainwater harvesting requirements in the analyzed project, while also contributing to the qualification of the design office's internal processes. This study contributes to the consolidation of sustainability guidelines for public project development using BIM, demonstrating the potential of process modeling as a decision-support tool for improving water efficiency in the construction sector.

Keywords: Building Information Modeling; Water efficiency; Process modeling; Sustainability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - O ciclo PDCA adaptado à gestão da eficiência hídrica	27
Figura 2 - Esquematização das etapas do DSR	30
Figura 3 - Delineamento da pesquisa bibliométrica.	34
Figura 4 - Quantidade de publicações das bases internacionais selecionadas	38
Figura 5 - Quantidade de autores por país de origem	38
Figura 6 - Quantidade de publicações por ano nas bases de dados analisadas.	39
Figura 7 - Sistema de aproveitamento de águas pluviais: (a) captação de água do telhado, calha e primeiro descarte; (b) armazenamento das águas pluviais; (c) reservatório inferior e superior	47
Figura 8 - Organograma do escritório do estudo	48
Figura 9 - Área de intervenção	50
Figura 10 - Estudo para plano de necessidades	50
Figura 11 - Modelo de notação BPMN	53
Figura 12 - Pluviosidade média mensal 2000 a 2023 (em mm) do município de Boquim/SE	55
Figura 13 - Planta de cobertura: setorização da edificação do Mercado das Plantas	56
Figura 14 - Modelagem de processos do Estudo de Viabilidade (Mapa de Estado Atual)	70
Figura 15 - Modelagem de processos do Projeto Básico (Mapa de Estado Atual)	72
Figura 16 - Modelagem de processos do Projeto Executivo (Mapa de Estado Atual)	74
Figura 17 - Modelagem de processos do Estudo de Viabilidade (Mapa de Estado Intermediário)	77
Figura 18 - Modelagem de processos do Projeto Básico (Mapa de Estado Intermediário)	79
Figura 19 - Modelagem de processos do Projeto Executivo (Mapa de Estado Intermediário)	81
Figura 20 - Atividades acrescentadas para aproveitamento de águas pluviais do EV (Mapa de Estado Futuro)	82
Figura 21 - Modelagem de processos Projeto do Estudo de Viabilidade (Mapa de Estado Futuro)	84
Figura 22 - Atividades acrescentadas para aproveitamento de águas pluviais do PB (Mapa de Estado Futuro)	85
Figura 23 - Modelagem de processos Projeto do Projeto Básico (Mapa de Estado Futuro)	86
Figura 24 - Atividades acrescentadas para aproveitamento de águas pluviais do PE (Mapa de Estado Futuro)	87
Figura 25 - Modelagem de processos Projeto do Projeto Executivo (Mapa de Estado Futuro)	88
Figura 26 - Modelo federado	89
Figura 27 - Esquema do sistema de instalações hidráulicas	91
Figura 28 - Dispositivos de captação da água pluvial das coberturas do mercado das plantas	92
Figura 29 - Reservatórios de armazenamento de águas pluviais	94
Figura 30 - Detalhe Isométrico do W.C. Feminino do Garden do Mercado das Plantas Ornamentais	95
Figura 31 - Dispositivos de captação da água pluvial das áreas pavimentadas	96

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparação da eficiência hídrica entre diferentes sistemas de classificação	24
Quadro 2 - Síntese das atividades metodológicas	31
Quadro 3 - Critérios de refinamento das bases para a seleção inicial	34
Quadro 4 - Termos de pesquisa e String de busca	35
Quadro 5 - Teste de aderência nas bases internacionais	35
Quadro 6 - Quantidade de artigos da ANTAC que relacionam BIM e sustentabilidade no período de 2019-2024	36
Quadro 7 - String Definitiva	37
Quadro 8 - Publicações mais citadas	39
Quadro 9 - Categoria abordados nos artigos	41
Quadro 10 - Guia para uso pelo empreendedor para a hierarquização das categorias de QAE em função dos desafios ambientais estabelecidos	44
Quadro 11 - Cálculo do volume demanda hidráulica por ambiente	56
Quadro 12 - Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis	58
Quadro 13 - Frequência de manutenção dos componentes do sistema de águas pluviais	59
Quadro 14 - Síntese das métricas da categoria gestão da água AQUA-HQE™	59
Quadro 15 - Cálculo do volume demanda hidráulica por ambiente	61
Quadro 16 - Informações do empreendimento	64
Quadro 17 - Usos do modelo	65
Quadro 18 - Profissionais envolvidos	65
Quadro 19 - Disciplinas e softwares	66
Quadro 20 - Nomenclatura dos documentos	67
Quadro 21 - Comparação entre MEA (Mapa de Estado Atual) de 2022 e os ajustes para MEI (Mapa de Estado Intermediário).	73
Quadro 22 - Aplicação do checklist: critérios de Viabilidade técnica e econômica	90
Quadro 23 - Aplicação do checklist: critérios de Redução do Consumo	90
Quadro 24 - Aplicação do checklist: critérios de Captação e concepção	92
Quadro 25 - Aplicação do checklist: critérios de reservação e qualidade	93
Quadro 26 - Aplicação do checklist: critérios de segurança e separação dos sistemas	94
Quadro 27 - Aplicação do checklist: critérios de requisitos de informação BIM.	94
Quadro 28 - Aplicação do checklist: critérios de gestão de águas pluviais no terreno	95
Quadro 29 - Aplicação do checklist: monitoramento e Operação	96
Quadro 30 - Recomendações para manutenção do sistema de aproveitamento de águas pluviais	97

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
AIM	<i>Asset Information Model</i> (Modelo de informação do ativo, em português)
AIR	<i>Asset Information Requirements</i> (Requisitos de informação do ativo, em português)
ANTAC	Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
AQUA	Alta Qualidade Ambiental
BCF	<i>BIM Collaboration Format</i>
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
BEAM Plus	<i>Building Environmental Assessment Method</i> (Método de Avaliação Ambiental de Edifícios, em português)
BIM	<i>Building Information Modelling</i>
BIMBR	<i>BIM Brasil</i>
BPMN	<i>Business Process Model and Notation</i>
BREEAM	<i>Building Research Establishment Environmental Assessment Method</i> (Método de Avaliação Ambiental de Estabelecimentos de Pesquisa de Edifícios, em português)
CAD	<i>Computer-Aided Design</i> (desenhos assistidos por computador, em português)
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CDE	<i>Common Data Environment</i> (ambiente comum de dados, em português)
CIB	Conselho Internacional da Construção
DSR	<i>Design Science Research</i>
EAP	Estrutura Analítica de Projeto
EIR	<i>Exchange Information Requirement</i> (Requisitos de troca de informação, em português)
ENARC	Encontro nacional de aproveitamento de resíduos na construção
ENCAC	Encontro nacional de conforto no ambiente construído
ENTAC	Encontro nacional de tecnologia no ambiente construído
EMDAGRO	Empresa de Desenvolvimento agropecuário de Sergipe
EUROELECS	Encontro latino americano e europeu sobre edificações e comunidades sustentáveis
EV	Estudo de Viabilidade
GBI	<i>Green Building Index</i> (Índice de Construção Verde, em português)
IDM	<i>Information Delivery Manual</i> (Manual de entrega da informação, em português)

INSA	Instituto Nacional do Semi árido
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i> (Liderança em Energia e Design Ambiental, em português)
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações
MEA	Mapa Estado Atual
MEF	Mapa Estado Futuro
MEI	Mapa Estado Intermediária
MFV	Mapeamento do Fluxo de Valor
NBR	Norma Brasileiras
NLLC	Nova Lei de Licitações e Contratos Administrativos
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
OIR	<i>Organizational Information Requirement</i> (Requisitos de informação da organização, em português)
ONU	Organização das Nações Unidas
ORSE	Orçamento de obras de Sergipe
PD&I	Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação
PDCA	Planejar, Fazer, Checar e Agir)
PEB	Plano de Execução BIM
PIM	<i>Project Information Model</i> (Modelo de informação do projeto, em português)
PIR	<i>Project Information Requirement</i> (Requisitos de informação de projeto, em português)
SARA SBTIC	Saneamento Ambiental e Reúso de Água Simpósio brasileiro de tecnologia da informação e comunicação na construção civil
SIBRAGEC	Simpósio brasileiro de gestão e economia na construção
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SPDA	Sistema de Proteção contra Descargas Atmosféricas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Justificativa	13
1.2 Objetivos	14
2 REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1 Modelagem da Informação da Construção	16
2.1.1 Estrutura legal	17
2.1.2 Estrutura Normativa	18
2.2 BIM e sustentabilidade	21
2.3 BIM e Eficiência Hídrica	22
2.3.1 BIM e Sistemas de classificação para eficiência hídrica	23
2.4 Diretrizes Normativas para o Aproveitamento de Águas Pluviais	26
3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO	29
3.1 Objeto da pesquisa	29
3.2 Design Science Research e a construção do artefato de pesquisa	29
3.3 Delineamento da pesquisa	30
3.4 Descrição das fases da pesquisa	33
3.4.1 Pesquisa Bibliométrica	33
3.4.1.1 Procedimento metodológico	33
3.4.1.2 Resultados da Pesquisa Bibliométrica	37
3.4.2 Levantamento dos requisitos para o aproveitamento de águas pluviais de acordo com as normas brasileiras	42
3.4.3 Levantamento dos requisitos para o aproveitamento de águas pluviais das certificações de sustentabilidade	43
3.4.4 Checklist de verificação para aproveitamento de águas pluviais	45
3.4.5 Visita técnica para referência de solução	46
3.4.6 Observação das atividades do escritório	48
3.4.7 Análise documental	51
3.4.8 Análise da modelagem de processos BIM atual do escritório	52
3.4.9 Verificação da modelagem de processos de projeto BIM no mercado das plantas ornamentais de Boquim/SE	53
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	55
4.1.1 Requisitos de aproveitamento de águas pluviais aplicáveis na modelagem de processos de projeto BIM	55
4.1.2 Checklist de verificação de Aproveitamento de águas pluviais	62
4.1.3 Análise Documental do projeto	64
4.1.4 Análise da modelagem de processos BIM (Mapeamento de Estado Atual)	68
4.1.5 Análise da modelagem de processos BIM (Mapa de Estado Intermediário)	75
4.1.6 Modelagem do processo de Projetos BIM (Mapeamento de Estado Futuro)	82
4.1.7 Validação do atendimento dos requisitos de aproveitamento de águas pluviais do projeto de Mercado das plantas ornamentais de Boquim/SE	89

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	98
REFERÊNCIAS	100
APÊNDICE A - PORTFÓLIO DOS ARTIGOS SELECIONADOS NO PRIMEIRO MAPEAMENTO: INFORMAÇÕES GERAIS	105

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

O Conselho Internacional da Construção (CIB) aponta a indústria da construção como o setor de atividades humanas que mais consome recursos naturais, gerando consideráveis impactos ambientais. Por isso, existe a busca urgente por práticas que garantam projetos e construções eficientes e sustentáveis em cada fase do ciclo de vida de um empreendimento.

Para a questão de eficiência em projetos, a metodologia *Building Information Modelling* (BIM) se mostra uma aliada, uma vez que possui benefícios como a inserção de informações e parâmetros construtivos, simulação da construção, análises de eficiência, o que possibilita o estudo de cenários diferentes e facilita a tomada de decisões (Sacks et al., 2021).

Uma das principais vantagens da utilização da metodologia BIM na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) é a possibilidade do trabalho colaborativo, em que todos os profissionais envolvidos no empreendimento conhecem os requisitos de informações, o fluxo de trabalho e os entregáveis de cada etapa. Para que esses requisitos sejam atendidos, a NBR 19650 (ABNT, 2025) requer o uso de um ambiente comum de dados (em inglês, CDE, *Common Data Environment*, a ISO 19650 manteve acrônimo em inglês) e que, a solução do projeto seja preferencialmente desenvolvida de maneira simultânea e coordenada por meio de modelos BIM de cada uma das disciplinas que compõem um modelo federado. Através deste modelo é possível extrair dados e fazer análises em todo o ciclo de vida do empreendimento.

Para que a metodologia BIM seja implementada nas empresas públicas e privadas, existem iniciativas nacionais para disseminação do BIM. De acordo com o BIM Forum Brasil (2023), o governo federal vem desenvolvendo esforços para apoiar o BIM desde 2017; um marco importante foi o Decreto nº 9.377 (Brasil, 2018), que instituiu a primeira Estratégia BIM BR, que foi atualizada no Decreto nº 9.377 (Brasil, 2018). Atualmente a nova Estratégia BIM BR, está disposta do Decreto nº 11.888 (Brasil, 2024).

Em 2020, outro marco foi o Decreto nº 10.036 (Brasil, 2020), que estabelece a utilização do BIM em projetos-piloto do governo federal, com exigências progressivas de uso do BIM até 2028. Outro marco é que em 2021, foi publicada a nova Lei de Licitações e Contratos Administrativos (Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021) (Brasil, 2021), que, entre outros aspectos, estabelece como preferencial a incorporação da metodologia BIM - nas licitações e contratos de obras de engenharia (Brasil, 2021).

Todas essas iniciativas objetivam que as obras sejam executadas de forma mais eficiente, em menos tempo e sem perdas de recursos. Por isso, este projeto tem como objetivo principal o desenvolvimento de uma modelagem de processos de projetos BIM para aproveitamento de águas pluviais, seguindo as diretrizes da ISO 46001 (ABNT, 2019c) e sistema de certificação.

Ademais, através de uma pesquisa bibliométrica preliminar sobre as temáticas que relacionam o BIM com sustentabilidade, foi identificado que as abordagens que aparecem com maior frequência são: eficiência energética, estudo da iluminação, ventilação natural, uso de energia solar. Porém, apenas poucos trabalhos, relacionados ao uso de sustentabilidade do BIM com eficiência hídrica, foram identificados. Logo, esse é um assunto que pode ser explorado na questão de aproveitamento de águas pluviais, mostrando-se uma lacuna do conhecimento.

Sendo assim, questiona-se se é possível elaborar uma modelagem de processos de projetos BIM que possibilite o acréscimo de atividades relacionadas ao aproveitamento de águas pluviais.

Desse modo, por meio da aplicação prática no projeto do Mercado de Plantas Ornamentais de Boquim/SE, buscou-se validar a metodologia proposta, com foco no aproveitamento de águas pluviais para usos da edificação. Espera-se que os resultados contribuam para a criação de indicadores e métricas de desempenho hídrico, promovendo um modelo replicável que fortaleça a integração do BIM em práticas de construção sustentável. Assim, este estudo almeja não apenas otimizar recursos hídricos, mas também demonstrar o potencial transformador da tecnologia BIM no avanço de soluções ambientalmente responsáveis no setor da construção civil.

1.2 Objetivos

O objetivo geral da presente pesquisa é propor uma modelagem de processos de projetos BIM utilizando o modelo de notação *Business Process Model and Notation* (BPMN), para o aproveitamento de águas pluviais, de acordo com as normas brasileiras e sistema de certificação, tendo como estudo de caso o projeto do Mercado das Plantas Ornamentais, localizado no município de Boquim/SE.

Os objetivos específicos são:

1. Identificar na literatura a sinergia entre BIM, sustentabilidade e eficiência hídrica.
2. Levantar quais são os requisitos de projetos que são necessários para o aproveitamento de águas pluviais.
3. Criar uma modelagem de processos de projetos BIM para aproveitamento de águas pluviais de acordo com as normativas brasileiras e sistema de certificação.
4. Validar a modelagem de processos através do projeto do Mercado de plantas ornamentais de Boquim/SE.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Modelagem da Informação da Construção

Os primeiros projetos de arquitetura e engenharia eram feitos em papel, com equipes que trabalhavam isoladamente e que posteriormente reuniam as documentações para a obra. Com a necessidade de digitalização da construção, houve a migração para o *Computer Aided Design* (CAD), desenhos assistidos por computador, em português) que, apesar de ser um avanço, os desenhos não possuíam informações importantes para a execução das obras, gerando incompatibilidades, retrabalhos e aumento de prazos.

Sob essa perspectiva, o BIM é um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria relacionada à arquitetura, engenharia e construção (AEC) (Sacks et al., 2021). Isso acontece porque a metodologia BIM tem o propósito de acrescentar informações de construção, operação e manutenção em todo o ciclo de vida de um empreendimento.

Um estudo intitulado “Usos do BIM” feito pela Universidade da Pensilvânia (CBIC, 2016) lista vinte e cinco usos do BIM relacionados às etapas de planejamento, projeto, construção e operação. Com o BIM, é possível ter um modelo tridimensional de uma obra, com todas as informações necessárias para a execução, tendo a possibilidade de simular vários cenários construtivos antes mesmo de iniciar a obra.

De acordo com o Guia de Contratação em BIM (BIM Forum, 2023), “a percepção mais imediata das diferenças entre os processos CAD e BIM está em seus entregáveis”. Com o CAD, os entregáveis eram documentos impressos, que não conversavam entre si, enquanto, no processo BIM, os entregáveis eram modelos federados. “A solução do projeto é preferencialmente desenvolvida de maneira simultânea e coordenada por meio de modelos BIM de cada disciplina que compõem um modelo federado” (BIM Forum, 2023).

Dessa forma, tendo em vista os benefícios da adoção do BIM, de acordo com Baia (2015, p.24), “tem ocorrido um novo impulso à implementação do BIM na construção civil brasileira, decorrente da ampla demanda do mercado”. Tanto no mercado privado, quanto na administração pública, já existe um consenso da necessidade de utilizar a metodologia BIM. “As empresas e profissionais de projetos que não adotarem o BIM em seus processos de trabalho perderão competitividade e, gradativamente, serão excluídos do mercado” (Caderno BIM Paraná, 2022, p.12).

Para a questão de eficiência em projetos, o BIM mostra-se um aliado, uma vez que possui benefícios como a inserção de informações e parâmetros construtivos, simulação da

construção, análises de eficiência, o que possibilita o estudo de cenários diferentes e facilita a tomada de decisões (Sacks et al., 2021). Dessa forma, relacionar a metodologia BIM com as práticas sustentáveis nas várias etapas do ciclo de vida do empreendimento pode auxiliar na obtenção de projetos e construções de edificações e cidades sustentáveis.

Para descrever a evolução do BIM no Brasil, serão destacados dois aspectos: estrutura legal e normativa.

2.1.1 Estrutura legal

Em 2018, o Governo Federal lançou a primeira ação para a implementação do BIM no Brasil, a Estratégia BIM BR (Building Information Modelling Brasil), instituída pelo Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018 (Brasil, 2018), com iniciativas e projetos que buscavam alcançar nove objetivos:

- I - difundir o BIM e seus benefícios;
- II - coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;
- III - criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM;
- IV - estimular a capacitação em BIM;
- V - propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do BIM;
- VI - desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para adoção do BIM;
- VII - desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM;
- VIII - estimular o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM;
- IX - incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM.

Esta Estratégia foi atualizada no Decreto nº 9.377 (Brasil, 2018), que posteriormente foi revogado e atualmente a nova Estratégia BIM BR, está disposta do Decreto nº 11.888 (Brasil, 2024).

Em 2020, o Decreto nº 10.036 estabeleceu a utilização do BIM em projetos-piloto do governo federal, com exigências progressivas de uso do BIM até 2028.

Em 2021, foi publicada a nova Lei de Licitações e Contratos Administrativos (Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021), que, entre outros aspectos, estabelece como preferencial a incorporação da Modelagem da Informação da Construção - BIM - nas licitações e contratos de obras de engenharia, em todas as suas fases, desde a concepção até a pós-ocupação (Brasil,

2021). Essas iniciativas demonstram o incentivo do poder público para o uso do BIM nos projetos e obras.

Em 2024, o Governo Federal publicou o Decreto nº 11.888 (Brasil, 2024), que institui a nova estratégia para promover a transformação na indústria da construção, com o objetivo de promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e a sua difusão no país. Paralelo às iniciativas governamentais, foram traduzidas normas internacionais para padronizar e organizar a gestão de ativos em BIM. A nova Estratégia BIM BR (Brasil, 2024) tem três eixos temáticos:

EIXO A - Estruturação do Setor Público para uso do BIM;

EIXO B - Capacitação e Formação Profissional em BIM; e,

EIXO C - Apoio à pesquisa, desenvolvimento, inovação (PD&I) e sustentabilidade na construção por meio do BIM.

Em novembro de 2024, foi lançado o Plano de trabalho da Estratégia BIM BR, que teve como objetivo estruturar o setor público para a utilização do BIM, em conformidade com a Nova Lei de Licitações e Contratos Administrativos (NLLC). Neste documento, em cada Eixo Temático estão listadas as diretrizes e os respectivos objetivos entendidos como necessários para se alcançar os objetivos estratégicos da BIM BR. Assim, para todos os objetivos, foram discriminados indicadores de desempenho e metas temporais para os horizontes de 2025, 2026 e 2027.

2.1.2 Estrutura Normativa

No campo normativo, legalmente concentrado na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), foi estabelecida uma comissão para o estudo do BIM para elaborar normas e sistemas de classificação para padronizar os projetos, nomenclaturas, níveis de detalhamento e procedimentos necessários para sua aplicação dentro das instituições.

Primeira norma técnica BIM brasileira, a Norma Brasileira NBR 15965, é um sistema de classificação das informações que oferece à indústria da construção a possibilidade de padronização para todo o país da nomenclatura utilizada nos seus processos. A referida norma está sob o título geral “Sistema de classificação da informação da construção”, e foi dividida em sete partes: Parte 1: Terminologia e estrutura (ABNT, 2011); Parte 2: Características dos objetos da construção (ABNT, 2012); Parte 3: Processos da construção (ABNT, 2014); Parte 4: Recursos da construção (ABNT, 2021); Parte 5: Resultados da construção (ABNT, 2022a); Parte 6: Unidades da construção (ABNT, 2022b); Parte 7: Informação da construção (ABNT, 2015).

O conceito da metodologia BIM foi evoluindo desde a concepção inicial, sendo consolidado na ABNT NBR ISO 19650, que descreve o BIM como o “uso de uma representação digital compartilhada de um ativo imobiliário, para facilitar os processos de projeto, construção, operação e manutenção para formar uma base de dados confiável para decisões” (ABNT, 2025, p. 6).

As duas primeiras partes da ABNT NBR ISO 19650 foram traduzidas e publicadas em 2022 e tiveram a versão corrigida em 2025, as partes três, quatro e cinco foram lançadas em 2025 e tem como título: Organização da informação acerca de trabalhos da construção - Gestão da informação usando a modelagem da informação da construção; Parte 1: Conceitos e princípios (ABNT, 2025a), Parte 2: Fase de entrega de ativos (ABNT, 2025b); Parte 3: Fase operacional dos ativos (ABNT, 2025c), Parte 4: Troca de informação (ABNT, 2025d) e Parte 5: Abordagem voltada à segurança para a gestão da informação (ABNT, 2025e). “Essas normas podem ser consideradas um roteiro para a gestão da informação e, por extensão, uma descrição do processo BIM” (BIM Forum, 2023). Dessa forma, essas normas servem como um guia para a gestão de ativos em BIM durante todo o ciclo de vida de um empreendimento.

Na NBR ISO 19650 (ABNT, 2025) consta que o contratante deve descrever os objetivos e os requisitos de informações necessárias para a contratação de um empreendimento. A norma define quatro tipos de requisitos:

- **Requisitos de informação da organização (OIR):** Estabelecem o conjunto de requisitos relativos à gestão estratégica da organização contratante, aplicáveis ao empreendimento. Exemplo: Índices gerais de consumo energético;
- **Requisitos de informação do ativo (AIR):** Estabelecem os aspectos comerciais, gerenciais e técnicos da produção da informação para o empreendimento. Exemplo: Requisitos para o recebimento de arquivos eletrônicos para uso imediato, com definição de formatos de arquivos aceitos para cada uso pretendido.
- **Requisitos de informação de projeto (PIR):** Estabelecem o conjunto de requisitos para as informações relativas aos processos de gestão do projeto e da gestão do ativo necessários para embasar as decisões estratégicas do empreendimento e atribuem as respectivas responsabilidades. Exemplo: índices de produtividade, percentual de atendimento ao nível de informação necessária, atendimento a prazos e custos etc.
- **Requisitos de troca de informação (EIR):** Estabelecem os métodos e procedimentos de produção de informação, os formatos de arquivos a serem utilizados no intercâmbio

e o registro das informações em toda a cadeia de produção de informação do empreendimento. Exemplo: Definições de sistemas aplicáveis e seus formatos de arquivos, a responsabilidade de operação e manutenção, além das rotinas de operação;

A norma instrui a utilização de um sistema de gestão da informação, o Ambiente Comum de Dados - CDE, da qual define como tecnologia baseada em servidor ou em nuvem de gestão de bases de dados, transmissão, rastreamento de problemas e capacidades relacionadas que suportam o fluxo de trabalho que organiza a gestão da informação ao longo de todo o ciclo de vida de um ativo através de quatro estados: trabalho em andamento, trabalho compartilhado, trabalho publicado e trabalho arquivado. Quanto aos entregáveis, a norma NBR ISO 19650-1 (ABNT, 2025a) estabelece dois tipos:

- Modelo de informação do projeto (PIM), que, na prática, consiste no modelo federado com todas as informações conforme os requisitos estabelecidos, mas também inclui informações vinculadas aos modelos BIM, porém arquivadas em outros contêineres do CDE (ambiente comum de dados).
- Modelo de informação do ativo (AIM), que deve conter o projeto como construído (*“as built”*), com sua geometria e especificações de materiais, produtos e equipamentos instalados e as informações necessárias para o comissionamento da obra, uso e operação. Isso pode incluir dados de compras, de garantias, manuais de operação etc.

A NBR ISO 19650-2 (ABNT, 2025b) tem como objetivo auxiliar na definição dos requisitos de informações necessárias para as fases de entrega de um produto. Este processo pode ser utilizado para todos os tipos de ativos entregues em BIM.

Dessa forma, já existe um consenso em relação ao uso do BIM em várias etapas do ciclo de vida de um empreendimento, sendo o BIM caracterizado como um conjunto de tecnologias, processos e pessoas, permitindo aos profissionais da AEC projetar, construir e operar uma construção no espaço virtual (Succar, 2016).

Com isso, a principal vantagem da metodologia BIM é acrescentar informações da construção e até mesmo da desconstrução dos empreendimentos ainda na fase de projetos, contribuindo para a sustentabilidade dentro das construções (Sacks et al., 2021).

2.2 BIM e sustentabilidade

Os desafios observados nas últimas décadas, em relação às mudanças climáticas, fazem com que a demanda por padrões e práticas sustentáveis seja urgente; por isso, a necessidade de projetos com baixo índice de carbono, energeticamente eficientes e ecologicamente corretos (Edwards et al., 2009).

Assim, uma das vantagens da metodologia BIM é acrescentar informações da construção e até mesmo da desconstrução dos empreendimentos ainda na fase de projetos. Além disso, com o BIM, é possível fazer análises que contribuem para a sustentabilidade dentro das construções, como, por exemplo, o estudo solar e a eficiência energética (Sacks et al., 2021).

Buscando relacionar o BIM com práticas sustentáveis, Olawumi e Chan (2018) analisaram os fatores críticos de sucesso que impulsionam a integração de práticas BIM e de sustentabilidade na fase de projetos e construção. Alguns fatores foram: aumento do número de subcontratados com experiência em projetos BIM, maior conscientização e nível de experiência dentro da empresa e maior envolvimento das partes interessadas do projeto em projetos verdes. Este estudo mostra a importância de aplicar diretrizes de sustentabilidade que envolvem pessoas, processos e tecnologia nas fases iniciais dos projetos desenvolvidos com a metodologia BIM. Portanto, a implementação das ferramentas BIM impacta diretamente no ambiente construído sustentável.

Um aspecto importante, é a utilização do BIM para alcançar os objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), especificamente o ODS 6 (Água potável e saneamento), ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura) e ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), que enfatizam a utilização responsável de energia em vários setores, incluindo a construção civil. A exemplo do estudo de caso realizado em um modelo hospitalar, foi concluído que uma parcela substancial do custo de energia, dióxido de carbono (CO₂) e eletricidade pode ser economizada usando a abordagem BIM (Khahro et al., 2021).

Além das fases iniciais dos projetos, as práticas de sustentabilidade também podem ser aplicadas em edifícios existentes, como afirmam Montiel-Santiago, Hermoso-Orzáez e Terrados-Cepeda (2020). Os autores realizaram um estudo de caso com edifícios hospitalares fazendo análises da eficiência energética, utilizando o BIM, orientando para o melhor uso da iluminação natural nos ambientes, o que proporciona maior qualidade e conforto na utilização dos edifícios.

Outro caso, foi um estudo realizado em um prédio público tradicional por Lin et al. (2019), em que através das análises utilizando a metodologia BIM, constatou-se que a radiação de calor foi identificada como uma das principais causas do consumo de energia no mercado, além de problemas de ventilação e luz solar insuficiente. “Esses resultados analíticos e sugestões de otimização podem ser fornecidos como referências retrofit para obter arquiteturas sustentáveis no futuro” (Lin et al., 2019, p. 1).

Liu e Wang (2022) também fizeram um estudo em edifícios existentes, nesse caso, para analisar o desempenho verde dos edifícios universitários do norte da China. “O estudo otimiza o desempenho verde de cinco aspectos: ambiente circundante, *layout* de função, desempenho do envelope e transformação do sistema e melhoria das medidas de gerenciamento” (Liu e Wang, 2022, p. 12).

Os exemplos mostram que os principais estudos de caso estão relacionados à eficiência energética e térmica, bem como à análise de classificação de construção verde. No entanto, análise de vento e ventilação, análise acústica e análise de eficiência hídrica recebem pouca atenção. Além disso, mais pesquisas com foco na análise de projeto integrado devem ser realizadas para um resultado de projeto ideal (Chang e Hsieh, 2020, p. 1).

2.3 BIM e Eficiência Hídrica

No tópico anterior, foram apresentados exemplos de aplicação de BIM com eficiência energética e térmica, porém, os exemplos sobre a eficiência hídrica, que é objeto da presente pesquisa, são escassos. Desse modo, para projetos de engenharia, é possível fazer uma análise do consumo de água de acordo com as características físicas e de usabilidade do empreendimento, porém, de acordo com Liu et al. (2019, p. 1), “há uma carência de ferramentas de tomada de decisão para projeto e construção de eficiência hídrica para maximizar os benefícios do projeto e conservação da água”.

Como já citado, com a metodologia BIM, é possível fazer análises e simulações de projetos para construções mais eficazes e sustentáveis, porém, a correlação entre o BIM com a eficiência hídrica não ocorre de forma tão direta, por isso, Liu et al. (2019) desenvolveram uma pesquisa para investigar o potencial do uso do BIM na eficiência hídrica em projetos e construções. Neste trabalho, cinquenta empresas foram entrevistadas e, como resultado, foi elaborada uma estrutura de eficiência hídrica baseada em BIM, que dividiu o ciclo de vida do empreendimento em projeto, construção e operação. Para cada uma das fases os profissionais listaram os potenciais e as dificuldades do uso BIM e, como sugestões, os autores propuseram

direções de pesquisa potenciais com as seguintes temáticas: BIM e sistema de captação e reutilização de águas pluviais, BIM e a otimização do projeto de dutos, BIM e monitoramento em tempo real do uso da água e BIM e economia de água quente.

Ainda nesse sentido, o trabalho desenvolvido por Cortez-Lara e Sanchez (2023) apresenta uma metodologia digital integrada com análise aprofundada de três domínios: (1) análise do uso de água de acordo com tubulações e demanda de habitantes por dia, (2) análise de dimensionamento de sistemas hidráulicos e de tubulações usando o método de cálculo de vazão e (3) análise de sistemas alternativos usando água da chuva coletada e água tratada. Este estudo foi aplicado a um edifício multifamiliar em Nuevo León, México e na metodologia foram seguidas as orientações e parâmetros da norma de Eficiência hídrica 46001 (ABNT, 2019c) para criar parâmetros e modelo de projeto. Com base nos resultados de análises do estudo de caso, os autores concluíram que essa metodologia pode ser facilmente implementada em curto prazo e que pode fornecer melhoria significativa na eficiência hídrica.

Outro exemplo é o documento de orientação da indústria da água, o BIM *Guidance for the Water Industry* (British Water, 2024), feito pela companhia de água britânica, que tem uma série de orientações para entrega de projetos, usando os requisitos de troca de informações de acordo com a ISO 19650 (ABNT, 2025). Através dessa iniciativa já existem alguns estudos de caso relacionando as vantagens do uso do fluxo de trabalho BIM para concessionárias de água.

No geral, todos os estudos afirmam que a eficiência hídrica baseada em BIM ainda é pouco explorada e que tem muito potencial para desenvolvimento, que são necessários mais estudos de caso para verificar essa potencialidade em tipos de projetos diferentes para validar essa relação a longo prazo.

Para se ter um projeto e construção sustentável, é necessário cumprir os requisitos de sustentabilidade, que podem ser baseados em métricas de certificações ou normativas. Para alcançar esses parâmetros utilizando a metodologia BIM é preciso ter modelagem de processos de gestão de projetos BIM.

2.3.1 BIM e Sistemas de classificação para eficiência hídrica

Existem muitos sistemas de classificação de edifícios verdes que definem requisitos para eficiência hídrica. Porém, de acordo com Liu et al. (2019), ainda se tem a carência de ferramentas de tomada de decisão que apoiem a decisão para a gestão da água em edifícios; dessa forma, a metodologia BIM tem potencial de ser utilizado como ferramenta de análises ainda na fase de projetos. Ainda nesse estudo feito por Liu et al. (2019), foi realizado um

levantamento dos requisitos de eficiência hídrica dos seguintes sistemas de classificação: *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), em português: liderança em energia e design ambiental, *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM), em português método de avaliação ambiental de estabelecimentos de pesquisa de edifícios e alguns sistemas regionais como o *Green Mark* (em português, marca verde), o *Building Environmental Assessment Method* (BEAM Plus), em português método de avaliação ambiental de edifícios e o Padrão de Avaliação para Edifícios Sustentáveis da China comparando os requisitos em relação ao consumo de água, dispositivos de eficiência hídrica, fonte não tradicional de água e irrigação (Quadro 1).

Quadro 1 - Comparação da eficiência hídrica entre diferentes sistemas de classificação

	LEED	BREEAM	China	Green Mark	BEAM Plus
Consumo de água	Redução do uso de água $\geq 50\%$	Melhora acima da linha de base $\geq 55\%$	Valor limite inferior da cota de água	Sem requisitos	Economia anual estimada $\geq 30\%$
Dispositivos de eficiência hídrica	Sem requisitos detalhados	Especificações detalhadas de consumo de água para WCs, mictórios, torneiras, chuveiros, banheiras e assim por diante	Eficiência no uso da água. de instalação sanitária atinge Grau 2	Sem requisitos detalhados	Esquema de rotulagem de eficiência hídrica Grau 2 ou superior
Fonte de água não tradicional	Sem requisitos detalhados	Uso de água não potável reciclada para descarga $\geq 75\%$	Para edifícios residenciais $\geq 30\%$ Para água de resfriamento $\geq 50\%$ Para entrada de água da chuva em paisagens $\geq 60\%$ da evaporação	Coleta de condensado da AHU $> 50\%$ do total, Fornecimento de água, Água reciclada no local, água da chuva	Redução no uso de água potável $\geq 10\%$
Irrigação -Taxa de conservação de água	Dois graus:	50% e 100%	Sem requisitos	Sem requisitos	Áreas cobertas com WEIS $\geq 25\%$ $\geq 50\%$

Fonte: Tradução de Liu et al. (2019)

Nessa perspectiva, é possível notar que existem parâmetros específicos para cada sistema de classificação para alcançar a eficiência hídrica. O sistema LEED, por exemplo, tem o foco na redução do consumo da água, enquanto BREEAM, além de destacar a utilização de dispositivos que consomem menos água, também tem um parâmetro para utilização de fontes

alternativas de água, que incentiva o tratamento e reuso de águas pluviais e cinzas, por exemplo.

O estudo feito por Hasanain e Nawari (2022) usou os parâmetros da certificação Mostadam da Arábia Saudita para criar um *plug-in* no Dynamo (plataforma de programação visual) para calcular a redução do consumo de água em um estudo de caso. O sistema de classificação de Mostadam exige redução mínima de consumo de água de 20%. As informações adicionadas ao modelo foram: descarga ou vazão do dispositivo, duração do uso, usuários e usos por pessoa por dia. Com isso foi possível calcular a redução de consumo de água de forma automatizada.

Outro estudo, feito por Khoshdelnezhami et al. (2020), utilizou o BIM para a certificação Green Building Index (GBI), em português, índice de construção verde, na Malásia, com o objetivo de criar uma rotina no Dynamo com parâmetros para atender aos requisitos do GBI na fase de projetos. Para isso, foi criada a modelagem de processos para identificar parâmetros verdes, selecionar os parâmetros padrão, associar os parâmetros ao modelo, e como resultado obteve-se o processo automatizado que eliminou a necessidade de extração e cálculo manual de dados de projeto.

Além das certificações citadas acima, existe a certificação Alta Qualidade Ambiental (AQUA-HQE™) que é um selo internacional de sustentabilidade aplicado no Brasil pela Fundação Vanzolini. Esta certificação avalia o desempenho ambiental de empreendimentos em todas as fases do ciclo de vida - projeto, construção, uso e operação - com base em critérios técnicos rigorosos e adaptados ao contexto brasileiro.

O processo de certificação AQUA-HQE™ é estruturado em 14 categorias de Qualidade Ambiental do Edifício (QAE), agrupadas em quatro grandes temas: Eco-construção, Eco-gestão, Conforto e Saúde. As categorias são:

Categoria 1: Relação do edifício com o seu entorno

Categoria 2: Escolha integrada de produtos, sistemas e processos construtivos

Categoria 3: Canteiro de obras com baixo impacto ambiental

Categoria 4: Gestão da energia

Categoria 5: Gestão da água

Categoria 6: Gestão dos resíduos de uso e operação do edifício

Categoria 7: Manutenção - Permanência do desempenho ambiental

Categoria 8: Conforto higrotérmico

Categoria 9: Conforto acústico

Categoria 10: Conforto visual

Categoria 11: Conforto olfativo

Categoria 12: Qualidade sanitária dos ambientes

Categoria 13: Qualidade sanitária do ar

Categoria 14: Qualidade sanitária da água

A categoria de gestão da água (5) tem como base a estratégia para diminuir o consumo de água potável, gerenciar as águas pluviais no terreno de maneira sustentável e escoar as águas servidas minimizando seu impacto no meio ambiente.

2.4 Diretrizes Normativas para o Aproveitamento de Águas Pluviais

Dessa forma, tomando como base os trabalhos da pesquisa bibliométrica, a lacuna do conhecimento entre BIM e eficiência hídrica foi definida pelo gerenciamento das pluviais em projetos para este trabalho. A NBR 16783 (ABNT, 2019, p. 6) afirma, no seu texto introdutório, que “considerando o complicado cenário hídrico nos centros urbanos, é positivo que haja descentralização e diversificação da matriz de abastecimento de água”. Nesse contexto, o aproveitamento de águas pluviais no Brasil é padronizado por normas que estabelecem requisitos para o projeto, execução e manutenção de sistemas de captação.

A NBR 15527 (ABNT, 2019a) tem como título: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis; é a norma de referência para o uso de águas pluviais em coberturas urbanas. Ela define que a água captada pode ser utilizada para fins não potáveis, como descarga de bacias sanitárias, irrigação de jardins e lavagem de pisos.

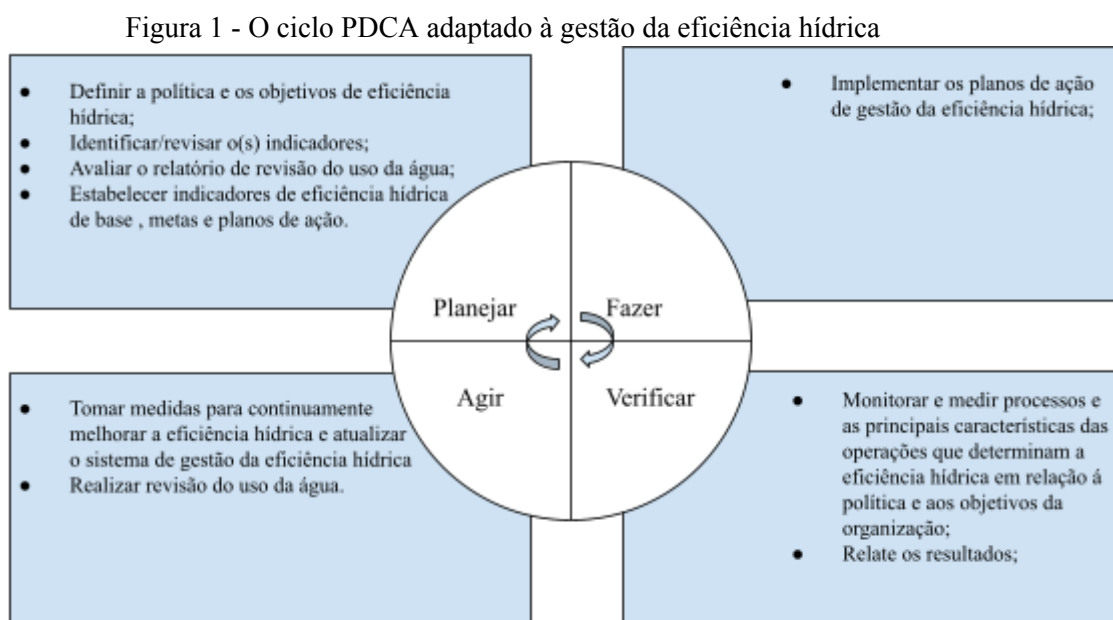
Complementarmente, a NBR 16783 (ABNT, 2019b) tem como título: Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações, estabelece as diretrizes para o uso de águas provenientes de fontes alternativas, incluindo a água de chuva, reforçando a importância da segregação das redes e da sinalização adequada para evitar o consumo acidental de água não potável.

Embora o foco normativo brasileiro (ABNT, 2019a) seja predominantemente para fins não potáveis, o aproveitamento para fins potáveis exige tratamentos avançados que atendam ao padrão de potabilidade estabelecido pelo Ministério da Saúde (Portaria GM/MS nº 888/2021 (Brasil, 2021)). De acordo com esta portaria é definida água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, à preparação de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem. Esta definição precisa atender ao padrão de potabilidade em todo o sistema de abastecimento de água para consumo humano.

Além disso, a concepção do projeto do sistema de coleta de água de chuva deve atender às NBR 5626 (ABNT, 2020), com o título: Sistemas prediais de água fria e água quente - Projeto, execução, operação e manutenção; e NBR 10844 (ABNT, 1989), com o título: Instalações prediais de águas pluviais - Procedimento. No caso da NBR 10844 (ABNT, 1989) têm-se os métodos de dimensionamento da área de contribuição, calhas, condutores verticais e horizontais.

No contexto internacional, a ISO 46001 (ABNT, 2019c) tem como título: Sistemas de gestão da eficiência hídrica - Requisitos com orientação para utilização. As orientações deste documento são aplicáveis a qualquer organização que deseja: a) alcançar o uso eficiente da água através da abordagem de “reduzir, substituir ou reutilizar”; b) estabelecer, implementar e manter a eficiência hídrica; c) melhorar continuamente a eficiência hídrica.

De acordo com a norma, as organizações interessadas em alcançar a eficiência hídrica precisam ter um plano de gestão que contenha a identificação dos locais potenciais de redução do consumo de água e um plano de ação que inclua cronogramas de prioridade e implementação, e principalmente tenha plano de melhoria contínua das atividades. As etapas podem ser identificadas de forma resumida no ciclo PDCA (*Plan - Do - Check - Act*, em português Planejar, Fazer, Verificar e Agir) de eficiência hídrica na Figura 1.



Fonte: Adaptação da ISO 46001 (ABNT, 2019c)

Dessa forma, o aproveitamento de águas pluviais pode ser considerado uma meta para redução de consumo de água e implementação de sistema de reutilização de água captada, atendendo aos requisitos de eficiência hídrica.

3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Nesta seção foi apresentada a metodologia utilizada para alcançar os objetivos definidos para o estudo. Foram descrito o método para a pesquisa que relaciona o BIM com aproveitamento de águas pluviais, o levantamento dos requisitos através das normas brasileiras, a criação da modelagem de processos de projetos BIM para o aproveitamento de águas pluviais e a descrição do projeto que foi utilizado para a validação, detalhando os procedimentos realizados para garantir a confiabilidade dos resultados.

Neste tópico descreve-se o delineamento desta pesquisa com base na literatura, abordando as opções de métodos, técnicas e procedimentos que foram aplicados. Do ponto de vista dos objetivos, classifica-se como exploratória e descritiva, já que se propõe a fornecer um maior conhecimento sobre o tema a ser investigado com a realização de levantamentos bibliográficos, de campo, bem como registrar e detalhar acontecimentos por meio de observação sem interferência (Gil, 2017); ademais, é uma pesquisa participante, pois a pesquisadora atua diretamente na modelagem do objeto de pesquisa.

3.1 Objeto da pesquisa

Como o objeto da presente pesquisa é a modelagem de processos de projetos BIM orientados para aproveitamento de águas pluviais, com base nas normas brasileiras e no sistema de certificação, utilizando o modelo de notação BPMN, a proposta busca integrar práticas sustentáveis ao fluxo de projetos de arquitetura e engenharia.

A pesquisa tem como foco a aplicação prática e a validação dessa modelagem de processos no projeto do Mercado de Plantas Ornamentais da cidade de Boquim/SE, utilizando os princípios da metodologia BIM e considerando os requisitos normativos e legais vigentes e certificações de sustentabilidade.

O estudo pretende contribuir com a lacuna identificada na literatura sobre a integração entre BIM e eficiência hídrica, especificamente aproveitamento de águas pluviais, propondo um artefato de pesquisa que possa ser replicável em outros projetos com objetivos semelhantes. Por fim, a acerca do paradigma de investigação, a mesma constitui uma pesquisa construtivista ou *Design Science Research* (DSR).

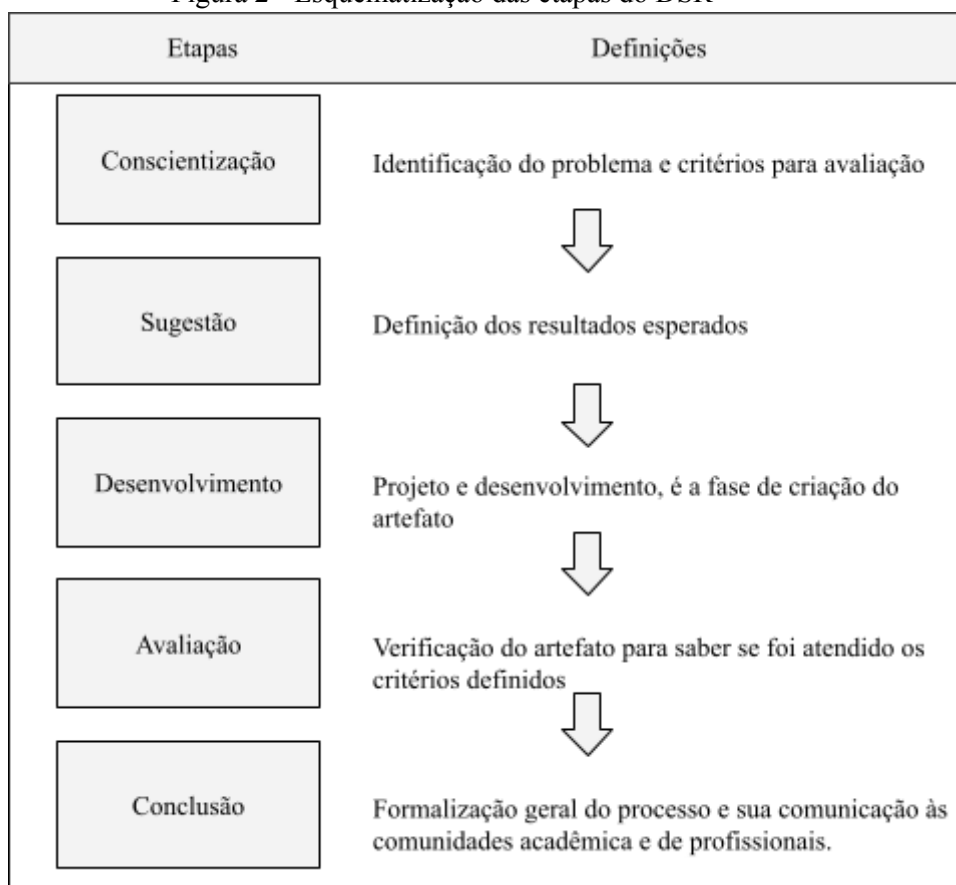
3.2 *Design Science Research* e a construção do artefato de pesquisa

O *Design Science Research* consiste em um método de pesquisa que desenvolve artefatos que possibilitam gerar soluções consistentes a problemas práticos. Sua validação é realizada a partir de um conjunto de processos que garantem que os resultados obtidos pelo

artefato são provenientes do ambiente interno no qual ele foi projetado e do ambiente externo em que está operando (Lacerda et al., 2013).

De acordo com a pesquisa de Lacerda et al. (2013), as etapas para o processo baseado no *Design Science Research* são: conscientização, sugestão, desenvolvimento, avaliação e conclusão. Cada etapa desse processo gera um produto ou uma dedução, como exemplificado na Figura 2.

Figura 2 - Esquematização das etapas do DSR



Fonte: Adaptado de Takeda et al. (1990) e Vaishnavi; Kuechler (2009).

3.3 Delineamento da pesquisa

Esta pesquisa foi delineada com base em um estudo teórico, com o intuito de construir uma modelagem de processos de projeto BIM para aproveitamento de águas pluviais. O Quadro 2 foi elaborado para sintetizar as informações metodológicas presentes neste trabalho, de forma a identificar o contexto, o problema, os objetivos, as questões de pesquisa, o método, os instrumentos e os resultados esperados. Para construção deste modelo utilizou-se como base o quadro presente na pesquisa de Carvalho (2020).

Quadro 2 - Síntese das atividades metodológicas

Contexto	Problema	Objetivo Principal	Objetivos Específicos	Questões da pesquisa	Método	Instrumento	Resultados
Consenso sobre as vantagens de utilização do BIM nos projetos e obras. A necessidade de projetos e obras com soluções sustentáveis. Agenda 2030 da ONU, principalmente: ODS 6 (Água potável e saneamento), ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura) e ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis).	Existem poucos trabalhos relacionando o uso de sustentabilidade do BIM com a eficiência hídrica.	Propor uma modelagem de processos de projetos BIM utilizando o modelo de notação <i>Business Process Model and Notation</i> (BPMN), para o aproveitamento de águas pluviais, de acordo com as normas brasileiras e sistema de certificação, tendo como estudo de caso o projeto do Mercado das Plantas Ornamentais, localizado no município de Boquim/SE.	Identificar na literatura a sinergia entre BIM, sustentabilidade e eficiência hídrica.	Existe sinergia entre BIM e Sustentabilidade (ou Green)? Existe sinergia entre Sustentabilidade (ou Green) e eficiência hídrica? Existe sinergia entre BIM, sustentabilidade e eficiência hídrica?	Realizar uma pesquisa bibliográfica e uma pesquisa bibliométrica.	Busca nas bases de dados. Planilha eletrônica para tratar dados e elaborar gráficos.	Lista de artigos para auxiliar na Revisão de Literatura. Caracterização dos trabalhos encontrados.
			Levantar quais são os requisitos de projetos que são necessários para o aproveitamento de águas pluviais.	Quais são os requisitos de aproveitamento de águas pluviais de acordo com as normas brasileiras e de acordo com as certificações de sustentabilidade? Quais desses requisitos podem ser inseridos dentro da modelagem de processos BIM?	Fazer levantamento dos requisitos para o aproveitamento de águas pluviais de acordo com as normas brasileiras. Fazer levantamento dos requisitos para o aproveitamento de águas pluviais das certificações de sustentabilidade. Fazer um <i>checklist</i> de verificação de eficiência hídrica. Fazer visita técnica para referência de solução sustentável.	Normas brasileiras de aproveitamento de águas pluviais. Certificações de sustentabilidade. Planilha eletrônica para tratamento de dados. Preenchimento de <i>checklist</i> para o aproveitamento de águas pluviais. Estudos técnicos de soluções sustentáveis para o aproveitamento de águas pluviais.	Requisitos de aproveitamento de águas pluviais aplicáveis na modelagem de processos de projeto BIM. <i>Checklist</i> de verificação de eficiência hídrica.

			Criar uma modelagem de processos de projetos BIM para aproveitamento de águas pluviais de acordo com as normativas brasileiras e sistema de certificação.	Como criar uma modelagem de processos BIM utilizando a metodologia BPMN? Como integrar as atividades de eficiência hídrica dentro de um modelagem de processos existentes?	Observar as atividades do escritório. Fazer a análise documental do escritório. Analisar a modelagem dos processos de projetos existentes.	Organograma do escritório. Plano de Execução BIM do projeto. Projetos de arquitetura e de engenharia do Mercado das plantas ornamentais. Modelagem de processos de projetos BIM estado anterior e intermediário do escritório.	Modelagem de processos de projeto BIM para eficiência hídrica (estado futuro).
			Validar a modelagem de processos através do projeto do Mercado de plantas ornamentais de Boquim/SE.	A modelagem de processos de projetos BIM contempla todos os requisitos de eficiência hídrica? O projeto do Mercado das plantas ornamentais atende os requisitos de aproveitamento de águas pluviais de acordo com a modelagem dos processos?	Verificar se o projeto do Mercado das plantas ornamentais atende os requisitos para o aproveitamento de águas pluviais.	Utilizar <i>software</i> de modelagem de processos BIM com a metodologia BPMN.	Validação do atendimento dos requisitos para o aproveitamento de águas pluviais do projeto do Mercado das plantas de Boquim através da Modelagem de processos.

Fonte: Adaptado de Carvalho (2020)

3.4 Descrição das fases da pesquisa

Esta etapa contempla a aplicação prática do objeto da pesquisa, a modelagem de processos de projetos BIM orientada para aproveitamento de águas pluviais, no contexto do projeto do Mercado de Plantas Ornamentais de Boquim/SE. A seguir, são descritas as fases da pesquisa empregadas para validar a proposta, incluindo a pesquisa bibliométrica, levantamento dos requisitos para aproveitamento de águas pluviais nas normas e certificações, observação, análise documental, adaptação dos processos, aplicação de *checklist* e validação final.

3.4.1 Pesquisa Bibliométrica

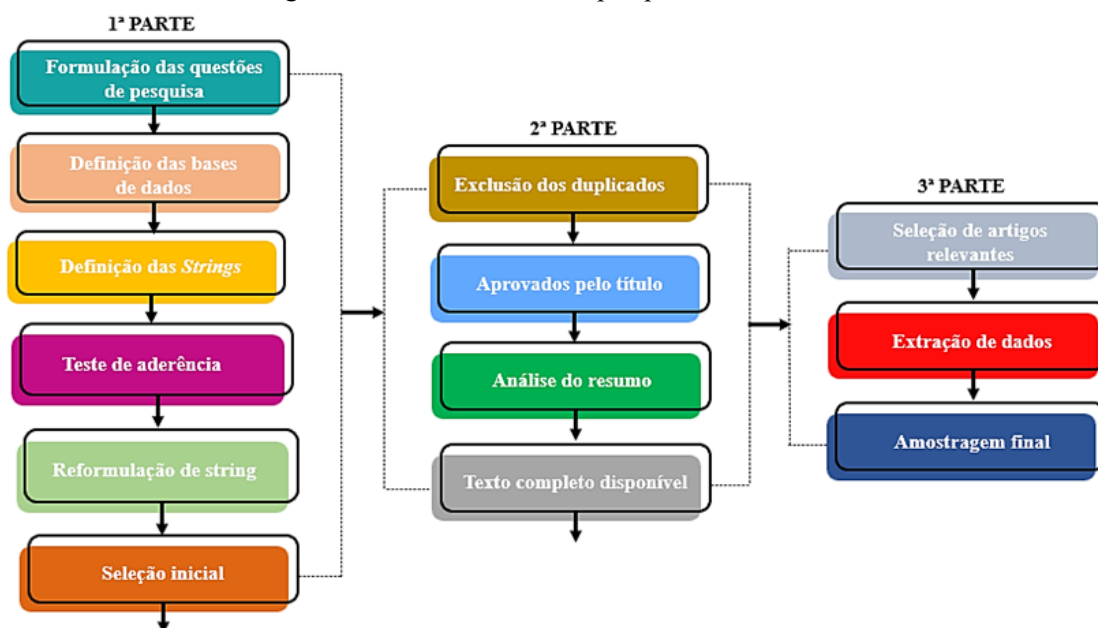
Com o objetivo de conhecer trabalhos da área pesquisada e também buscar lacunas de conhecimento, elaborou-se uma pesquisa bibliométrica. A bibliometria consiste em uma análise quantitativa de dados da produção científica, que pode conter informações como número de autores, número de artigos, número de citações, número de coautorias, número de revistas, número de temas, instituições ou países (Soares; Picolli; Casagrande, 2018).

3.4.1.1 Procedimento metodológico

O método utilizado foi a elaboração de uma Revisão Sistemática da Literatura, que pode ser definida como busca parametrizada com o objetivo de realizar um estudo secundário através de fontes primárias já publicadas (Kitchenham et al., 2009). O objetivo foi encontrar quais são as abordagens que relacionam gestão de projetos em BIM, eficiência hídrica, BIM com sustentabilidade, BIM e aproveitamento de águas.

Ainda, como delineamento da pesquisa, fez-se uma adaptação do mapeamento proposto por Teodósio et al. (2025), Figura 3.

Figura 3 - Delineamento da pesquisa bibliométrica.



Fonte: Teodosio et al. (2025)

A formulação das questões da pesquisa para a bibliometria fez as seguintes perguntas: “Existe sinergia entre BIM e Sustentabilidade?”, “Existe sinergia entre “Sustentabilidade e eficiência hídrica?” e “Existe sinergia entre BIM, sustentabilidade e eficiência hídrica?”.

A definição da base de dados foi de acordo com a relevância na área da construção civil; foram escolhidos três periódicos: Scopus®, Web of Science® e Engineering Village®. Também foram selecionados congressos nacionais da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), banco de teses e dissertações da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD).

Foram definidos os critérios para refinar os resultados das pesquisas nas bases de dados, apresentados no Quadro 3.

Quadro 3 - Critérios de refinamento das bases para a seleção inicial

Critérios de refinamento das bases das bases internacionais	
Limitação de período	todos até 2024
Idioma	Português e Inglês
Tipo de documento	Artigo de revista/Artigo de congresso
Área	Sem limitação
Acesso	Aberto

Fonte: Autora (2025)

A pesquisa foi dividida em três tópicos com *strings* diferentes. Assim, no Quadro 4 são apresentados os termos em português, inglês e a *String* definida para cada tópico.

Quadro 4 - Termos de pesquisa e *String* de busca

Termo em português	Termo em Inglês	<i>String</i> definida
BIM e sustentabilidade	BIM and Sustainability	("BIM" AND "Sustainability") OR ("BIM 6D ¹ ") OR ("Green BIM")
BIM e Eficiência Hídrica	BIM and water efficiency	("BIM" AND "water efficiency")
BIM, sustentabilidade e eficiência hídrica ²	BIM and Sustainability and water efficiency	("BIM" AND "Green BIM" AND "water efficiency ² ")

Fonte: Autora (2025)

Para o teste de aderência geral, utilizou-se a pesquisa no google acadêmico ou *scholar*, com a *string* de busca mais completa (((("BIM" AND "Sustainability") OR ("BIM 6D¹") OR ("Green BIM"))) AND (("water efficiency") OR ("water supply") OR ("water management")))), obtendo como retorno aproximadamente 513 resultados, no período de 2020-2024. Para um parâmetro inicial de aderência das *strings* nas bases de dados internacionais nos periódicos Scopus®, Web of Science® e Engineering Village®, foram obtidos os resultados do Quadro 5, utilizando os filtros do Quadro 3.

Quadro 5 - Teste de aderência nas bases internacionais

Base de dados	<i>Strings</i>	Resultados
Scopus®	((BIM AND sustainab*) OR "BIM 6D" OR "Green BIM")	3151
	BIM AND (water AND (efficiency OR supply OR management))	428
	((BIM AND sustainab*) OR "BIM 6D" OR "Green BIM") AND (water AND (efficiency OR supply OR management))	31
Web of ¹ Science®	((BIM AND sustainab*) OR "BIM 6D" OR "Green BIM")	1636

¹ Embora na literatura atual não seja utilizado o termo “BIM 6D”, sendo substituído por “usos BIM”, foi utilizado este termo para pesquisa com o objetivo de abranger as publicações anteriores à reformulação do termo.

² Foi utilizado o termo “eficiência hídrica” ou “water efficiency” com o objetivo de levantar de forma geral os trabalhos relacionados como águas cinzas, águas pluviais, abastecimento de águas, etc.

	BIM AND (water AND (efficiency OR supply OR management))	181
	((BIM AND sustainab*) OR "BIM 6D" OR "Green BIM") AND (water AND (efficiency OR supply OR management))	52
Engineering Village®	((BIM AND sustainab*) OR "BIM 6D" OR "Green BIM")	484
	BIM AND (water AND (efficiency OR supply OR management))	67
	((BIM AND sustainab*) OR "BIM 6D" OR "Green BIM") AND (water AND (efficiency OR supply OR management))	39

Fonte: Autora (2025)

Para os artigos dos eventos da Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC) foram filtrados os que tinham relação com BIM e as abordagens mais relevantes, de acordo com a pesquisa das bases nacionais, com a leitura do título, resumo e palavras-chave, mostrados no Quadro 6.

Quadro 6 - Quantidade de artigos da ANTAC que relacionam BIM e sustentabilidade no período de 2019-2024

Evento Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído	Artigos selecionados
Simpósio brasileiro de tecnologia da informação e comunicação na construção civil (SBTIC)	8
Encontro nacional de tecnologia no ambiente construído (ENTAC)	6
Simpósio brasileiro de gestão e economia na construção (SIBRAGEC)	3
Encontro latino americano e europeu sobre edificações e comunidades sustentáveis (EUROELECS)	2
Encontro nacional de conforto no ambiente construído (ENCAC)	1
Encontro nacional de aproveitamento de resíduos na construção (ENARC)	1

Fonte: Autora (2025)

Desse modo, como resultado inicial para o teste de aderência, pode-se notar que, com a *string* mais completa, foram obtidos poucos resultados, mostrando que existe uma lacuna do

conhecimento na sinergia entre BIM, sustentabilidade e eficiência hídrica, tornando-se área de estudo relevante. Dessa forma, a *string* definitiva é a do Quadro 7.

Quadro 7 - *String* Definitiva

Termo em português	<i>String</i> definida
((BIM AND sustentabilidade) OR BIM 6D OR BIM Verde) AND (Eficiência Hídrica OR fornecimento de água OR gerenciamento de água)	((BIM AND sustainab*) OR "BIM 6D" OR "Green BIM") AND (water AND (efficiency OR supply OR management))

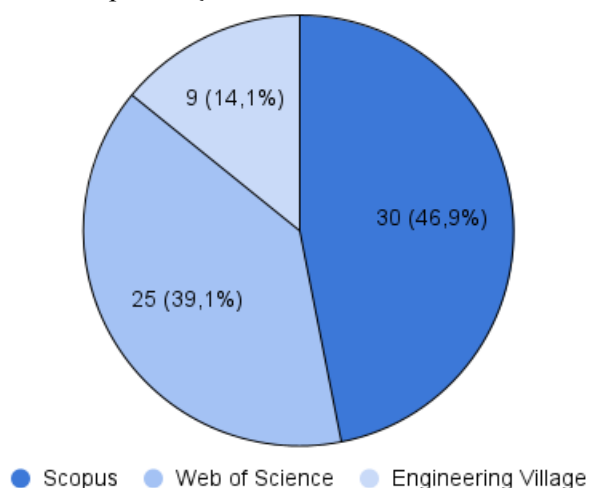
Fonte: Autora (2025)

O retorno inicial das bases de dados internacionais teve 122 artigos e após a seleção inicial foram eliminados os documentos duplicados com retorno de 88 artigos. Após a leitura dos títulos, foram selecionados 64 artigos. Em seguida, foi realizada a análise dos resumos e foi verificado se o texto completo estava disponível. Com base na seleção dos artigos relevantes, foram feitas as extrações dos dados para a criação do portfólio.

3.4.1.2 Resultados da Pesquisa Bibliométrica

Com base no portfólio criado, disposto no Apêndice A, elaboraram-se gráficos e quadros que fornecem dados relevantes sobre as publicações para esta pesquisa. O primeiro dado em relação à pesquisa nas bases internacionais mostra a porcentagem de artigos publicados por base. O resultado apresenta que 46,9% (30 artigos) dos trabalhos com a *string* definitiva estão presentes na base Scopus®, enquanto 39,2 % (25 artigos) estão na Web of Science® e 14,1% (9 artigos) estão na Engineering Village®; vale ressaltar que alguns artigos constavam em mais de uma base, porém, com a exclusão dos trabalhos duplicados, a base de dados Scopus® foi priorizada como fonte principal, como mostrado na Figura 4.

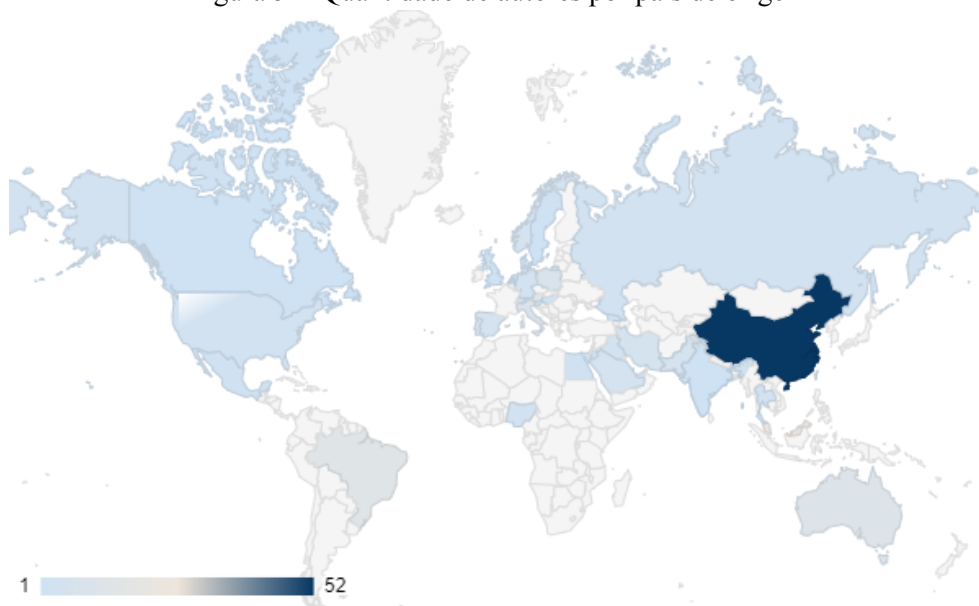
Figura 4 - Quantidade de publicações das bases internacionais selecionadas



Fonte: Autora (2025)

A segunda análise feita a partir dos dados extraídos foi a quantidade de autores por país de origem (Figura 5). No contexto internacional, a China se destaca com 52 autores que com artigos da *string* definitiva, seguida da Malásia com 22 autores e do Brasil com 14 autores. Essa análise mostra que o Brasil tem destaque relevante internacionalmente com pesquisadores que estão explorando a temática. Outro dado que relaciona a quantidade de autores por país de origem é a distribuição geográfica desses autores que estão presentes em 39 países.

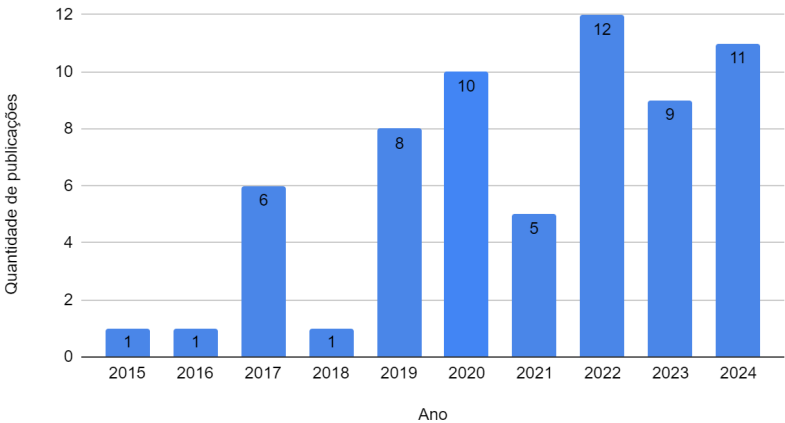
Figura 5 - Quantidade de autores por país de origem



Fonte: Autora (2025)

Sobre o critério limite de tempo, não houve limitação quanto ao início das publicações, o que foi definido foi o limite de ano de publicação até 2024. Dessa forma, os gráficos foram elaborados conforme os anos em que se encontraram publicações para observar o ano de surgimento do termo pesquisado. Como pode ser observado na Figura 6, no âmbito internacional, os artigos tiveram início em 2015, em que se tem registrado apenas 1 artigo que relacionasse BIM e sustentabilidade e gestão de eficiência hídrica. Os anos em que houve mais publicações foram 2022 e 2024. Esse fato pode ser relacionado à publicação da ISO 19650 (ABNT, 2025), que organiza a gestão da informação da construção utilizando a metodologia BIM que teve sua primeira publicação em 2022 e foi corrigida em 2025.

Figura 6 - Quantidade de publicações por ano nas bases de dados analisadas.



Fonte: Autora (2025)

Para definir os assuntos mais frequentes que relacionam a metodologia BIM com a sustentabilidade, primeiramente foram listadas as publicações internacionais que foram mais citadas. Com isso, é possível analisar a relevância das abordagens que aparecem com mais frequência e quais os autores que mais estão sendo citados neste período, conforme Quadro 8. Os dez artigos mais citados relacionam de forma geral o BIM como ferramenta para alcançar a sustentabilidade dentro do ciclo de vida de um empreendimento.

Quadro 8 - Publicações mais citadas

Nº	Título Traduzido	Autores	Ano	Palavras-chave	Citações
1	Uma revisão cienciométrica da pesquisa global sobre sustentabilidade e desenvolvimento sustentável	Olawumi, T. O.; Chan, D. W. M.	2018	Desenvolvimento sustentável; Sustentabilidade; Tendências de pesquisa; Cienciométrica; Ambiente construído	501

2	Análise da visualização dos resultados de ACV no projeto de edifícios	Hollberg, A. Kiss, B. Roeck, M. Soust-Verdaguer, B. Wiberg, A. H. Lasvaux, S. Galimshina, A. Habert, G.	2021	Avaliação do ciclo de vida (ACV); Edifícios; Projeto; Visualização	75
3	Passaportes de materiais para o fim da vida útil de edifícios: desafios e potenciais	Honic, M. Kovacic, I. Aschenbrenner, P. Ragossnig, A.	2021	Passaportes de materiais; Economia circular; Fim de vida útil; Mineração urbana; Potencial de reciclagem; Minimização de resíduos	70
4	Integrando a semântica urbana e de construção para potencializar soluções inteligentes para a água	Howell, S. Rezgui, Y. Beach, T.	2017	Gestão de recursos hídricos; BIM; Gestão otimizada pela demanda; Interoperabilidade; Sensoriamento inteligente; Big data; Análise de dados; Ontologia; Web semântica; Internet das Coisas	65
5	BIM Verde em Infraestrutura Sustentável	Bonenberg, W. Wei, X.	2015	Construção verde; Modelagem da informação	57
6	Uma revisão da pesquisa em modelagem de informações de construção para projetos de edifícios sustentáveis por meio da análise de desempenho de edifícios	Chang, Yun-Tsui Hsieh, Shang-Hsien	2020	Análise de Desempenho de Edifícios (BPA); Modelagem de Informação de Edifícios Sustentáveis (BIM)	53
7	Parâmetros-chave que caracterizam a integração BIM-ACV em edifícios: uma revisão prática das tendências atuais	Mora, T. D. Bolzonello, E. Cavalliere, C. Peron, F.	2020	Avaliação do ciclo de vida; modelagem da informação da construção; declaração ambiental do produto; rótulos ecológicos; avaliação de impacto ambiental; urbanização	47
8	Políticas, aplicações, barreiras e tendências futuras da tecnologia de modelagem de informações de construção para a sustentabilidade e informatização de edifícios na China	Xie, M. Qiu, Y. Liang, Y. Zhou, Y. Liu, Z. Zhang, G.	2022	Informatização da construção; Modelagem da informação da construção (BIM); Sustentabilidade da construção; Gestão de engenharia; Desenvolvimento sustentável	37

9	Integração BIM-ACV para a Avaliação de Impacto Ambiental do Processo de Urbanização	Marrero, M. Wojtasiewicz, M. Martinez-Rocamora, A. Solis-Guzman, J. Desiree Alba-Rodriguez, M.	2020	Avaliação do ciclo de vida; modelagem da informação da construção; declaração ambiental do produto; rótulos ecológicos; avaliação de impacto ambiental; urbanização	36
10	Estrutura baseada em BIM para analisar o efeito da ventilação natural no conforto térmico e no desempenho energético de edifícios	Gan, V. J.L. Deng, M. Tan, Y. Chen, W. Cheng, Jack C.P.	2019	Conforto térmico, ar condicionado, teoria da informação, projeto arquitetônico, utilização de energia, ventilação	32

Fonte: Autora (2025)

Com a leitura dos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos internacionais e dos artigos brasileiros, elaboraram-se 22 categorias temáticas relacionadas à aplicação ao BIM, sustentabilidade e eficiência hídrica, conforme mostrado no Quadro 9. Dentre as categorias, a que teve maior destaque foi a que relaciona BIM com eficiência hídrica; isto acontece porque a *string* definitiva foi direcionada para esse resultado. Outra categoria que teve destaque foi a Classificação de Sustentabilidade e BIM; isto se deve ao fato de que os sistemas de classificação de sustentabilidade de um edifício relacionam vários aspectos, dentre eles a eficiência energética, hídrica, conforto térmico, dentre outros aspectos.

Quadro 9 - Categoria abordados nos artigos

Categorias	Quantidade
BIM e eficiência hídrica	11
Classificação de Sustentabilidade e BIM	9
BIM e sustentabilidade	7
BIM e abastecimento de água	6
BIM e conforto térmico	4
Coordenação de projetos BIM	4
BIM e desenvolvimento sustentável	3
BIM e economia circular	3
BIM e eficiência energética	3
BIM e iot	2
Implementação do BIM	2
Avaliação do ciclo de vida	1
BIM e Edifícios Históricos	1
BIM e construção modular	1

BIM e eficiência energética e hídrica	1
BIM e eficiência energética e de custos	1
BIM e infraestrutura	1
BIM e rede de esgoto	1
BIM segurança contra incêndio	1
Computação em nuvem	1
Indicadores ambientais	1

Fonte: Autora (2025)

Os resultados da pesquisa bibliométrica demonstram que, embora haja crescente interesse na relação entre a metodologia BIM e práticas sustentáveis, ainda há lacuna significativa no que diz respeito à integração com a eficiência hídrica, e consequentemente ao aproveitamento de águas pluviais. A quantidade reduzida de publicações específicas sobre o tema evidencia a necessidade de aprofundamento teórico e prático nessa área. Dessa forma, os dados obtidos não apenas validam a relevância da presente pesquisa, como também reforçam seu potencial de contribuição para o avanço do conhecimento técnico e científico sobre a aplicação do BIM em estratégias de uso racional da água em edificações.

3.4.2 Levantamento dos requisitos para o aproveitamento de águas pluviais de acordo com as normas brasileiras

Esta etapa da pesquisa consiste na identificação e sistematização dos requisitos normativos e técnicos necessários para a concepção de um sistema de aproveitamento de águas pluviais. O levantamento foca nas principais diretrizes da NBR 15527 (ABNT, 2019a) e NBR 16783 (ABNT, 2019b).

A NBR 15527 (ABNT, 2019a) estabelece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis. Para o projeto em Boquim/SE, o primeiro requisito levantado é a área de contribuição, que, de acordo com a norma, é a superfície (telhado, terreno, pavimentação) que, ao receber chuva, direciona essa água para um ponto específico, por exemplo, telhados, calhas e bocas de lobo. Na NBR 15527 (ABNT, 2019a) consideram-se apenas coberturas (telhados) para o dimensionamento de aproveitamento de águas pluviais.

Em seguida foi calculada a disponibilidade teórica de água de chuva para captação, que de acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2019a) depende da precipitação, da área de captação, do coeficiente de escoamento superficial da cobertura e da eficiência do sistema de tratamento, podendo ser estimada pela seguinte equação: $V_{\text{disp}} = P \times A \times C \times \eta$. Onde: V_{disp} é

o volume disponível anual, mensal ou diário de água de chuva, expresso em litros (L); P é a precipitação média anual, mensal ou diária, expressa em milímetros (mm); A é a área de coleta, expressa em metros quadrados (m²); C é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura (runoff); η é a eficiência do sistema de captação.

Outro requisito essencial é o dimensionamento do reservatório, para esse dimensionamento foi necessário consultar os dados referentes a série histórica de pluviosidade, ou seja, conjunto de dados de chuva ao longo do tempo utilizando dados específicos da região de Boquim/SE.

A NBR 16783 (ABNT, 2019b) foca no uso de fontes alternativas de água e na segurança operacional do sistema, sendo um requisito importante a separação física entre a rede de água potável e a rede de água pluvial para evitar contaminação cruzada. Além disso, todos os pontos de consumo não potável, por exemplo, torneiras de jardim, devem conter avisos claros indicando "Água não Potável".

Outros requisitos são os componentes técnicos aplicados ao aproveitamento de água de chuva que o sistema deve contemplar, como: o dispositivo de primeiro descarte, que serve descartar os primeiros milímetros da chuva, evitando a contaminação relativa a resíduos acumulados no telhado; e o filtro de sólido, instalado antes da entrada no reservatório para remoção de folhas e detritos. De acordo com as normas citadas, também é necessário o tratamento e desinfecção, sendo dessa forma, recomendada a cloração para manter a água livre de patógenos no reservatório.

Além dos requisitos normativos para concepção do projeto de aproveitamento de águas pluviais, também, foram consideradas as atividades e metas relacionadas na certificação de sustentabilidade que servem como métricas de adequação do projeto.

3.4.3 Levantamento dos requisitos para o aproveitamento de águas pluviais das certificações de sustentabilidade

A certificação escolhida para servir de parâmetro é a certificação de Alta Qualidade Ambiental (AQUA-HQE™). Esta certificação tem quatorze categorias que relacionam práticas sustentáveis nas etapas de projeto, obra e manutenção de edificações. Com base nessas categorias, foram levantados os critérios da categoria gestão da água (5). Na documentação exigida, para que um empreendimento obtenha a certificação AQUA-HQE™, é necessário atender a um perfil mínimo de desempenho: 3 categorias no nível Melhores Práticas, 4 categorias no nível Boas Práticas ou 7 categorias no nível Base.

Para o levantamento dos requisitos, foi realizada a análise da documentação exigida pela certificação AQUA-HQE™ da categoria gestão da água (5). De acordo com a certificação, o desempenho ambiental de uma construção envolve tanto uma vertente de gestão ambiental como uma de natureza arquitetônica e técnica. No Quadro 10, adaptado do Anexo B do referencial técnico de certificação "Edifícios do setor de serviços - Processo AQUA", mostra os objetivos de controle dos impactos ambientais relacionados à categoria 5.

Quadro 10 - Guia para uso pelo empreendedor para a hierarquização das categorias de QAE em função dos desafios ambientais estabelecidos

OBJETIVOS DE CONTROLE DOS IMPACTOS AMBIENTAIS EXTERIORES E INTERIORES DO EDIFÍCIO											
PREOCUPAÇÕES AMBIENTAIS	PRESERVAR OS RECURSOS			REDUZIR A POLUIÇÃO			REDUZIR OS RESÍDUOS	REDUZIR OS INCÔMODOS		MELHOR CONFORTO	PRESERVAR A SAÚDE
	Energia	Matérias primas	Água	Ar	Água	Solo		Ruídos	Odores		
Gestão											
5 Água											
5.1 Economia de água potável			P		X					X	X
5.2 Gestão de águas pluviais no terreno			X		X	X			X		
5.3 Esgotamento sanitário			X		X	SC			X		
P	Relação forte existente entre preocupação e objetivo, devendo ser prioritariamente examinada pelo empreendedor, desafios ambientais importantes										
X	Outra relação identificada entre preocupação e objetivo, ou relação induzida										
SC	Relação podendo existir dependendo do contexto, a ser examinada caso a caso										
	Uma célula em branco não significa necessariamente uma total ausência de relação (a ser analisada caso a caso)										

Fonte: Adaptado de Referencial técnico de certificação "Edifícios do setor de serviços - Processo AQUA"

A categoria 5 visa o uso racional da água potável, a redução do consumo e o reaproveitamento de águas pluviais ou águas cinzas, quando possível. Tendo de acordo com o Processo AQUA os seguintes requisitos:

Redução do consumo de água potável por meio de dispositivos economizadores (ex.: torneiras temporizadas, bacias com duplo acionamento);

Implantação de sistemas de medição e monitoramento do consumo de água por setor ou por tipo de uso;

Reaproveitamento de águas pluviais e águas cinzas, respeitando os critérios técnicos e sanitários;

Uso de dispositivos eficientes de irrigação para áreas verdes;

Educação e sensibilização dos usuários quanto ao uso consciente da água;

Manutenção preventiva dos sistemas hidráulicos para evitar vazamentos;

Verificação da compatibilidade dos materiais e equipamentos com os sistemas de reúso.

Dessa forma, os requisitos apresentados serviram de base para a definição das atividades que foram acrescidas no mapa de processos de projeto BIM, com foco na incorporação de estratégias que promovam o aproveitamento de águas pluviais ao longo das etapas de projeto.

3.4.4 Checklist de verificação para aproveitamento de águas pluviais

Após o levantamento dos requisitos normativos e da certificação, surgiu a necessidade de uma ferramenta prática que assegure a conformidade técnica e a integração das informações dentro do processo de projeto. O *checklist* de verificação para aproveitamento de águas pluviais foi concebido como um instrumento de auditoria e garantia de conformidade, traduzindo as diretrizes das normas NBR 15527 (ABNT, 2019a), NBR 16783 (ABNT, 2019b) e certificação AQUA-HQE™ em itens verificáveis.

A relevância deste *checklist* no mapa de processos de projetos BIM proposto neste trabalho consiste em três fundamentos. O primeiro está relacionado a acrescentar informações normativas nos parâmetros BIM, ou seja, orientar a modelagem dos objetos BIM, de forma que seja possível a simulação hidráulica para aproveitamento de águas pluviais.

O segundo fundamento está relacionado à segurança do sistema, uma vez que a norma NBR 16783 (ABNT, 2019b) exige a verificação da separação entre águas potáveis e não potáveis. O *checklist* atua como uma orientação preventiva contra conexões cruzadas e falhas de sinalização.

O terceiro é relacionado ao suporte na tomada de decisões de projeto. Considerando as características pluviométricas e a demanda hídrica específica do projeto, o *checklist* valida se o dimensionamento e os dispositivos de tratamento (filtros e descarte de sólidos) foram corretamente incorporados ao modelo BIM.

Além disso, foi possível verificar métricas relacionadas às exigências da certificação de sustentabilidade. Estruturalmente, o *checklist* foi organizado em categorias que seguem o processo de projeto para o sistema de aproveitamento de águas pluviais: desde a captação (superfícies e condutores), passando pelo tratamento e reservação, até a distribuição e segurança operacional. Cada item verificado deve resultar em um status de conformidade que alimentará a etapa de validação final deste trabalho.

3.4.5 Visita técnica para referência de solução

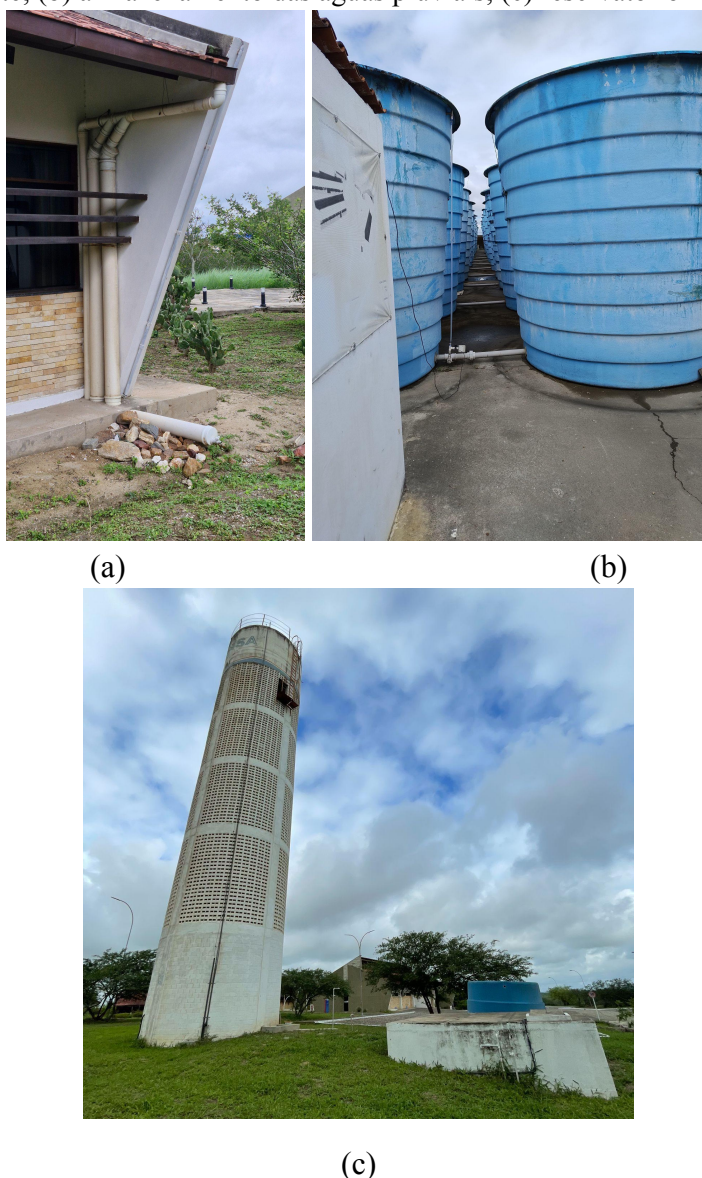
A fim de buscar referências de boas práticas e soluções sustentáveis voltadas para o aproveitamento de águas pluviais, foi realizada uma visita técnica ao Instituto Nacional do Semiárido (INSA) nas áreas de aproveitamento de água da chuva e tratamento de esgoto, visando avaliar a viabilidade de implementação dessas tecnologias no Projeto do Mercado das Plantas Ornamentais, do município de Boquim/SE.

O INSA é uma unidade de pesquisa integrante do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) por força da Lei nº 10.860 (Brasil, 2004) e tem como finalidade promover o desenvolvimento científico e tecnológico e a integração dos polos socioeconômicos e ecossistemas estratégicos da região do Semiárido brasileiro, bem como realizar, executar e divulgar estudos e pesquisas na área de desenvolvimento científico e tecnológico para o fortalecimento do desenvolvimento sustentável da região. Sua missão é ser agente de transformação, promovendo inovação tecnológica e social para o Semiárido brasileiro.

Dentro da área de Recursos hídricos, o INSA tem pesquisas e sistemas para aproveitamento de águas pluviais e desenvolvimento de tecnologias de tratamento de esgoto para usos múltiplos no Semiárido brasileiro.

No caso do sistema de aproveitamento de águas pluviais, a sede do INSA possui um sistema de aproveitamento da água da chuva que capta toda a área de contribuição dos telhados. O sistema conta com calhas que são direcionadas aos condutores verticais onde são feitos os primeiros descartes (Figura 7 (a)). Esta captação das águas pluviais é direcionada à área de armazenamento composta por reservatórios de polietileno (Figura 7 (b)). A água coletada é tratada através de combinação de filtro de areia e carvão ativado e é direcionada para os reservatórios inferiores e por meio de bombeamento a água vai para o reservatório superior que após passar por um clorador abastece todo o sistema de água fria da edificação Figura 7 (c).

Figura 7 - Sistema de aproveitamento de águas pluviais: (a) captação de água do telhado, calha e primeiro descarte; (b) armazenamento das águas pluviais; (c) reservatório inferior e superior



Fonte: Própria

Para o tratamento de esgoto, o INSA tem uma tecnologia patenteada, o Saneamento Ambiental e Reúso de Água (SARA), que é uma alternativa de tratamento de esgoto doméstico individual, para populações descentralizadas rurais, institucionais, que permite que diversas regiões do semiárido, as quais não dispõem dos serviços de saneamento básico possam ter acesso.

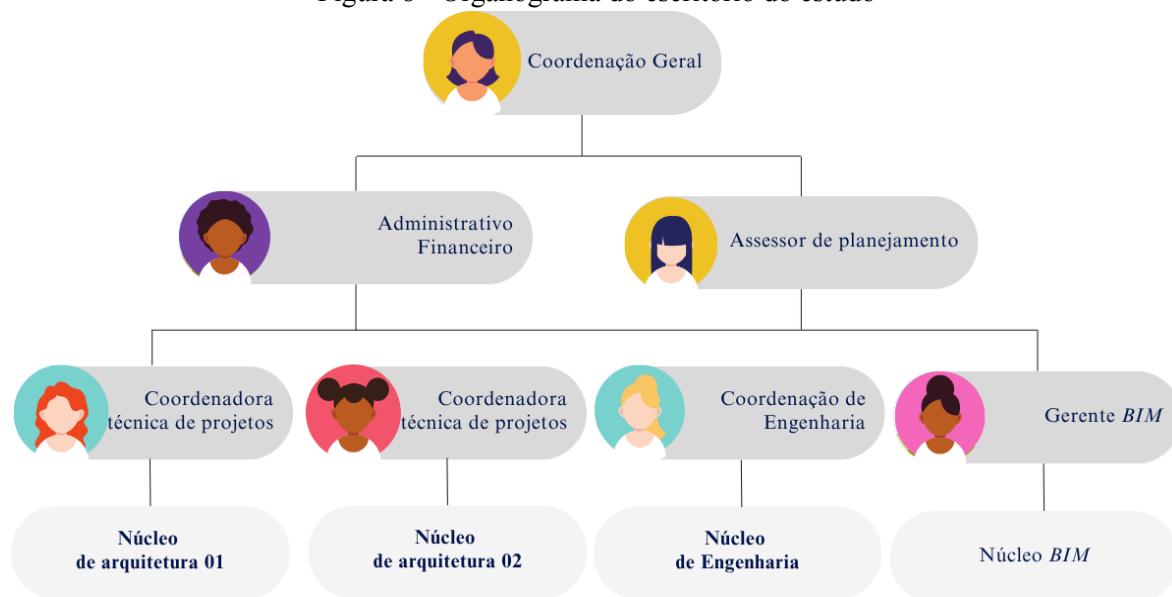
Dessa forma, o levantamento dos requisitos normativos e da certificação, aliado ao uso do checklist de verificação para aproveitamento de águas pluviais, usando como piloto as observações do INSA, permitiu identificar oportunidade de incluir atividades específicas voltadas para a gestão da água no processo de projetos BIM existente no escritório do estudo.

3.4.6 Observação das atividades do escritório

O primeiro passo para atender o objetivo específico de criação da modelagem de processos de projeto BIM para aproveitamento de águas pluviais, foi observar as atividades do escritório de projetos. Este escritório atua no mercado sergipano desde 2021 e tem como serviços a assessoria a prefeituras na elaboração de projetos, utilizando a metodologia BIM para obras públicas consideradas estratégicas pelos gestores municipais. Vale ressaltar que a autora da dissertação faz parte da equipe de projetos deste escritório, o que facilitou o acesso ao conteúdo documental.

O escritório possui um corpo de profissionais formado por arquitetas(os) urbanistas e engenheiras(os) que compõem a parte administrativa, representada pela coordenação geral, administrativo financeiro e assessoria de planejamento. E as coordenações responsáveis pela gestão de projetos (arquitetura e engenharia) que lideram os núcleos operacionais: núcleo de engenharia, núcleo de arquitetura e núcleo BIM, seguindo o organograma da Figura 8.

Figura 8 - Organograma do escritório do estudo



Fonte: Autora (2025)

O Núcleo de Arquitetura atua na concepção, desenvolvimento e compatibilização dos projetos arquitetônicos, considerando aspectos funcionais, estéticos e normativos. O Núcleo de Engenharia é responsável pelo desenvolvimento dos projetos complementares e pela definição das soluções técnicas que atendam aos requisitos de desempenho e operacionais. Já o Núcleo BIM é responsável pela gestão das informações do projeto, pela implementação da metodologia BIM e pelo desenvolvimento dos modelos federados, assegurando a integração entre as disciplinas e a entrega dos produtos conforme os requisitos estabelecidos.

Os projetos desenvolvidos pelo escritório são variados de acordo com as demandas dos municípios; alguns exemplos são: mercados municipais, praças, pórticos, centros culturais, orlas fluviais, entre outros. Os entregáveis são os licenciamentos, projetos e orçamentos executivos, ou seja, toda a documentação necessária para a licitação da obra. Com esses materiais, os gestores podem elaborar o edital de licitação e posteriormente iniciar a obra. Feita essa contextualização e após a observação das atividades do escritório e da estrutura organizacional, foi iniciada a análise documental do projeto de intervenção.

O projeto escolhido para estudo nesta pesquisa é o Mercado das Plantas Ornamentais da cidade de Boquim/SE, que é de projeto desenvolvido para atender à demanda da associação de produtores de plantas ornamentais. O município de Boquim está localizado a aproximadamente 82 km de Aracaju, capital sergipana, situado no sul do estado de Sergipe, possui área territorial de aproximadamente 215 km². O acesso principal ao município se dá por meio das rodovias SE-160 e Cleonânio Fonseca. Faz fronteira com os municípios de Lagarto, Salgado, Itabaianinha, Pedrinhas, Arauá e Riachão do Dantas. Na Figura 9, é possível visualizar a área de intervenção do projeto de Mercado das Plantas Ornamentais de Boquim/SE.

Atualmente, cerca de 100 famílias atuam de forma cooperada nesse segmento, sendo responsáveis pela produção e exportação de mais de 50 mil mudas para diversos estados do Nordeste, demonstrando a capacidade de reinvenção econômica e vocação agrícola da região. Por isso, a edificação do projeto de Mercado das Plantas Ornamentais tem duas principais funcionalidades, a área de comercialização das plantas e a sede associação de produtores de plantas ornamentais.

Figura 9 - Área de intervenção



Fonte: Escritório do estudo

No plano de necessidades, foram selecionados os usos: Apoio administrativo, Garden (área de comercialização), área de convivência e cultivo de plantas (Figura 10). A área de intervenção tem 5.729,60 m², e o objetivo do escritório do estudo é tornar esse projeto referência no quesito sustentabilidade.

Figura 10 - Estudo para plano de necessidades



Fonte: Escritório do estudo

A etapa seguinte refere-se à análise documental do projeto, que subsidia as informações necessárias para dimensionamentos, cálculos e verificações do atendimento dos requisitos para aproveitamento de águas pluviais.

3.4.7 Análise documental

Nesta etapa, foi realizada uma análise documental dos materiais técnicos disponíveis relacionados ao projeto do Mercado de Plantas Ornamentais de Boquim/SE e as normas técnicas utilizadas para elaboração do projeto. O objetivo foi identificar, extrair e organizar as informações relevantes para subsidiar a modelagem de processos BIM com foco no aproveitamento de águas pluviais.

O projeto de Mercado de Plantas Ornamentais de Boquim/SE foi escolhido por apresentar potencial de aproveitamentos de águas pluviais como fonte alternativa de alimentação predial e para irrigação na área do Garden (loja de plantas ornamentais). Além disso, por ter a área de contribuição dos telhados com potencial uso de águas pluviais.

O primeiro documento analisado foi o Plano de Execução BIM (PEB) que de acordo com a NBR 19650-1 (ABNT, 2025a) é um documento desenvolvido com o objetivo de fornecer um plano de gerenciamento de informações e gerenciamento de dados, assim como atribuir funções e responsabilidades para a criação do modelo e a completa integração dos dados de projeto.

O PEB alinha as necessidades e os requisitos do projeto, com seus respectivos padrões técnicos, habilidades e responsabilidades de todos os agentes envolvidos, *softwares*, versões e a forma como se dá a troca de informação entre os agentes envolvidos. É através desse documento que se estabelecem os usos da metodologia BIM no projeto e as razões da sua adoção. São definidos todos os usos e benefícios que esta metodologia traz para o desenvolvimento completo de um projeto.

O intuito do plano foi instruir a construção virtual do objeto: Projeto do Mercado de Plantas Ornamentais, garantindo que todos os requisitos e informações fossem repassados e respeitados de forma correta por todos os projetistas envolvidos. Outro objetivo do plano foi estabelecer o cronograma de atualizações e entregas do projeto.

Também foi analisado o plano de necessidades utilizado (melhor descrito nos resultados) para desenvolver o projeto arquitetônico, onde foram avaliadas a distribuição espacial, as tipologias de uso dos ambientes, os sistemas prediais previstos e os pontos críticos relacionados ao consumo e aproveitamento de águas pluviais. Além disso, foi analisado o levantamento topográfico para identificar as informações sobre relevo, curvas de nível, limites de terreno e características geotécnicas, fundamentais para verificar as possibilidades de captação e drenagem de águas pluviais no entorno do edifício.

3.4.8 Análise da modelagem de processos BIM atual do escritório

Nesta fase, foram analisadas as modelagens de processos de projetos BIM para entender o fluxo de trabalho atual do escritório e potencial de inclusão de atividades que contribuam para o aproveitamento de águas pluviais. Essas modelagens foram elaboradas em termos de mapa do estado atual, intermediário e futuro.

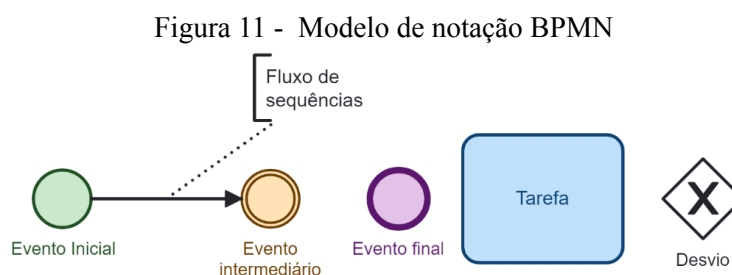
Esses conceitos fazem parte da metodologia de Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV), que é uma ferramenta de melhoria contínua do Pensamento Enxuto, isto acontece porque após realizar as ações para atingir o mapa de estado futuro este se torna o mapa de estado atual. Dando continuidade ao método, são elaboradas novas ações de melhoria para atingir um novo mapa futuro e assim sucessivamente (Rother; Shook, 2003).

Para esta análise, foram feitas pesquisas documentais da modelagem de processos de projetos BIM existentes. Neste escritório de projetos, objeto dessa pesquisa, os processos de projetos são divididos em três principais etapas: Estudo de Viabilidade (EV), Projeto Básico (PB) e Projeto Executivo (PE). O estudo de viabilidade é a primeira etapa dos processos e, através do produto desse estudo, o material chamado “kit perfeito”, os gestores prospectam recursos de verbas estaduais ou federais para execução das obras. O “kit perfeito” é um caderno técnico que reúne a proposta de estudo de viabilidade do projeto, tanto em termos projetuais quanto financeiros. Esse material inclui levantamentos dos ambientes, propostas de intervenção, imagens realistas da solução projetada e uma planilha com a estimativa de custos da obra.

Na etapa de projeto básico são adicionadas, nos modelos, as informações construtivas alinhadas ao uso BIM de orçamento de obras, também nessa etapa são feitas análises de diretrizes de engenharia, dimensionamentos e modelagem dos projetos. A última etapa é o projeto executivo; nesta etapa são desenvolvidos os documentos técnicos necessários para a licitação e execução da obra.

O escritório elaborou sua primeira modelagem de processos em 2022, que foi reformulada em 2025. Em ambas as versões, não foram incluídas atividades relacionadas ao aproveitamento de águas pluviais. Para a modelagem dos processos BIM, foi utilizada ferramenta para troca de informações chamada de manual de entrega de informações *Information Delivery Manual* (IDM) normatizada pela ISO 29481-1 (ISO, 2025). A abordagem preferencial para desenvolver a modelagem de processos dentro do IDM é o *Business Process Modeling Notation* (BPMN), devido principalmente a sua frequente utilização na especificação de processos de grandes projetos (BuildingSMART, 2010).

O modelo de notação BPMN representa cada ação com um símbolo. Os objetos dos fluxos são divididos em: atividades, simbolizadas por quadrados, que são o trabalho a ser executado; eventos, simbolizados por círculos, que são as ocorrências de início ou fim dos processos; e desvios, simbolizados por losangos, são pontos de desvio que determinarão o caminho que o processo seguirá (Figura 11).



Fonte: A autora, de acordo com o modelo de notação (BuildingSMART, 2010)

A análise comparativa das modelagens de processos BIM elaborados em 2022 (estado atual) (MEA) e 2025 (estado intermediário) (MEI) permitiu identificar oportunidades de melhoria e acrescentar atividades voltadas para aproveitamento de águas pluviais.

3.4.9 Verificação da modelagem de processos de projeto BIM no mercado das plantas ornamentais de Boquim/SE

Com a análise comparativa das modelagens de processos de projetos BIM elaborados pelo escritório nos anos de 2022 e 2025, bem como o levantamento de requisitos das normativas e certificação para o aproveitamento de águas pluviais, foi possível identificar lacunas e oportunidades de melhoria na modelagem de processo de projetos. Com base nessas informações, foi elaborada uma nova modelagem de processos, utilizando o modelo de notação BPMN, com o intuito de integrar os requisitos de aproveitamento de águas pluviais nas etapas do ciclo de vida dos projetos. Essa modelagem de processos será denominada de mapeamento do estado futuro (MEF).

A nova modelagem de processos (MEF) contemplou a inclusão de atividades específicas nas três macroetapas que caracterizam o processo de projeto no escritório: Estudo de Viabilidade, Projeto Básico e Projeto Executivo. Na fase de Estudo de Viabilidade, foram previstas atividades voltadas à análise de viabilidade técnica e econômica, levantamento de demandas hídricas, à análise de potencial para captação de águas pluviais e à identificação de possibilidades de aproveitamento.

Durante o Projeto Básico, foram incluídas atividades relacionadas à identificação preliminar de oportunidades para o uso racional da água, simulação de consumo de água, bem como ao dimensionamento de sistemas de aproveitamento de águas pluviais. Na etapa de Projeto Executivo, a modelagem de processos passou a contemplar atividades voltadas ao detalhamento técnico das soluções adotadas, à definição de indicadores de desempenho hídrico e à elaboração dos documentos necessários para o atendimento aos requisitos normativos e aos critérios de certificação.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1.1 Requisitos de aproveitamento de águas pluviais aplicáveis na modelagem de processos de projeto BIM

Inicialmente foram feitas análises de viabilidade técnica-econômica partir da NBR 15527 (ABNT, 2019a), que estabelece os requisitos para o aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis, de acordo com esta norma no estudo do projeto deve ser considerada “a caracterização geral do local e demais informações como suprimentos pluviométricos, área de captação, volume do reservatório, mecanismos para melhoria da qualidade da água, demanda a ser atendida e percentual de atendimento estimado desta demanda”(ABNT NBR, 2019a).

Os dados pluviométricos do município de Boquim/SE foram levantados a partir de documento divulgado no site da Empresa de Desenvolvimento Agropecuário de Sergipe (EMDAGRO. 2025) no período de 2000 a 2023 (Figura 12). Em seguida, foi possível calcular a disponibilidade teórica de água de chuva para captação de acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2019a).

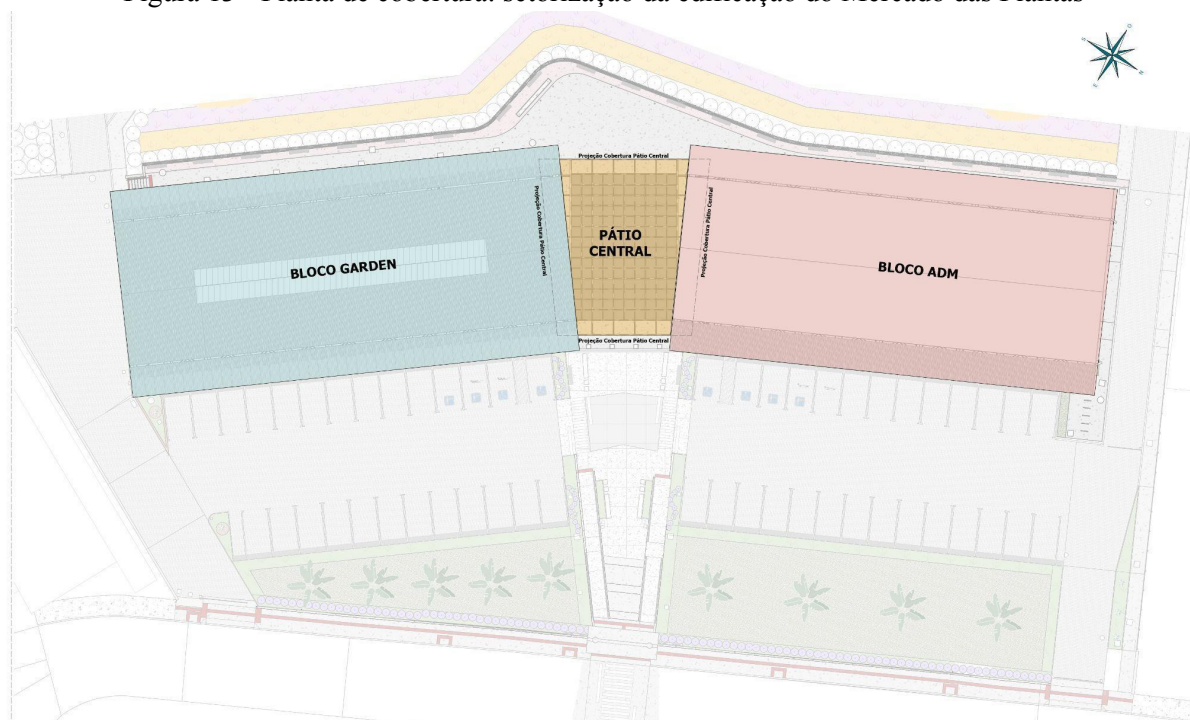
Figura 12 - Pluviosidade média mensal 2000 a 2023 (em mm) do município de Boquim/SE

MUNICÍPIO DE BOQUIM																
PLUVIOSIDADE MÉDIA MENSAL 2000 A 2023 (em mm)																
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	ACUM	MED	MIN	MAX
2000	143,3	134,5	48,7	190,5	117,4	196,5	101,2	159,8	230,1	6,6	116,9	62,0	125,6	125,6	6,6	230,1
2001	62,0	20,7	118,8	92,9	68,4	196,5	173,1	130,1	100,8	101,6	44,2	64,4	1 173,5	97,8	20,7	196,5
2002	233,8	83,2	30,0	56,3	205,6	191,3	120,1	...	73,6	6,5	49,5	...	1 049,9	105,0	6,5	233,8
2003	6,1	41,4	40,7	59,3	192,8	169,3	167,7	106,5	74,7	60,4	108,3	13,3	1 040,5	86,7	6,1	192,8
2004	305,8	132,2	68,4	75,9	144,8	105,7	84,6	147,9	65,5	16,9	24,3	1,0	1 173,0	97,8	1,0	305,8
2005	49,3	36,5	65,2	173,1	170,1	116,5	205,7	142,3	14,7	7,5	5,3	26,3	1 012,5	84,4	5,3	205,7
2006	18,8	12,2	45,8	167,5	129,1	328,1	296,9	87,6	139,7	69,5	48,8	13,8	1 357,8	113,2	12,2	328,1
2007	87,8	155,2	183,7	172,5	220,8	186,0	123,4	130,2	72,,8	23,0	25,7	17,2	1 325,5	120,5	17,2	220,8
2008	23,1	96,4	181,0	246,1	216,7	98,1	169,8	120,2	56,1	36,9	1,2	17,4	1 263,0	105,3	1,2	246,1
2009	20,6	64,9	12,2	108,6	661,6	127,0	143,7	155,6	82,4	68,4	3,9	2,7	1 451,6	121,0	2,7	661,6
2010	30,9	136,9	116,6	241,0	123,1	232,0	199,3	100,5	80,8	67,5	1,8	1,0	1 331,4	111,0	1,0	241,0
2011	71,0	138,4	135,3	313,2	150,6	78,9	137,8	91,2	28,5	113,5	98,3	3,6	1 360,3	113,4	3,6	313,2
2012	32,8	129,9	29,0	1,6	139,0	75,6	120,7	136,8	84,3	98,3	2,9	9,2	860,1	71,7	1,6	139,0
2013	45,5	1,7	0,5	156,3	266,5	219,5	259,2	167,7	93,5	293,0	68,6	86,6	1 658,6	138,1	0,5	293,0
2014	21,1	57,1	165,9	115,4	143,1	234,4	375,4	99,5	55,3	81,2	159,4	18,5	1 526,3	127,2	18,5	375,4
2015	22,5	80,7	61,2	136,6	401,7	207,5	128,9	119,4	35,3	46,0	0,1	47,1	1 159,2	107,3	0,1	401,7
2016	186,4	50,0	49,7	41,9	282,0	154,3	96,4	64,0	56,9	62,3	6,6	33,4	1 083,9	90,3	6,6	282,0
2017	9,2	45,3	17,0	237,2	217,6	237,8	185,6	94,9	380,2	65,4	16,5	75,7	1 582,4	144,6	9,2	380,2
2018	40,4	43,0	100,0	222,0	154,0	178,0	105,0	89,0	17,0	18,0	48,0	58,0	1 072,4	89,7	17,0	222,0
2019	28,7	69,8	255,0	97,6	106,4	367,3	342,3	91,9	72,2	33,7	18,1	12,0	1 495,0	124,6	12,0	367,3
2020	11,8	86,6	140,2	246,6	238,8	223,5	228,8	109,4	48,8	26,6	59,3	10,4	1 430,8	119,2	10,4	246,6
2021	63,1	0,0	62,7	217,6	147,8	76,8	245,9	114,0	52,6	43,0	102,9	252,7	1 379,1	114,9	0,0	252,7
2022	84,7	12,4	68,0	145,3	186,2	145,5	120,0	150,5	52,1	34,9	163,6	86,2	1 249,4	104,1	0,0	186,2
2023	45,5	79,7	130,1	118,7	247,4	216,8	82,9	105,6	68,4	10,5	11,8	81,7	1111,8	99,9	10,5	247,4
MÉDIA	68,5	70,8	88,6	151,4	205,5	181,8	175,6	118,0	85,4	58,0	49,4	43,1	1 219,7	108,9	7,1	282,0

Fonte: EMDAGRO (2025)

A edificação do Mercado de Plantas Ornamentais tem duas principais áreas de captação da chuva, que são as áreas dos telhados do Bloco Garden 962,561 m² e Bloco ADM 899,857 m² (Figura 13). Em ambos foi considerado o coeficiente de escoamento superficial de 0,95 e para eficiência do sistema de captação 0,85 (ABNT, 2019a). É válido destacar que, como o projeto arquitetônico foi modelado utilizando a metodologia BIM, todos os quantitativos necessários para cálculos e análises foram extraídos do modelo de forma automática.

Figura 13 - Planta de cobertura: setorização da edificação do Mercado das Plantas



Fonte: Escritório do estudo

Depois disso, foram feitas das análises de demanda hidráulica e, para isto, foram levantadas as áreas dos ambientes da edificação, definido o número de pessoas por ambiente de acordo com a primeira Instrução técnica do corpo de bombeiros de Sergipe (IT01) e calculado o consumo de água de litros por dia de acordo com a classificação de Creder (2006), para os ambientes, sendo dessa forma, calculado o volume litros/dia de demanda da edificação (Quadro 11).

Quadro 11 - Cálculo do volume demanda hidráulica por ambiente

Ambiente	Classificação (Creder, 2006)	Consumo (L)	Unidade	Volume
ADM	Escritórios	50	per capita	300
ALMOXARIFADO	-	-	-	-
BERÇÁRIO	Escola - externatos	50	per capita	650

COMERCIAL	Edifícios públicos ou comerciais	50	per capita	150
COPA	-	-	-	-
DEPÓSITO	-	-	-	-
DML	-	-	-	-
EMBALAGENS - PAV SUP	Edifícios públicos ou comerciais	50	per capita	50
ADM. EMBALAGENS				
GARDEN	Mercado	0	por m ²	0
GERÊNCIA	Escritórios	50	per capita	150
JARDIM	-	-	-	-
LANCHONETE	Restaurantes e similares	25	por refeição	250
LAVABO FEM.	-	-	-	-
LAVABO MASC.	-	-	-	-
R.H.	Escritórios	50	per capita	150
REFEITÓRIO E DESCANSO	-	-	-	
REUNIÃO	Escritórios	50	per capita	600
TREINAMENTOS	Escolas - externatos	50	per capita	1650
DEPÓSITO	-	-	-	
TOTAL(L/dia)				3950

Fonte: Escritório do estudo

Além das áreas dos ambientes da edificação, também foram consideradas para demanda hidráulica a lavagem de pisos e irrigação de áreas verdes. Essas áreas foram levantadas a partir da modelagem do projeto arquitetônico, e para estimativa da demanda foi feita a partir das seguintes considerações:

- Estações secas e chuvosas definidas da seguinte forma: meses cuja precipitação média seja inferior à média anual são classificados como meses secos. Os que estiverem acima são considerados chuvosos;
- A frequência de rega de plantas nas duas estações são diferentes;
- A frequência de lavagem dos pisos é a mesma durante a estação chuvosa e seca.

Sendo, dessa forma, levantada as estimativas de volume de demanda de água de reúso e com isso, atestada a viabilidade técnica e econômica para aproveitamento de águas pluviais para edificação e implantação.

Com a confirmação da viabilidade técnica, para o sistema de aproveitamento de águas pluviais é necessário captar a água da chuva através de calhas e coletores de água que podem ser de PVC ou metálico (Thomaz, 2010). As calhas foram dimensionadas de acordo com a NBR 10844 (ABNT, 1989), que se aplica à drenagem de águas pluviais em coberturas e demais áreas associadas ao edifício.

A NBR 15527 (ABNT, 2019a) prevê a etapa de pré-tratamento da água pluvial antes de ser armazenada no reservatório, para evitar o risco de interrupção da qualidade da água, recomenda-se a instalação de dispositivos, como grades e telas, para remoção de sólidos indesejáveis (detritos, folhas, insetos etc.) que devem ser retidos e/ou desviados. Após esse filtro inicial, a norma recomenda instalar no sistema um dispositivo para o descarte da água de escoamento inicial e que este dispositivo recomendado seja automático.

A partir destas informações, o passo seguinte foi calcular os reservatórios para armazenamento de água pluvial. “O reservatório deverá ter um extravasor. O tubo de descarga destinado à limpeza deverá ter diâmetro para esvaziamento em aproximadamente uma hora” (Thomaz, 2010, p. 13). Para o sistema hidráulico da edificação, foi realizado um tratamento complementar da água para pontos de consumo como: bacias sanitárias, lavatórios, pias, chuveiros e torneiras.

Para as instalações prediais, o dimensionamento deve ser de acordo com a NBR 5626 (ABNT, 2020). Quanto às recomendações dos materiais de construção das instalações, deve-se prever a proteção contra interligação entre água potável e não potável, sendo recomendada a sinalização com placas de advertência e pintura das tubulações, de acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2019a).

Em relação à qualidade da água, devem ser atendidos os parâmetros mínimos de acordo com o uso, para o uso não potável (torneiras, bacias sanitárias), podem ser considerados os parâmetros do Quadro 12, e para fins potáveis devem ser atendidos os parâmetros da Portaria GM/MS nº 888/2021 do Ministério da Saúde que estabelece os novos Padrões de Potabilidade da Água para Consumo Humano (Brasil, 2021). Além disso, de acordo com Thomaz (2010), é recomendável que se faça a desinfecção da água de chuva com cloro, principalmente quando a água de chuva for usada em descargas em bacias sanitárias.

Quadro 12 - Parâmetros mínimos de qualidade para usos não potáveis

Parâmetro	Valor
<i>Escherichia coli</i>	< 200/100 mL
Turbidez	< 5,0 µT
pH	6,0 a 9,0

Fonte: Tabela 1 da NBR 15527 (ABNT, 2019a)

Em relação à manutenção do sistema, a NBR 15527 (ABNT, 2019a) recomenda a manutenção periódica de cada componente do sistema, seguindo as instruções do Quadro 13.

Caso tenha contaminação nas áreas de contribuição, a norma recomenda que o sistema seja desconectado e a reconexão só pode ser feita com a limpeza total do sistema e seja atestado que não existe risco de contaminação.

Quadro 13 - Frequência de manutenção dos componentes do sistema de águas pluviais

Componente	Frequência de Manutenção
Dispositivo de descarte de detritos	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Dispositivo de descarte do escoamento inicial, se existir	Inspeção mensal Limpeza trimestral
Calhas ^a	Inspeção semestral, quando necessário
Área de captação, condutores verticais e	Inspeção semestral, quando necessário.
Dispositivos de desinfecção	Inspeção mensal
Bombas	Inspeção mensal
Reservatório	Inspeção anual, quando necessário
^a Além da limpeza, deve ser realizada a verificação da existência de formação de áreas de acúmulo de água e eliminação quando necessário, para evitar a controle de vetores, em especial mosquitos.	

Fonte: Tabela 2 da NBR 15527 (ABNT, 2019a)

Após a análise do projeto em relação às normativas, foi feita a análise em relação à certificação de sustentabilidade AQUA-HQE™. Especificamente a categoria gestão da água (5) possui três subcategorias com métricas de validação: redução do consumo de água potável, gestão das águas pluviais no terreno e gestão das águas servidas. Cada subcategoria tem objetivos específicos e parâmetros a serem seguidos que estão sintetizados no Quadro 14.

Quadro 14 - Síntese das métricas da categoria gestão da água AQUA-HQE™

5.0 Gestão da água			
Subcategoria		Objetivo	Parâmetro
5.1 Redução do consumo de água potável	5.1.1 Limitar as vazões de utilização	O princípio desta exigência é a instalação de redutores de pressão (sempre que a pressão for superior a 300 kPa para que sejam limitadas as vazões nos pontos de uso).	Projeto executivo instalações hidráulicas com notas referenciando as pressões dinâmicas previstas.
	5.1.2 Limitar a demanda de água para uso sanitário	O objetivo desta exigência é garantir que tenham sido adotadas medidas para economizar o uso de água nos sanitários das edificações.	$B_{\text{sanitários}} / B_{\text{ref sanitários}}$ (exceto hotelaria) = 0,726239669

		Considerando a instalação de dispositivos que permitam uma economia de água (descargas de duplo-fluxo, dispositivos reguladores de vazão, restritores de vazão, com sensores de operação, etc.).	$B_{\text{sanitários}}$: são as necessidades de água de equipamentos hidro econômicos $B_{\text{ref sanitários}}$: são as necessidades de água com equipamentos usuais.
	5.1.3 Limitar o consumo de água potável distribuída	O objetivo desta exigência é garantir que medidas sejam tomadas para limitar o consumo de água potável para as diferentes necessidades que podem ser cobertas por água proveniente de outras fontes (irrigação dos espaços verdes, limpeza de determinadas áreas, bacias sanitárias e mictórios).	Porcentagem das necessidades de água não potável (%)= 64,01007864 Relação entre a demanda global de água potável e demanda de água não potável
5.2 Gestão das águas pluviais no terreno	5.2.1 Limitar a impermeabilização do terreno	Favorecer a infiltração da água pluvial no terreno, por meio da instalação de superfícies permeáveis (Exemplo: cobertura vegetalizada e pavimentos permeáveis).	Coefficiente de impermeabilização= 0,74 O coeficiente de impermeabilização global do terreno é definido como a relação entre a superfície impermeabilizada de um terreno e sua superfície total.
	5.2.2 Gerenciar as águas pluviais de maneira alternativa	O objetivo desta exigência é gerenciar o escoamento superficial de águas de chuva, garantindo o armazenamento de volume satisfatório durante episódios chuvosos e a bons resultados da resultante da vazão de escoamento final no terreno.	% do volume de água pluvial armazenado com técnicas alternativas= 73,33
5.3 Gestão das águas servidas	5.3.3 Em rede unitária, limitar os descartes de águas pluviais na rede	O objetivo desta exigência é limitar os descartes de água pluvial na rede.	Porcentagem de água pluvial não descartada na rede (%)= 59,48199749 Em função da impermeabilização do terreno (cálculo efetuado em 5.2.1) e da reciclagem eventual da água pluvial, determinar a porcentagem anual de água pluvial não descartada na rede.

Fonte: Adaptado de Guia Prático do Referencial da Qualidade Ambiental do Edifício«Edifícios Não Residenciais

Dessa forma, de acordo com as normas citadas e certificação AQUA-HQE™, foram listadas as atividades a serem acrescentadas no mapa de processos de projeto BIM, listadas no Quadro 15. As atividades foram relacionadas aos requisitos levantados nos tópicos anteriores e atribuídas a etapas do projeto de Estudo de Viabilidade, Projeto Básico e Projeto Executivo.

Quadro 15 - Cálculo do volume demanda hidráulica por ambiente

Requisitos aplicáveis no Mapa de processos de projetos BIM	Referência	Etapas do Mapa de processos
Análise de viabilidade técnica e econômica	NBR 15527 (ABNT, 2019a)	Estudo de Viabilidade (EV)
Levantamento da área de contribuição	NBR 10844 (ABNT, 1989)	Estudo de Viabilidade (EV)
Cálculo da disponibilidade teórica de água da chuva	NBR 15527 (ABNT, 2019a)	Estudo de Viabilidade (EV)
Definição dos usos potáveis e não potáveis de acordo com os ambientes da edificação	NBR 15527 (ABNT, 2019a)	Projeto Básico (PB)
Definição de equipamentos com uso racional de água: no caderno de especificações	AQUA-HQE™	Projeto Básico (PB)
Modelagem/dimensionamentos de elementos de captação: calhas e condutores	NBR 10844 (ABNT, 1989)	Projeto Básico (PB)
Modelagem/dimensionamento de dispositivos de primeiro descarte	NBR 15527 (ABNT, 2019a)	Projeto Básico (PB)
Modelagem/dimensionamento de reservatórios	Thomaz (2010)	Projeto Básico (PB)
Modelagem/dimensionamento de componentes de tratamento da água	Thomaz (2010)	Projeto Básico (PB)
Modelagem/dimensionamento do sistema de abastecimento dos pontos de consumo	NBR 5626 (ABNT, 2020)	Projeto Básico (PB)
Detalhamento da documentação do projeto do sistema de aproveitamento de águas pluviais	NBR 15527 (ABNT, 2019a); AQUA-HQE™	Projeto Executivo (PE)
Inserir no Memorial descritivo os locais e placas de sinalização de “Água potável” e “Água não potável”	NBR 15527 (ABNT, 2019a)	Projeto Executivo (PE)

Inserir no Memorial descritivo informações sobre a manutenção do sistema de aproveitamento de águas pluviais	NBR 15527 (ABNT, 2019a)	Projeto Executivo (PE)
Definição de indicadores de desempenho hídrico de acordo com a certificação	AQUA-HQE™	Projeto Executivo (PE)

Fonte: Autora (2025)

4.1.2 *Checklist* de verificação de Aproveitamento de águas pluviais

Após a definição das atividades a serem acrescentadas no mapa de processos de projetos BIM, foi elaborado o *checklist* de verificação de Aproveitamento de águas pluviais com o objetivo de servir como um instrumento de apoio à decisão e verificação durante as fases de concepção e modelagem BIM. Ele está dividido em categorias que abrangem desde a captação até a segurança do sistema.

- Critérios de Viabilidade técnica e econômica (ABNT , 2019a)

[] **Área de contribuição:** O projeto apresenta área de contribuição de coberturas que possibilite a captação das águas pluviais?

[] **Disponibilidade teórica de água da chuva:** Quais os índices pluviométricos da região? A partir desses dados, calcula-se a disponibilidade teórica da água pluvial.

[] **Demanda da edificação:** Quais os usos potáveis e não potáveis de acordo com os ambientes da edificação? É possível utilizar fontes alternativas de água?

- Redução do Consumo

[] **Estratégia de aproveitamento de águas pluviais:** Existe uma estimativa do volume de água potável que será substituído por água pluvial (através de planilha de cálculo ou simulação)?

[] **Equipamentos de Alto Desempenho:** Foram especificados equipamentos de baixo consumo (vasos sanitários e torneiras) para os pontos alimentados pela rede pluvial?

- Critérios de Captação e Concepção (ABNT, 2019a):

[] **Material da Cobertura:** Qual o escoamento superficial da superfície de captação?

[] **Dimensionamento de Calhas e Condutores:** As calhas possuem declividade mínima e capacidade para a intensidade pluviométrica local? Material de confecção das calhas e condutores horizontais, comprimento dos condutores verticais e coeficiente de rugosidade.

[] **Dispositivo de Descarte (escoamento inicial):** Foi previsto o descarte automático dos primeiros milímetros da chuva (lavagem do telhado)?

[] **Gradeamento/Filtragem:** Existe gradeamento nas calhas e filtro de sólidos antes da entrada no reservatório?

- Reservação e Qualidade (NBR 15527 / NBR 16783) (ABNT, 2019a, 2019b)

[] **Proteção do Reservatório:** O reservatório está protegido contra a entrada de luz solar (para evitar algas) e entrada de animais/insetos?

[] **Extravasos:** O extravasor possui proteção contra a entrada de detritos e está conectado à rede de águas pluviais?

[] **Desinfecção:** Foi previsto sistema de filtragem e cloração para manter a qualidade da água?

- Requisitos de Informação BIM

[] **Parâmetros de Componentes:** Os objetos modelados (bombas, filtros, reservatórios) possuem informações sobre capacidade, fabricante e vazão?

[] **Simulação Hidráulica:** O modelo BIM foi testado para verificar pressões e vazões nos pontos de consumo?

- Segurança e Separação de Sistemas (NBR 16783) (ABNT, 2019b)

[] **Separação Física Total:** Existe garantia de que não há conexão física (interligação cruzada) entre a rede de água pluvial e a rede de água potável?

[] **Identificação de Tubulações:** As tubulações de água não potável estão identificadas com cor específica e etiquetas de alerta?

[] **Pontos de Consumo:** As torneiras de uso não potável possuem placas de advertência "Água Não Potável"?

- Gestão de Águas Pluviais no Terreno

[] **Limitação de Escoamento:** O projeto prevê soluções de infiltração ou retenção (ex.: pavimentos permeáveis ou áreas vegetadas) para mitigar o risco de inundações no entorno?

[] **Qualidade do Lançamento:** Caso haja extravasamento para a rede pública, a água passou por filtragem prévia para evitar poluição do solo e do entorno?

- Monitoramento e Operação

[] **Acompanhamento de Manutenção:** Foram inseridos na documentação indicadores para limpeza periódica dos dispositivos de tratamento (filtros e reservatórios)?

Dessa forma, cada item verificado resultou em um status de conformidade que alimentou a etapa de validação final deste trabalho. Este *checklist* foi utilizado como um "ponto de controle" dentro do mapa de processos de projeto BIM para validação de projetos e Mercado das Plantas Ornamentais do município de Boquim/SE.

4.1.3 Análise Documental do projeto

Quanto à análise documental para auxiliar na construção da modelagem, o primeiro documento analisado foi o PEB, como já mencionado, neste documento foram encontradas as informações seguidas por toda a equipe envolvida no projeto. As informações do plano foram organizadas em quadros, o Quadro 16, contém as informações gerais do projeto, essas serão as mesmas informações contidas nos memoriais descritivos e carimbos das pranchas técnicas.

Quadro 16 - Informações do empreendimento

Informações do empreendimento	
RAZÃO SOCIAL:	xxxxx
CNPJ:	xx.xxx.xxx/000x-xx
GESTOR:	xxxxx
LOCAL:	BOQUIM/SE
OBJETO:	PROJETO DO MERCADO DE PLANTAS ORNAMENTAIS - ETAPA 1
ÁREA TOTAL (M²):	5.729,60m²
BREVE DESCRIÇÃO DO PROJETO:	O Projeto do Mercado de Plantas Ornamentais de Boquim tem como intuito criar um espaço de comercialização, administração e apoio a associação de produtores de plantas ornamentais de Boquim, com estrutura para um Garden de comercialização para a produção, espaços administrativos e de apoio aos produtores, com estacionamento, espaço para carga e descarga (docas), espaço para exposições com café e mirante.
COORDENADAS:	11° 8'58.55"S, 37°37'23.22"O

Fonte: Escritório do estudo

O tópico seguinte foram informações sobre os usos dos modelos BIM contendo todas as informações, dados e outros elementos fundamentais e necessários para compor os usos do BIM estabelecidos no projeto. Sendo eles: Concepção; Documentação; Visualização; Compatibilização; Coordenação 3D; Gestão de Interferências.

Após a definição dos usos dos modelos BIM, foi estabelecido o grau de informação do modelo para o atendimento dos objetivos. Três graus de informações foram definidos: alto, médio ou baixo. No Quadro 17, são apresentados os objetivos com seus respectivos graus.

Quadro 17 - Usos do modelo

USOS DO MODELO		
Descrição do objetivo	Grau	Definição
Concepção	Baixo	O modelo deve ser executado inicialmente de forma a atender o estudo de massas para geração de imagens ilustrativas para aprovação;
Documentação	Alto	Deve ser extraído do modelo toda a documentação assim como detalhes necessários para atender desde aprovação ao projeto Executivo;
Coordenação	Alto	Os modelos entregues devem ser elaborados e configurados para atender a coordenação do projeto, isso é, atendendo todas as solicitações de padrões exigidos para que isso seja possível. O modelo servirá para levantamento de inconsistências, incompatibilidades e melhorias na execução do projeto;
Visualização	Médio	O projeto deve ser produzido permitindo a compreensão visual de cada um dos elementos ali modelados. O modelo entregue deve permitir a compreensão de diferenciação entre as fases do projeto, ambientes e suas dimensões;
Quantitativo	Alto	O modelo deve permitir a extração de quantitativos do orçamento, para que os quantitativos sejam utilizados na captação de recursos junto ao poder público.

Fonte: Escritório do estudo

O próximo tópico refere-se aos profissionais envolvidos no projeto (Quadro 18). Essas informações são essenciais, considerando que cada projeto conta com diversos colaboradores, que nem sempre atuam presencialmente no mesmo escritório. Por esse motivo, é fundamental que os contatos estejam acessíveis a todos os participantes.

Quadro 18 - Profissionais envolvidos

PROFISSIONAIS ENVOLVIDOS					
ID.	FUNÇÃO	EMPRESA	CONTATO	E-mail	UF
D	xxxx	xxxx	xx xxxx-xxxx	xxxx@gmail.com	SE

Fonte: Escritório do estudo

Em relação às disciplinas envolvidas nos projetos, todos os profissionais precisam desenvolver os modelos em *softwares* de versões previamente selecionadas. Isso garante que haja compatibilização entre as disciplinas e principalmente os coordenadores consigam abrir

os arquivos de forma facilitada. Além disso, essas informações são importantes para atualizações das licenças dos *softwares* (Quadro 19).

Quadro 19 - Disciplinas e *softwares*

DISCIPLINAS E <i>SOFTWARES</i>				
CÓD.	DISCIPLINA	RESPONSÁVEL	SOFTWARE	VERSÃO
ARQ	ARQUITETURA	APB/PE 1 - APB/PE 2	REVIT	2024
FUN	FUNDAÇÃO	FUN / EST	Eberick / QI Builder / Revit	2024
TER	TERRAPLENAGEM	TER	REVIT	2024
EST	ESTRUTURA DE CONCRETO	FUN / EST	Eberick / QI Builder / Revit	2024
EST	ESTRUTURA METÁLICA	EST2/ORÇ	Robot / Idea Stática / Revit	2024
DRE	DRENAGEM PLUVIAL	DRE / ELE	REVIT	2024
HID	HIDRÁULICO	HID/INC/ ELE	REVIT	2024
SAN	SANITÁRIO	SAN/DRE/ ELE	REVIT	2024
INC	INCÊNDIO	HID/INC/ ELE	REVIT	2024
ELE	ELÉTRICO	DRE / ELE	REVIT	2024
SPD	SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS (SPDA)	PDA	REVIT	2024
CLI	CLIMATIZAÇÃO	CLI	REVIT	2024
ORÇ	ORÇAMENTO	ORÇ	ORÇABIM	2024

COMP	COMPATIBILIZAÇÃO	GB / AB	NAVISWORKS / BIM COLLAB	2024
------	------------------	---------	----------------------------	------

Fonte: Escritório do estudo

Em seguida, foram apresentados os padrões de nomenclatura que os documentos precisam seguir, que são formados pelo código do escritório, códigos do projeto, fase ou etapa do projeto e o número da versão, como descrito no Quadro 20.

Quadro 20 - Nomenclatura dos documentos

TIPO DE DOCUMENTO	NOMENCLATURA
Documentos (TAAP, PEB, EAP DA MODELAGEM e entre outros documentos)	P.SE_CÓDIGO DO PROJETO_(NOME DOCUMENTO)_AAAA-MM-DD EX: P.SE_BOQ-1_PEB_R00
Arquivos (rvt, nwc e ifc)	P.SE_CÓDIGO DO PROJETO_FASE DO PROJETO_DISCIPLINA_R00 EX: P.SE_BOQ-1_PE_AQ_R00
Arquivos (dwg e pdf)	P.SE_CÓDIGO DO PROJETO_FASE DO PROJETO_DISCIPLINA__Nº FOLHA_R00 EX: P.SE_BOQ-1_PE_AQ_01_R00
Arquivos de revisão	P.SE_CÓDIGO DO PROJETO_FASE DO PROJETO_DISCIPLINA__Nº DA REVISÃO_VERSÃO EX: P.SE_BOQ-1_PDM_R02_01

Fonte: Escritório do estudo

Em relação aos procedimentos gerais, o armazenamento de dados foi feito através do Google Drive®. A estrutura das pastas segue o padrão: 01 - Trabalho em andamento: arquivos em desenvolvimento; 02 - Compartilhado: arquivos submetidos à aprovação interna; 03 - Publicado: arquivos aprovados; 04 - Arquivado: versões finais armazenadas para consulta. E cada disciplina deve replicar essa estrutura em suas respectivas pastas.

O controle de publicação e atualização foi realizado através da plataforma Trimble (CDE), utilizado exclusivamente com a pasta 02 - Compartilhado, onde são disponibilizados os modelos para compatibilização. Comentários devem ser feitos via campo de tarefas ou BCF (com códigos de identificação).

Após a análise do Plano de Execução BIM do projeto de Mercado das Plantas Ornamentais do município de Boquim, a próxima etapa foi analisar os mapas de processo de projetos atuais e intermediários, a fim de ter a compreensão global das etapas de projeto.

4.1.4 Análise da modelagem de processos BIM (Mapeamento de Estado Atual)

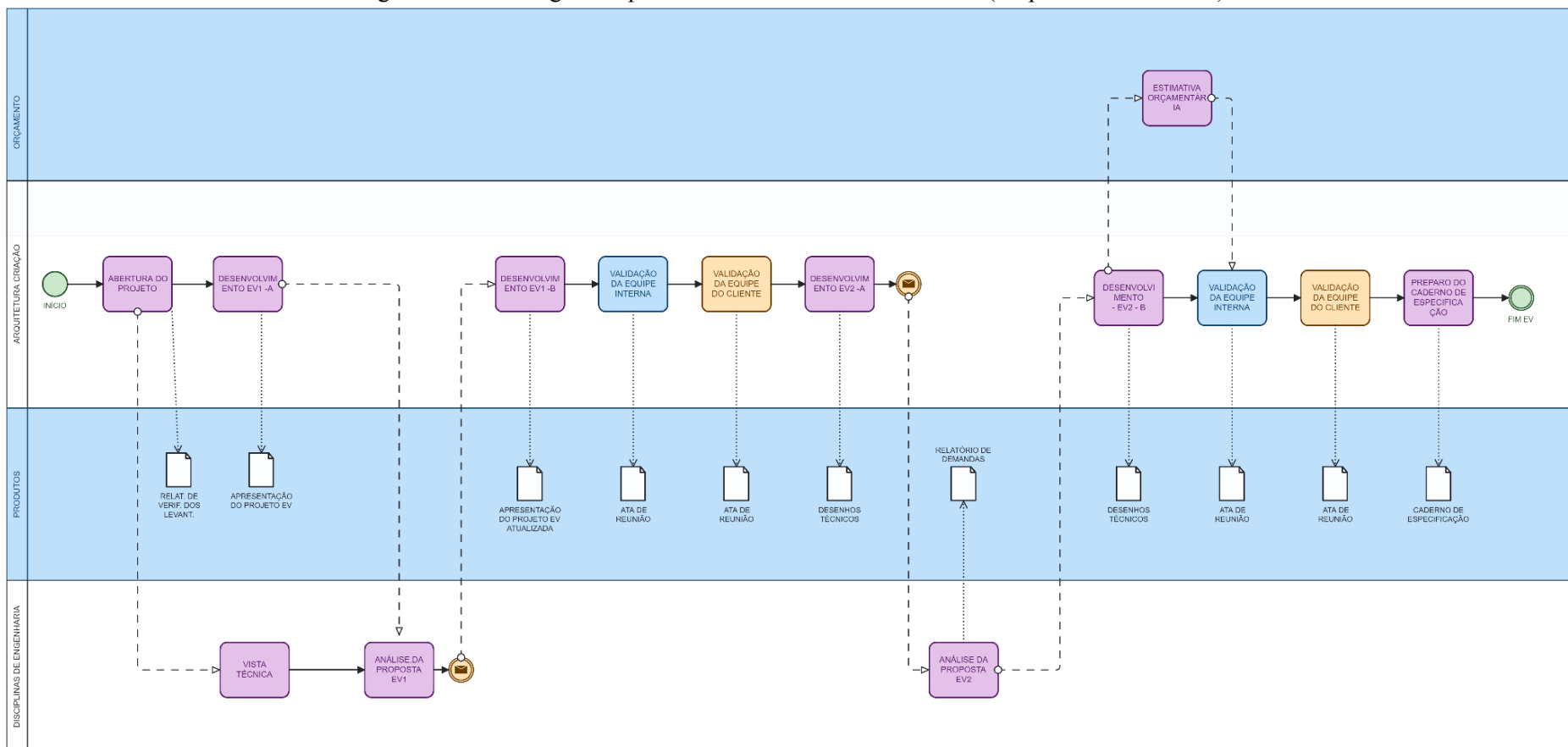
O Mapeamento de Estado Atual (MEA), faz parte da ferramenta de mentalidade enxuta: o mapeamento de fluxo de valor que é uma ferramenta de comunicação, planejamento de negócios e serve para gerenciar um processo de mudança” (Rother e Shook, 2003, p. 9). Para utilizar essa ferramenta, o primeiro passo é fazer o mapeamento de estado atual, que no caso da modelagem de processos BIM (MEA) do escritório do estudo, foi elaborado em 2022, conforme já comentado, com base na experiência da equipe técnica e nas práticas vigentes de coordenação de projetos. Essa modelagem foi dividida nas três macro etapas, as atividades do Estudo de Viabilidade (EV) representadas na Figura 14, o Projeto Básico (PB) representado na Figura 15 e o Projeto Executivo (PE), representado na Figura 16.

Com o trabalho contínuo da equipe de projetos, lacunas foram sendo identificadas ao longo da aplicação prática desses fluxos. A Figura 14 mostra a primeira modelagem do Estudo de Viabilidade. Inicialmente eram feitas até quatro versões do Estudo de Viabilidade, como mostrado nas atividades: desenvolvimento de EV1 A e B e desenvolvimento de EV2 A e B, fazendo com que essa etapa ultrapassasse seis meses de duração. Por isso, observou-se a necessidade de acrescentar informações e diretrizes projetuais para o projeto, incluindo o georreferenciamento dos modelos a partir de um levantamento topográfico prévio. Essa foi uma solução que visou trazer maior assertividade e celeridade nessa etapa em que se estipulou o prazo máximo de 45 dias.

Cabe destacar que a estruturação dos processos do MEA não contempla de forma explícita os requisitos de informação conforme estabelecido pela NBR ISO 19650 (ABNT, 2025), como os Requisitos de Informação da Organização (OIR), do Ativo (AIR) e do Projeto (PIR). A definição clara desses requisitos é essencial para garantir a efetividade do planejamento e execução dos projetos BIM e a elaboração adequada dos documentos de contratação, como o Plano de Execução BIM (PEB). Nesse sentido, foi proposta a estruturação desses requisitos no Mapeamento de Estado Futuro (MPF), com base no conteúdo do “kit prefeito”, que tem como produto o desenvolvimento e modelagem da proposta do EV com a estimativa orçamentária. Porém, a equipe de coordenação preferiu adicionar esses requisitos na próxima reformulação do mapa de processos de projeto BIM.

No MEA o “kit perfeito” era apresentado ao cliente e com a validação do mesmo, era elaborado o caderno de especificações, marco que finalizava a etapa de EV, conforme mostrado na Figura 14.

Figura 14 - Modelagem de processos do Estudo de Viabilidade (Mapa de Estado Atual)



Fonte: Adaptado do escritório em que foi desenvolvido o projeto

A fase seguinte é a Projeto Básico (PB), representada na Figura 15, iniciada com a atividade: atualização do modelo. Esta atualização continua sendo necessária porque no Estudo de Viabilidade o uso BIM é Concepção e, portanto, o grau de informação do projeto é classificado como médio, de acordo com o Plano de Execução BIM, e para o PB o uso BIM é coordenação, exigindo o nível de informação alto. Além disso, na reunião de validação com o cliente podem ser requeridos ajustes de projeto. No MEA, esta atividade é complementada pelas atividades de consolidação dos espaços e modelagem.

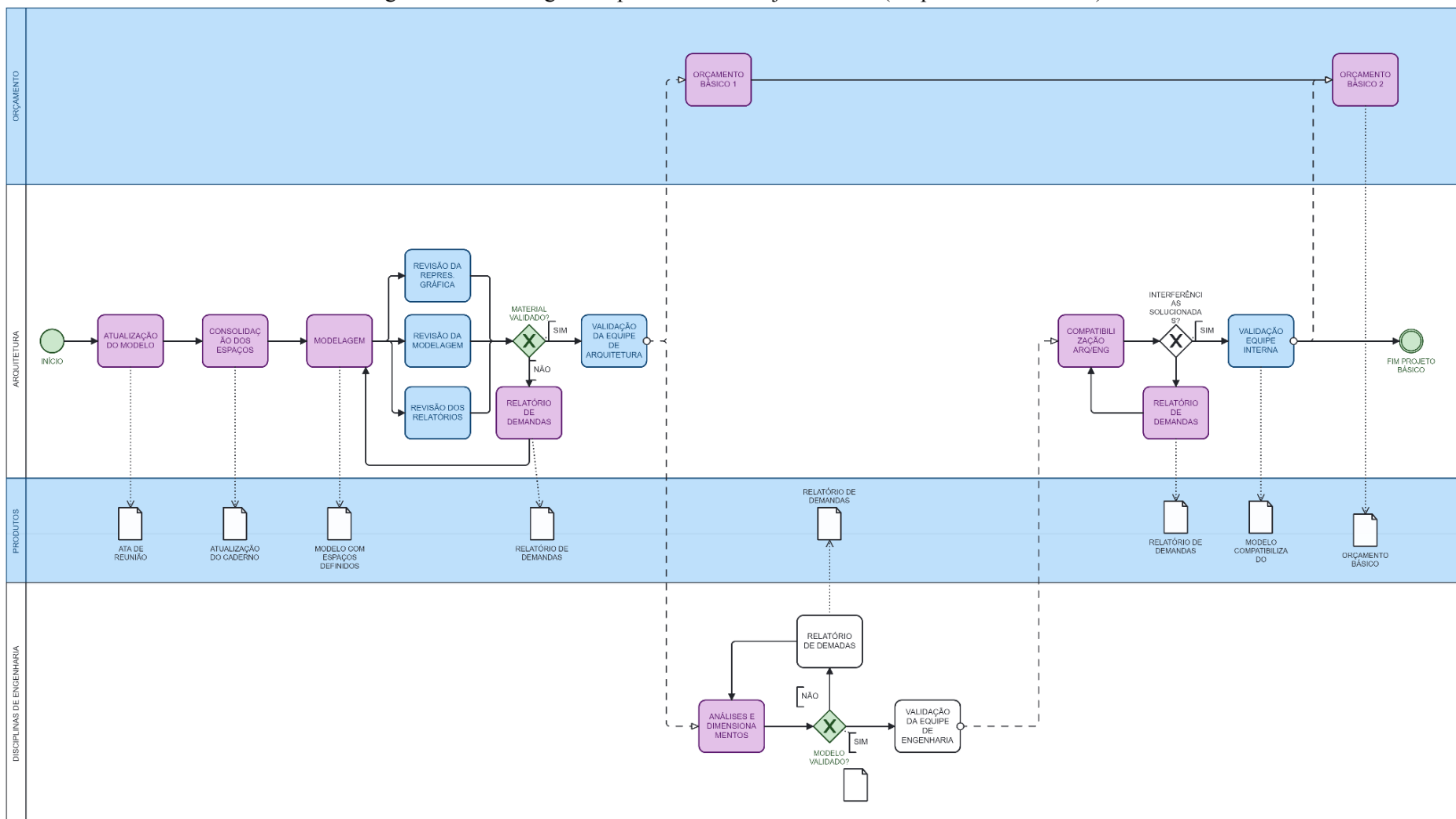
Após a validação da equipe da arquitetura, a atividade seguinte era a de estruturação do orçamento e um dos gargalos identificados pela equipe do escritório estava relacionado ao orçamento utilizando a metodologia BIM, especificamente na fase de extrair os quantitativos, pois eram identificados erros de modelagem dos projetos. Por isso, foi proposto o desenvolvimento da Estrutura Analítica do Projeto (EAP) com base nas composições orçamentárias, incluindo diretrizes de modelagem que favoreçam as diretrizes para a extração automatizada dos quantitativos pela equipe de orçamento.

Também foi incorporada a necessidade de definição de prazos para cotações de itens não contemplados nas bases de dados: Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e Orçamento de obras de Sergipe (ORSE), possibilitando previsibilidade no planejamento orçamentário. Outra demanda relevante foi levantada pela equipe de arquitetura, que solicitou a criação de uma lista de famílias específicas a serem desenvolvidas pelo núcleo BIM, uma atividade que não estava prevista no MEA.

A atividade seguinte foi a compatibilização, que tinha como produto o relatório de demandas, em que cada disciplina (estrutura, hidráulica, elétrica etc.) tinha que resolver as interferências entre os modelos. No que diz respeito a esta atividade surgiu a necessidade de estruturar uma matriz de hierarquia de compatibilização, com o objetivo de fracionar essa etapa em fases menores, facilitando a análise por parte das disciplinas envolvidas e reduzindo o volume de interferências simultâneas a serem tratadas.

Os produtos do PB eram o modelo compatibilizado e o orçamento básico, tendo a validação desses dois produtos, tinha o marco do fim desta etapa, como mostrado na Figura 15.

Figura 15 - Modelagem de processos do Projeto Básico (Mapa de Estado Atual)



Fonte: Adaptado do escritório em que foi desenvolvido o projeto

A fase de Projeto Executivo, foi iniciada pela revisão das correções da compatibilização, onde era gerada mais um relatório de demandas, e após a validação da equipe de compatibilização quanto ao atendimento das demandas era autorizado o início da atividade de detalhamentos, ou seja, a produção dos documentos técnicos do projeto. A documentação de cada disciplina era enviada de forma impressa para as coordenações de engenharia e arquitetura que, ao revisar, geravam um relatório de demandas com a anotação de ajustes. Nesta etapa, foi identificada a necessidade de incluir uma etapa de revisão documental de forma digital realizada pela coordenação antes da emissão final dos entregáveis, de forma impressa, com o intuito de evitar retrabalhos.

Nesse contexto, o Quadro 21 contém um resumo comparando o Mapa de Estado Atual (MEA) de 2022 e os ajustes para formulação do Mapa de Estado Intermediário (MEI) de 2025. Essas observações e ajustes foram fundamentais para a reformulação do processo e orientaram a elaboração do Mapa de Estado Intermediário.

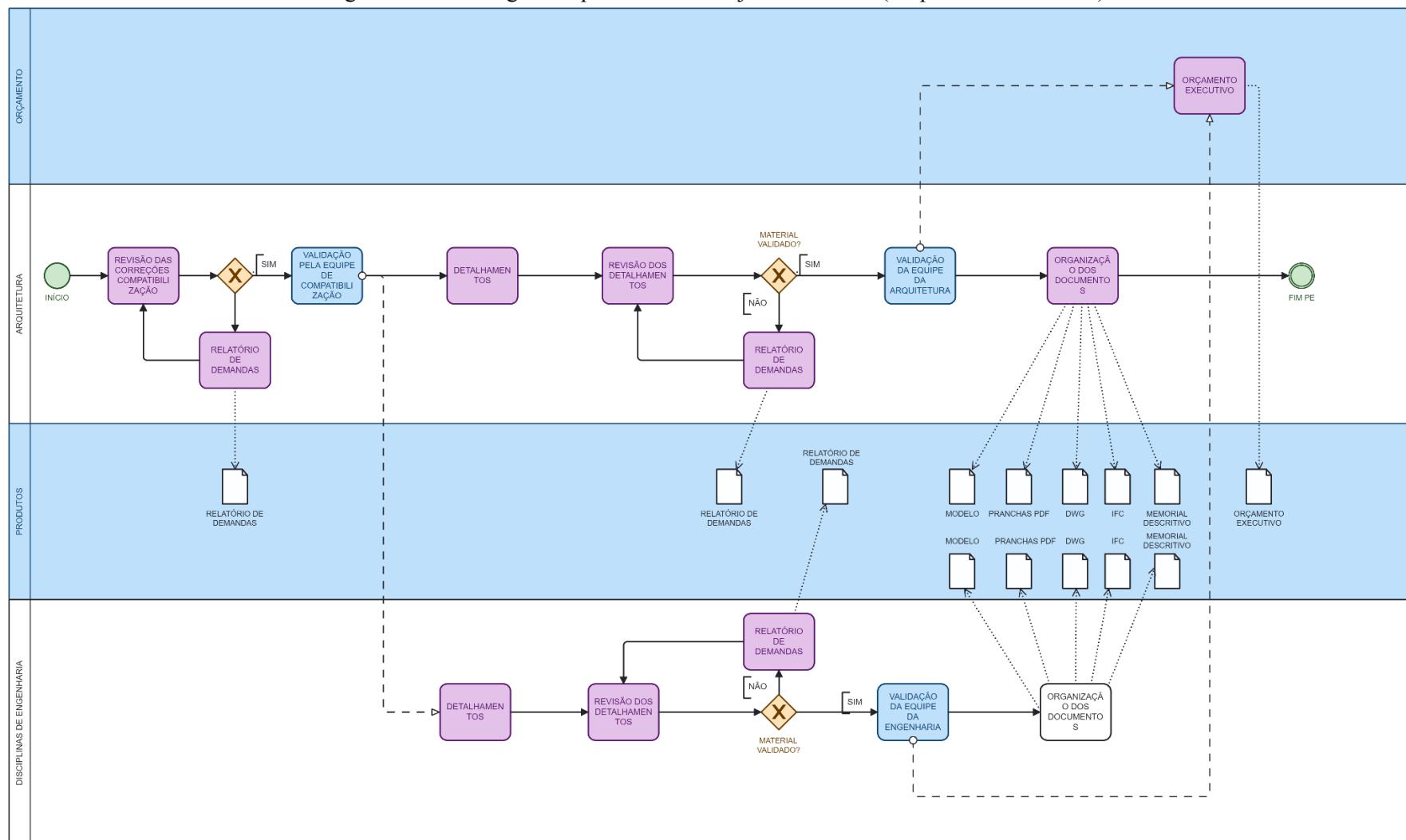
Quadro 21 - Comparação entre MEA (Mapa de Estado Atual) de 2022 e os ajustes para MEI (Mapa de Estado Intermediário).

Fase do Projeto	MEA (2022)	Ajustes para a MEI (2025)
Estudo de Viabilidade	Prevê até quatro versões do Estudo de Viabilidade	Unificação em uma única versão do Estudo de Viabilidade
	Sem definição de fundamentação e concepção projetual	Inclusão de informações e diretrizes projetuais para os profissionais envolvidos no projeto
Projeto Básico	Sem estrutura analítica baseada em composições orçamentárias	Criação da EAP com diretrizes para extração de quantitativos
	Sem definição de prazos para cotações fora do SINAPI/ORSE	Inclusão de prazos específicos para cotações externas
	Sem previsão de desenvolvimento de famílias BIM específicas	Lista de famílias a serem desenvolvidas pelo núcleo BIM
	Compatibilização sem estrutura hierárquica definida	Implantação de matriz de hierarquia de compatibilização
Projeto Executivo	Sem etapa de revisão final pela coordenação	Inserção de etapa de revisão documental pela coordenação

Fonte: Própria

No Mapa de Estado Atual, os produtos de cada disciplina da etapa de Projeto executivo eram: Modelos no formato .ifc, pranchas nos formatos .pdf e .dwg, memoriais descritivos e orçamento executivo, sendo a entrega dos produtos o marco de finalização da etapa de PB, como mostrado na Figura 16.

Figura 16 - Modelagem de processos do Projeto Executivo (Mapa de Estado Atual)



Fonte: Adaptado do escritório em que foi desenvolvido o projeto

4.1.5 Análise da modelagem de processos BIM (Mapa de Estado Intermediário)

O Mapa de Estado Intermediário (MEI), apesar de não ser um termo descrito por Rother e Shook (2003), também faz parte da ferramenta de mapa de fluxo de valor, uma vez que o objetivo dessa ferramenta é tornar o processo enxuto, que foi justamente o que motivou a elaboração do mapa de processos de projeto (MEI). Seguindo a mesma divisão de etapas de projeto, começando pelo Estudo de Viabilidade (Figura 17), seguindo com o Projeto Básico (Figura 18), e finalizando com o Projeto Executivo (Figura 19). De acordo com a equipe de coordenação do escritório, os resultados esperados com a adequação da modelagem de processos BIM do MEA para o MEI foram garantir previsibilidade dos cronogramas, bem como evitar retrabalhos e melhorar o acesso às informações para a equipe de profissionais integrantes dos projetos.

O primeiro passo para a estruturação do mapa de processos de projetos BIM do MEI foi listar as tarefas para serem readequadas. O passo seguinte foi de refazer a modelagem de processos BIM para que todos da equipe do escritório tivessem acesso e pudessem aplicar nos projetos em curso.

No Mapa de Estado Intermediário, a etapa de Estudo de Viabilidade (Figura 18) inicia com a atividade: Reunião de Abertura, classificada como responsabilidade da equipe do escritório. Entre as tarefas previstas estão: elaboração do Termo de Abertura do Projeto, definição do escopo e da equipe envolvida, elaboração do cronograma, agendamento da visita técnica, solicitação de veículo para essa visita e solicitação da titularidade da área. Essas ações visam estabelecer os parâmetros iniciais do projeto e garantir que todas as condições operacionais estejam previstas e alinhadas desde o início da etapa de planejamento.

Em seguida, tem-se a atividade de levantamento de informações preliminares, sob responsabilidade da equipe de arquitetura, em que são realizadas atividades voltadas à coleta de dados iniciais da área de intervenção. Entre elas, destacam-se a pesquisa de informações gerais sobre a área e a elaboração de um mapa utilizando imagens do Google Earth®, com o objetivo de fornecer uma base visual e contextual para os estudos subsequentes do projeto.

A atividade seguinte foi visita técnica, conduzida pelas equipes de arquitetura e engenharia, e contempla um conjunto de atividades essenciais para o reconhecimento da área de intervenção. Inicialmente, realizou-se um levantamento preliminar de necessidades, seguido da apreensão das condições locais. Também foram executados o levantamento fotográfico e o levantamento aéreo com drone, com o objetivo de registrar visualmente as características do terreno. Além disso, foram efetuados os registros formais de vistoria no

local e, por fim, a equipe ficou responsável por elaborar o relatório da visita técnica, consolidando as informações coletadas e subsidiando as próximas fases do projeto.

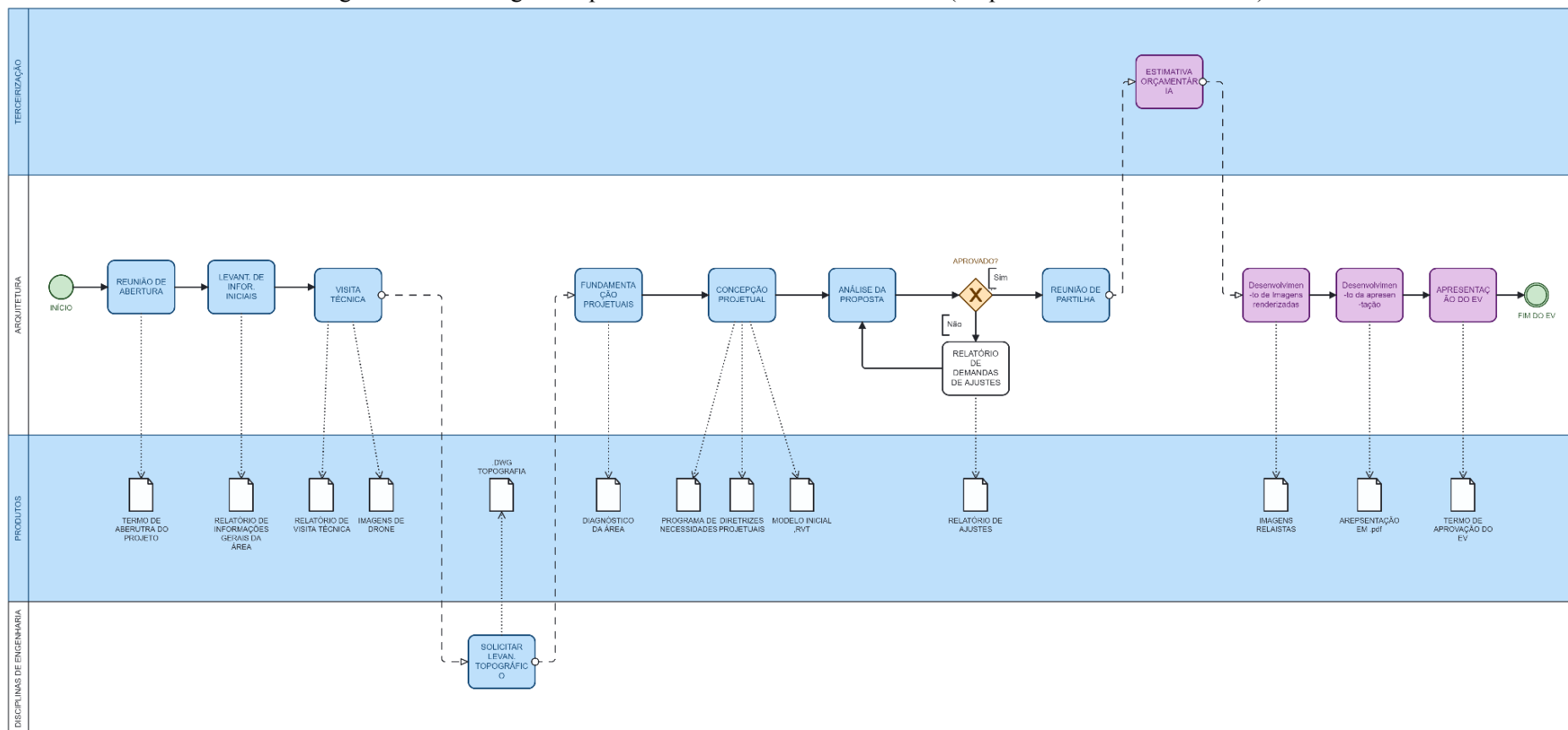
Na atividade de topografia, cadastro e superfície, as responsabilidades foram compartilhadas entre as equipes de arquitetura e engenharia. O processo inicia-se com a elaboração da ficha para solicitação do levantamento topográfico e cadastral, seguida da solicitação formal desse levantamento por parte da equipe de gestão. O produto é o arquivo em .dwg do levantamento topográfico.

A atividade de fundamentação projetual, sob responsabilidade da equipe de arquitetura, teve como objetivo embasar conceitualmente o desenvolvimento do projeto. Isso incluiu o levantamento de dados e informações de referência, considerando aspectos históricos, sociais, culturais e ambientais da área de intervenção. Com base nessas informações, foi realizada a construção do diagnóstico da área, que orientou as tomadas de decisão de projeto e garantiu maior aderência às necessidades e especificidades do contexto local.

A atividade de concepção projetual, também de responsabilidade da equipe de arquitetura, fez parte dos ajustes propostos no Quadro 21, e reuniu atividades fundamentais para o desenvolvimento inicial do projeto. Iniciou-se com a elaboração do programa de necessidades, seguida do levantamento de informações técnicas específicas, considerando aspectos como localização, uso e condicionantes do entorno. Também foram realizados estudos ambientais e de alternativas de implantação e instalação, que contribuíram para a definição das diretrizes projetuais e dos conceitos e partidos arquitetônicos. A partir dessas definições, a equipe procedeu com a elaboração do estudo volumétrico, o desenvolvimento de esquemas gráficos, diagramas e imagens, além da modelagem de perspectivas virtuais (*renders*), que auxiliaram na visualização da proposta e sua comunicação com os diversos públicos envolvidos. Na atividade da reunião de partilha, houve a colaboração entre as equipes de arquitetura, engenharia e coordenação. A partir do retorno recebido, realizaram-se os ajustes necessários na proposta.

Na atividade de Apresentação do Estudo de Viabilidade (EV), ações foram conduzidas de forma articulada entre as equipes. A equipe de arquitetura ficou responsável por produzir as perspectivas tridimensionais finais, elaborar a apresentação do EV e realizar eventuais ajustes após a apresentação. A equipe de engenharia contribuiu com a elaboração da estimativa orçamentária. Esta atividade finalizou o processo de estudo de viabilidade com validações técnicas, legais e gerenciais (Figura 17).

Figura 17 - Modelagem de processos do Estudo de Viabilidade (Mapa de Estado Intermediário)



Fonte: Adaptado do escritório em que foi desenvolvido o projeto

O processo da etapa de Projeto Básico do MEI (Figura 18) teve início com o desenvolvimento do modelo BIM de arquitetura com as informações construtivas adicionadas ao modelo. A partir desse modelo inicial, foi elaborado o caderno de especificações, no qual são definidas as especificações dos materiais. Além disso, foram desenvolvidas famílias BIM específicas para o projeto. Essas famílias passaram por testes de funcionalidade antes de serem incorporadas aos modelos. Em paralelo, foram definidas as diretrizes da engenharia, incluindo a necessidade de ensaios técnicos e parâmetros que orientarão o desenvolvimento das disciplinas complementares.

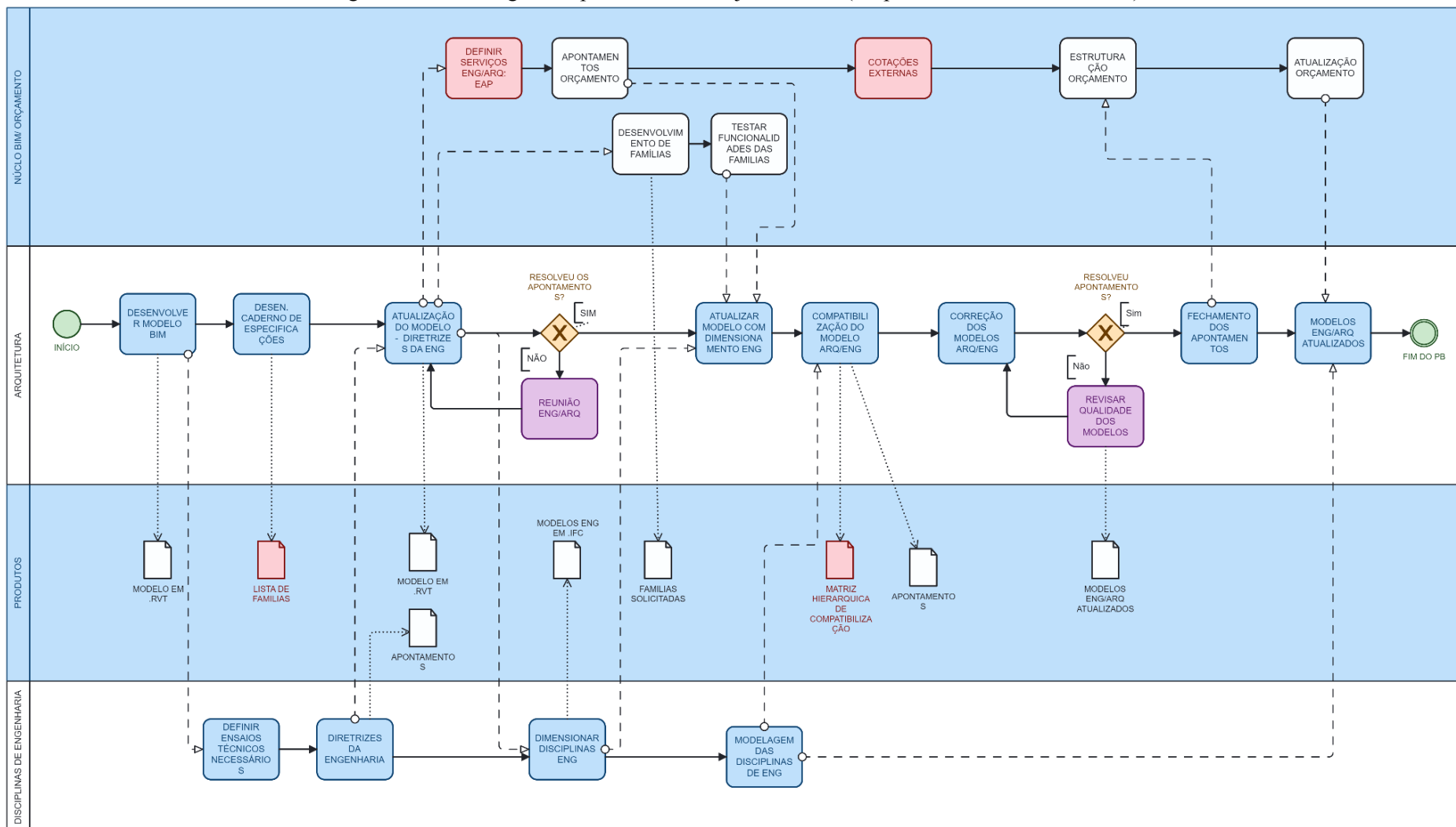
Com o modelo arquitetônico e as diretrizes de engenharia estabelecidos, ocorreu a atualização do modelo com base nas diretrizes das disciplinas de engenharia, garantindo que as informações estivessem alinhadas entre as áreas. Nesse momento, foi realizada a verificação dos apontamentos existentes. Com a identificação de pendências ou conflitos, foram promovidas reuniões entre arquitetura e engenharia para alinhamento técnico e definição das soluções. Uma vez solucionados os apontamentos, o processo avançou para a atualização e o dimensionamento das disciplinas de engenharia, seguido da modelagem técnica dessas disciplinas.

Na sequência, foi realizada a compatibilização dos modelos de arquitetura e engenharia, com o objetivo de identificar interferências, inconsistências geométricas e conflitos técnicos. Os apontamentos resultantes dessa compatibilização foram registrados e tratados por meio da correção dos modelos. Caso os apontamentos não fossem plenamente resolvidos, era executada uma etapa adicional de revisão da qualidade dos modelos, garantindo que os ajustes fossem atendidos aos critérios técnicos estabelecidos. Após a correção e validação, os apontamentos foram formalmente fechados.

Paralelamente às atividades de modelagem e compatibilização, a equipe responsável pelo orçamento atuou na definição dos serviços de arquitetura e engenharia a partir da Estrutura Analítica do Projeto (EAP). Também foram realizadas cotações externas para complementação de informações de custo. Com base nesses dados, foi realizada a estruturação do orçamento, que posteriormente foi atualizado conforme os modelos atualizados de arquitetura e engenharia.

Com os modelos compatibilizados e validados, os modelos de arquitetura e engenharia foram atualizados e consolidados, caracterizando a finalização do Projeto Básico do ponto de vista técnico. Esses modelos passam a refletir as soluções aprovadas e servem de base para as etapas subsequentes do desenvolvimento do projeto (Figura 18).

Figura 18 - Modelagem de processos do Projeto Básico (Mapa de Estado Intermediário)



Fonte: Adaptado do escritório em que foi desenvolvido o projeto

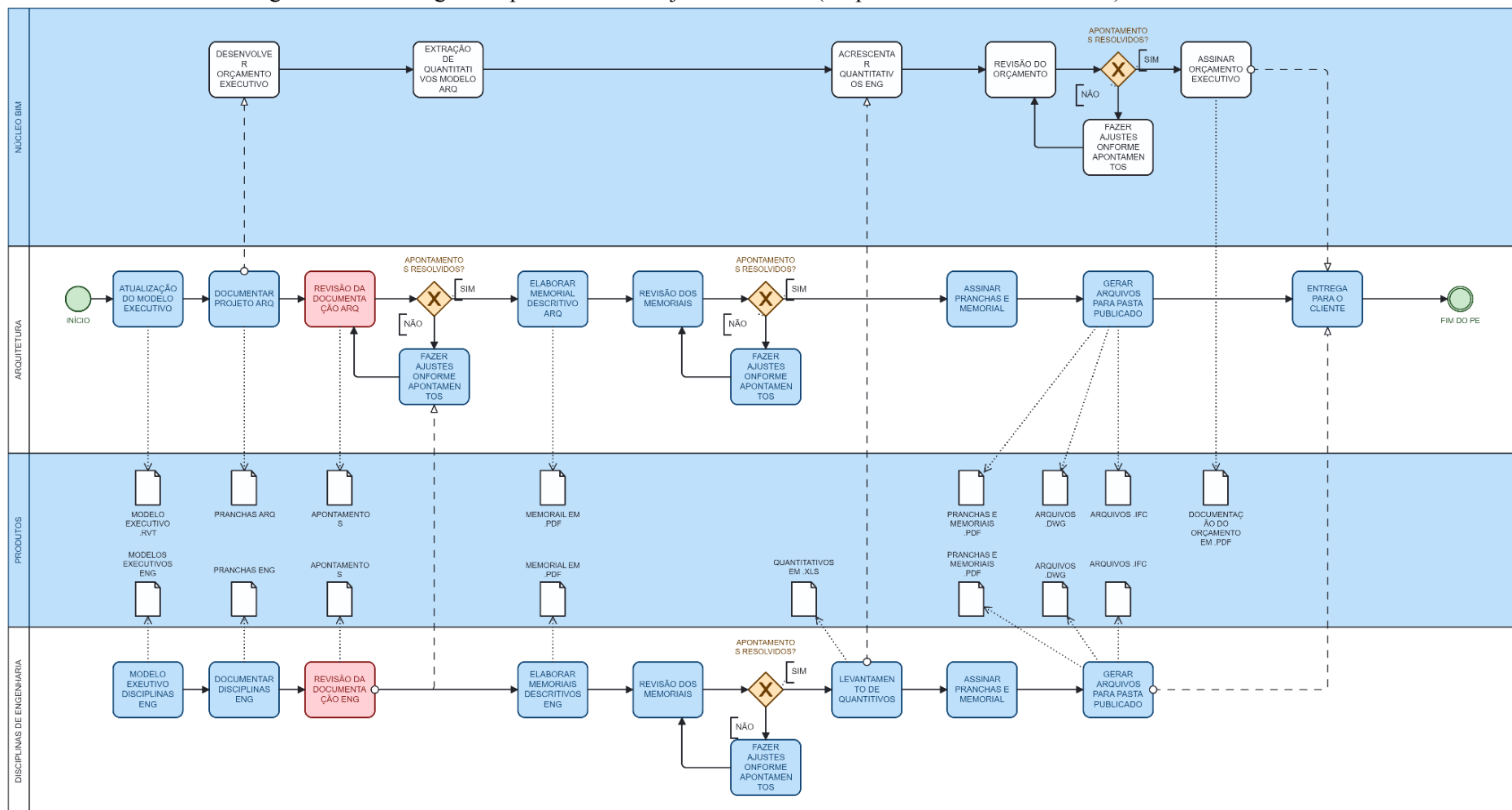
A etapa de projeto executivo do MEI (Figura 19) teve início com a atualização do modelo executivo de arquitetura. Nessa etapa, foi realizada a documentação do projeto arquitetônico, com a geração das pranchas técnicas necessárias. Essa documentação passou por uma etapa de revisão, na qual foram analisados aspectos técnicos e normativos. Caso fossem identificados apontamentos, seriam realizados os ajustes necessários até que todas as pendências fossem resolvidas. Uma vez aprovada a documentação arquitetônica, foi elaborado o memorial descritivo de arquitetura, que descreve as soluções adotadas, materiais e critérios técnicos do projeto. O memorial também passou por revisão e por ajustes, até sua aprovação final, quando então as pranchas e o memorial foram assinados.

Paralelamente ao desenvolvimento da arquitetura, ocorreu o desenvolvimento das disciplinas de engenharia. Nessa etapa, foram elaborados os modelos executivos das disciplinas, que foram utilizados para a documentação técnica de engenharia. As pranchas geradas passaram por revisão, com verificação de conformidade técnica. Caso existissem apontamentos, os ajustes seriam realizados até a aprovação da documentação. Em seguida, foram elaborados os memoriais descritivos das disciplinas de engenharia, que também passaram por revisão e eventuais ajustes, até que estivessem aprovados.

Com os modelos de arquitetura e engenharia aprovados, foi realizado o levantamento de quantitativos diretamente a partir dos modelos BIM, resultando na geração de planilhas de quantitativos que servirão de base para o orçamento. A equipe de orçamento, a partir desses quantitativos, desenvolveu o orçamento executivo, inicialmente extraindo os quantitativos do modelo arquitetônico e, posteriormente, incorporando os quantitativos das disciplinas de engenharia. O orçamento elaborado passou por revisão, na qual foram avaliados valores e critérios de extração de quantitativos. Caso tenham sido identificados apontamentos, os ajustes necessários seriam realizados até que todas as pendências sejam solucionadas. Após a aprovação, o orçamento executivo foi formalmente assinado.

Concluídas as atividades de projeto, documentação, memoriais e orçamento, foram gerados os arquivos finais para a pasta “Publicado”. Essa etapa contemplou a organização e geração das pranchas e memoriais em formato .pdf, arquivos .dwg, arquivos .ifc e a documentação do orçamento em .pdf, conforme os padrões estabelecidos. Por fim, toda a documentação final foi entregue ao cliente, caracterizando o encerramento do Projeto Executivo (Figura 19).

Figura 19 - Modelagem de processos do Projeto Executivo (Mapa de Estado Intermediário)



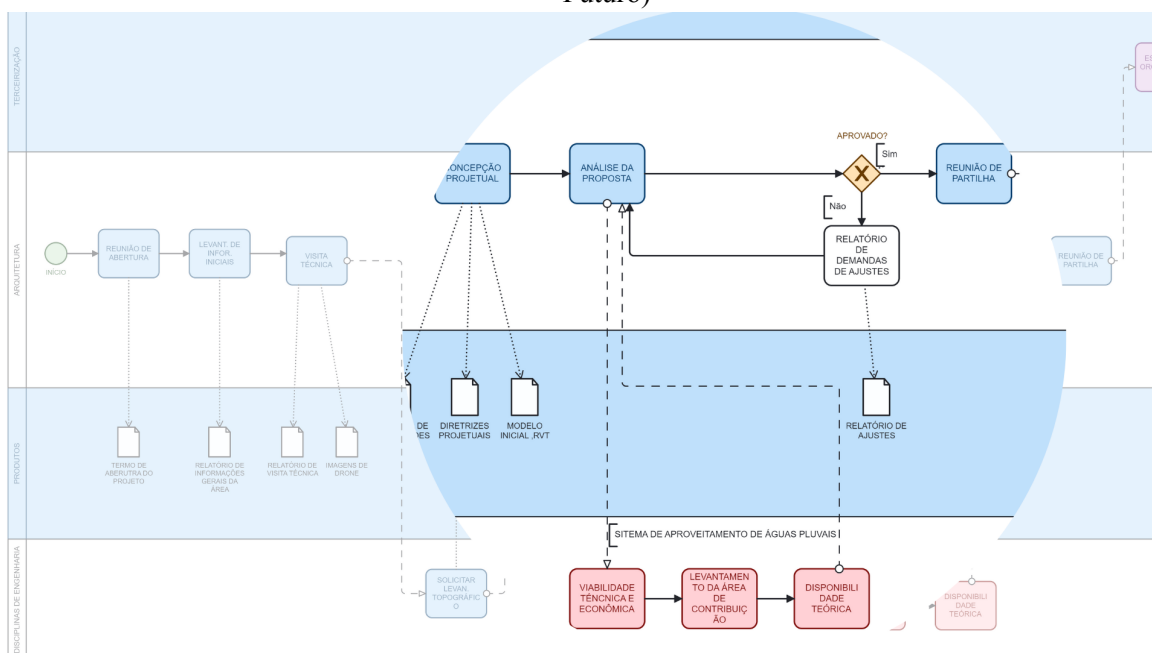
Fonte: Adaptado do escritório em que foi desenvolvido o projeto

4.1.6 Modelagem do processo de Projetos BIM (Mapeamento de Estado Futuro)

Com o objetivo de criar um mapa de processos de projetos BIM para aproveitamento de águas pluviais, foram acrescentadas atividades no Mapa de Estado Futuro (MEF), seguindo a ferramenta de Mapa de Fluxo de valor (Rother e Shook, 2003); o objetivo é articular um processo contínuo que gere valor ao cliente. As atividades acrescentadas foram de acordo com o Quadro 15. Essas atividades foram integradas às etapas de Estudo de Viabilidade, Projeto Básico e Projeto Executivo, respeitando o desenvolvimento progressivo do projeto e a interação entre arquitetura, disciplinas de engenharia e núcleo BIM.

Na etapa de estudo de viabilidade, após a análise da proposta (sob a responsabilidade da equipe de arquitetura), foram acrescentadas as atividades para a equipe de engenharia (Figura 20). A análise de viabilidade técnica e econômica do sistema de aproveitamento de águas pluviais, feita de acordo com a NBR 15527 (ABNT, 2019a), é seguida do levantamento da área de contribuição, feito com as diretrizes da NBR 10844 (ABNT, 1989), através do modelo arquitetônico do EV; com isso, foi possível identificar as áreas de cobertura de telhado. E com esses dados iniciais foi possível avançar para o cálculo de disponibilidade teórica de água pluvial.

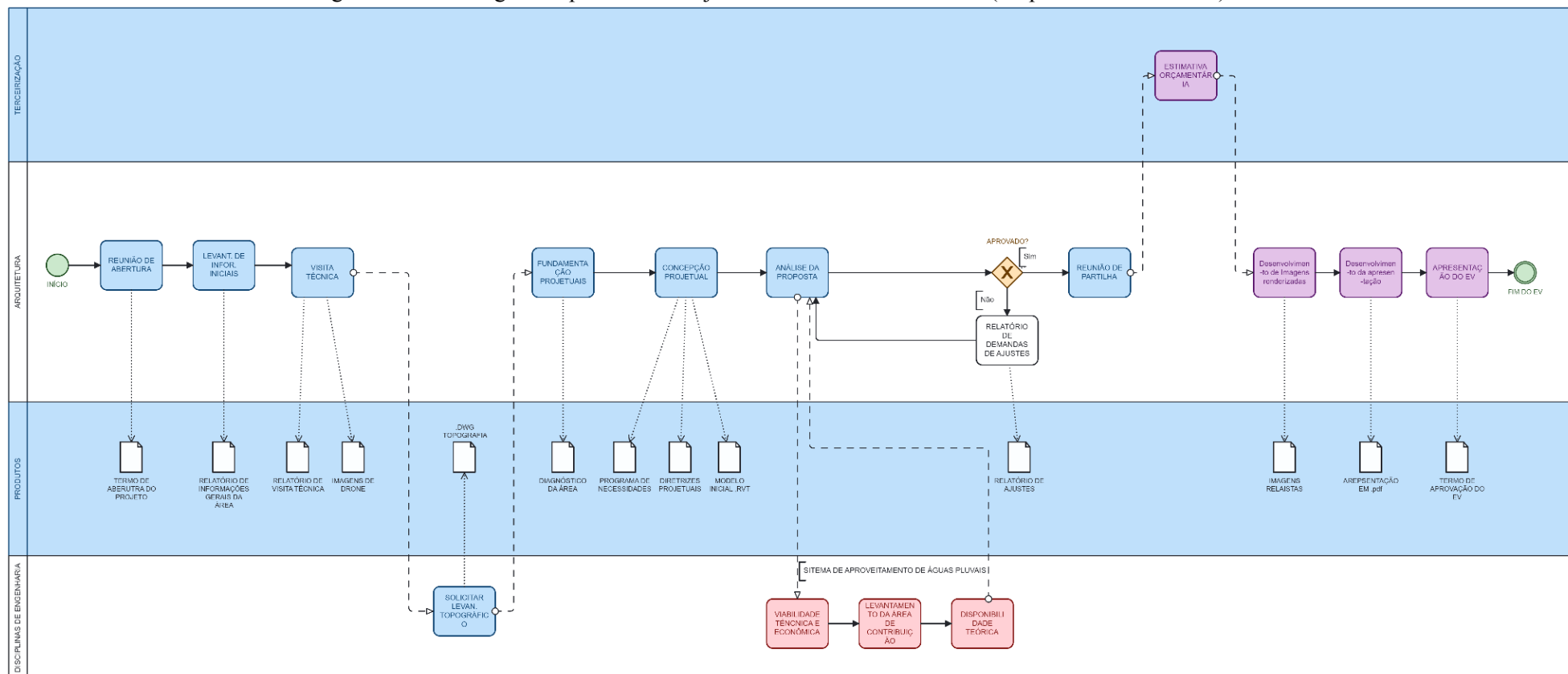
Figura 20 - Atividades acrescentadas para aproveitamento de águas pluviais do EV (Mapa de Estado Futuro)



Fonte: Própria

Na Figura 21, é mostrado todo o mapa de processos do MEF, do EV. Essa análise inicial serviu para verificar a viabilidade de implantação do sistema.

Figura 21 - Modelagem de processos Projeto do Estudo de Viabilidade (Mapa de Estado Futuro)



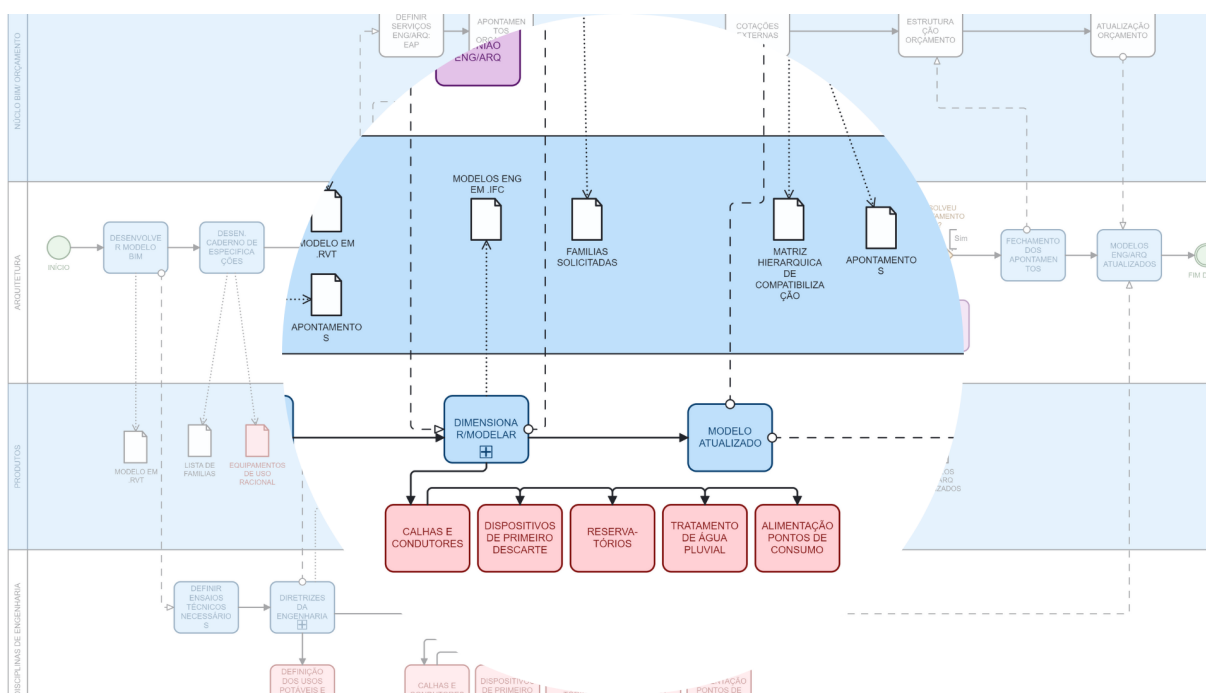
Fonte: Própria

No Projeto Básico, a atividade de aproveitamento de águas pluviais foi inserida para o núcleo de arquitetura como um produto da atividade de desenvolvimento do caderno de especificações: definição dos equipamentos de uso racional (Figura 23).

As atividades para o núcleo da engenharia foram a partir da definição das diretrizes de engenharia, contemplando a definição dos usos potáveis e não potáveis de acordo com os ambientes da edificação (Figura 23).

As atividades de captação através de calhas e condutores, dispositivos de primeiro descarte, armazenamento em reservatórios, tratamento das águas pluviais e definição dos pontos de consumo do abastecidos pelo sistema de aproveitamento de águas pluviais foram acrescentadas na modelagem de processos como subtarefas do dimensionamento/modelagem dos modelos das disciplinas de engenharia (Figura 22).

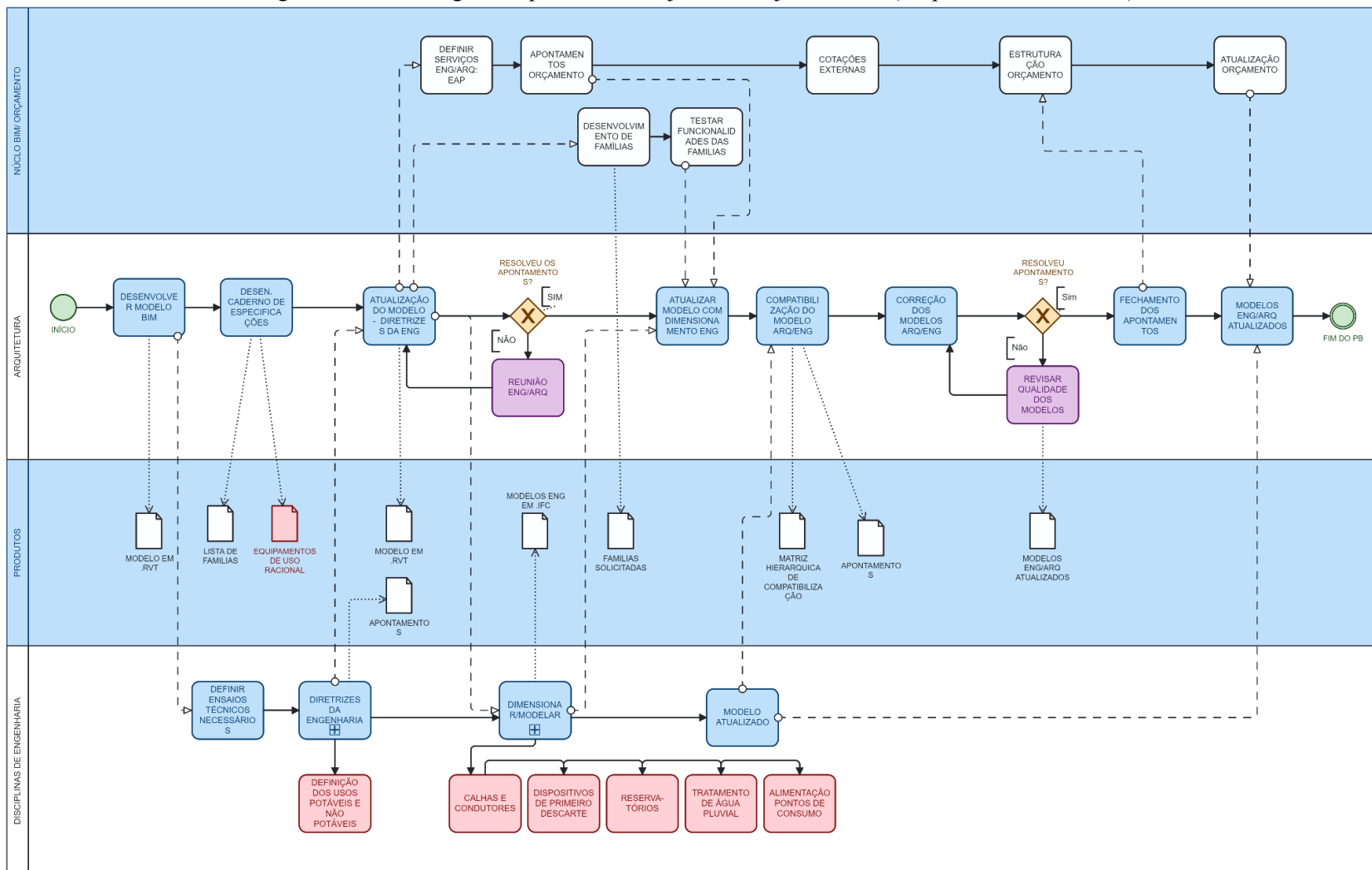
Figura 22 - Atividades acrescentadas para aproveitamento de águas pluviais do PB (Mapa de Estado Futuro)



Fonte: Própria

Na Figura 23, é mostrado todo o mapa de processos do MEF, do PB. A modelagem dos componentes das disciplinas com a metodologia BIM facilitou para o dimensionamento, compatibilização e extração dos quantitativos para o orçamento.

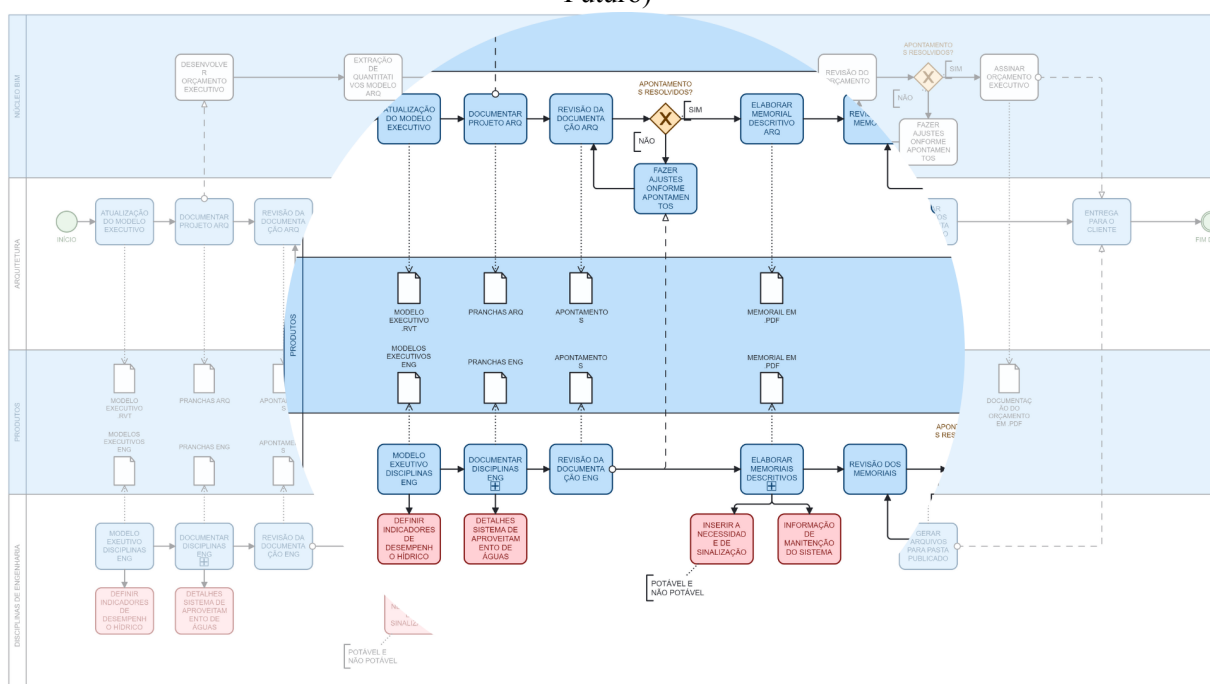
Figura 23 - Modelagem de processos Projeto do Projeto Básico (Mapa de Estado Futuro)



Fonte: Própria

Na etapa de Projeto Executivo, as atividades acrescidas no núcleo de engenharia a partir do modelo executivo com a definição dos indicadores de desempenho hídrico de acordo com a certificação. Em seguida, a atividade foi acrescida no detalhamento técnico do sistema de aproveitamento de águas pluviais. Na atividade de memorial descritivo, foram adicionadas às atividades de acrescentar as informações de locais em que precisam ter placas de sinalização para diferenciar pontos de consumos com “Água potável” e “Água não potável”, bem como a atividade de inserção de informações sobre a manutenção do sistema (Figura 24).

Figura 24 - Atividades acrescidas para aproveitamento de águas pluviais do PE (Mapa de Estado Futuro)

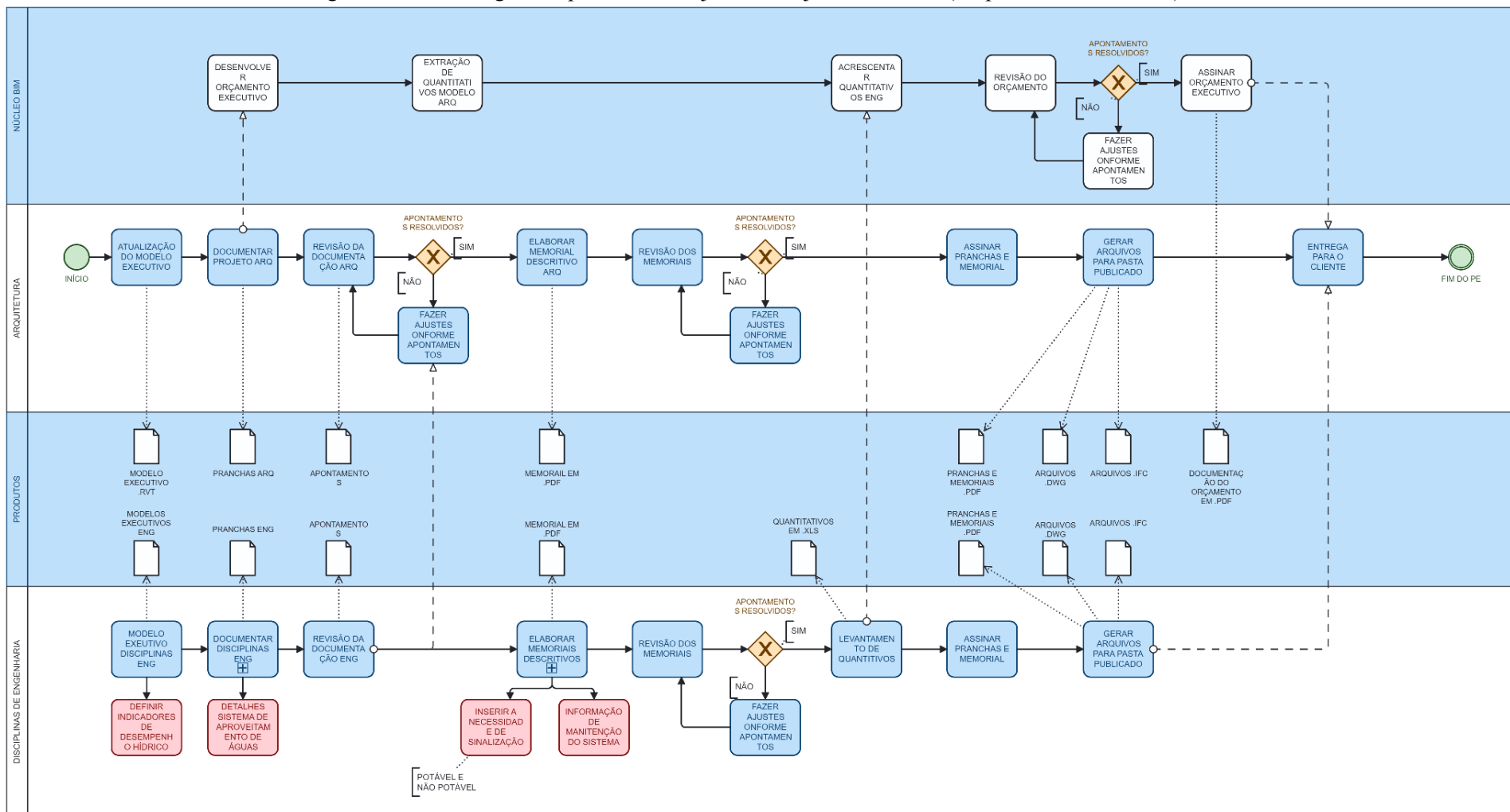


Fonte: Própria

A inserção dessas atividades nos mapas de processos evidencia a importância de considerar estratégias de aproveitamento de águas pluviais desde as fases iniciais do projeto, promovendo maior integração entre as disciplinas, qualidade da informação e suporte à tomada de decisão.

Na Figura 25, é mostrado todo o mapa de processos do MEF, do PE. Os produtos dessa documentação são importantes para a etapa de execução e fiscalização da obra.

Figura 25 - Modelagem de processos Projeto do Projeto Executivo (Mapa de Estado Futuro)



Fonte: Própria

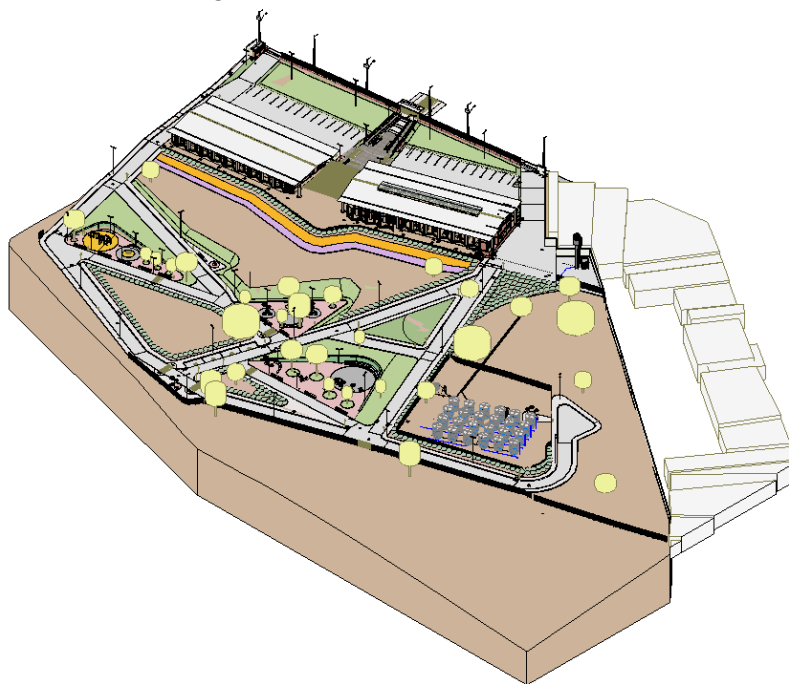
4.1.7 Validação do atendimento dos requisitos de aproveitamento de águas pluviais do projeto de Mercado das plantas ornamentais de Boquim/SE

A última etapa da pesquisa consistiu na validação da modelagem de processos BIM voltada ao aproveitamento de águas pluviais, por meio de sua aplicação prática no projeto do Mercado de Plantas Ornamentais de Boquim/SE.

Essa etapa teve como objetivo verificar a aderência do modelo proposto aos requisitos definidos nas normativas brasileiras de aproveitamento de águas pluviais e na certificação de sustentabilidade selecionada, com ênfase na gestão e reuso da água. “O mapeamento do fluxo de valor é apenas uma ferramenta. A menos que você atinja a situação futura que você desenhou - e implemente partes dela em um curto período de tempo” (Rother e Shook, 2003, p. 85).

Para a validação foram utilizados os dados do projeto arquitetônico, dos sistemas prediais, memoriais descritivos e do Plano de Execução BIM (PEB), a fim de verificar se as soluções projetuais previstas contemplaram os critérios estabelecidos no *checklist* de verificação elaborado previamente. O grau de atendimento aos requisitos foi aferido por meio de um cruzamento entre o *checklist* e os elementos do modelo federado: modelo com as disciplinas de arquitetura, hidráulica, sanitária e drenagem (Figura 26).

Figura 26 - Modelo federado



Fonte:Escritório em que foi desenvolvido o projeto

Aplicando o *checklist* para verificar os critérios de viabilidade técnica e econômica através das atividades acrescidas de levantamento da área de contribuição, disponibilidade teórica e demanda hidráulica da edificação no mapa de projetos de projeto BIM do Mapa de Estado Futuro da Etapa de Estudo de Viabilidade, tem-se os resultados do Quadro 22. Esta análise foi feita previamente como critério de escolha do projeto para validação, o mercado de plantas ornamentais do município de Boquim/SE, como demonstrado no item 5.1.1.

Quadro 22 - Aplicação do *checklist*: critérios de Viabilidade técnica e econômica

Critérios de Viabilidade técnica e econômica			
Requisito	Etapa	Status	Comprovação
Área de contribuição	EV	[X] Atendido	O projeto apresenta área de contribuição de coberturas que possibilita a captação das águas pluviais, como mostrado no item 5.1.1.
Disponibilidade teórica de água da chuva	EV	[X] Atendido	Cálculo feito através dos índices pluviométricos do município de Boquim/SE, como mostrado no item 5.1.1.
Demanda da edificação	EV	[X] Atendido	Os usos foram definidos de acordo com os ambientes da edificação, como mostrado no item 5.1.1.

Fonte: Própria

Em seguida, continuando aplicação do *checklist* na etapa de Projeto Básico para verificar os critérios de redução de consumo, tem-se os resultados do Quadro 23. Ao analisar o caderno de especificações, foi constatado que não foram especificados equipamentos de baixo consumo, por se tratar de equipamentos específicos que ainda não tem na base de dados Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, usado para elaboração do orçamento executivo.

Quadro 23 - Aplicação do *checklist*: critérios de Redução do Consumo

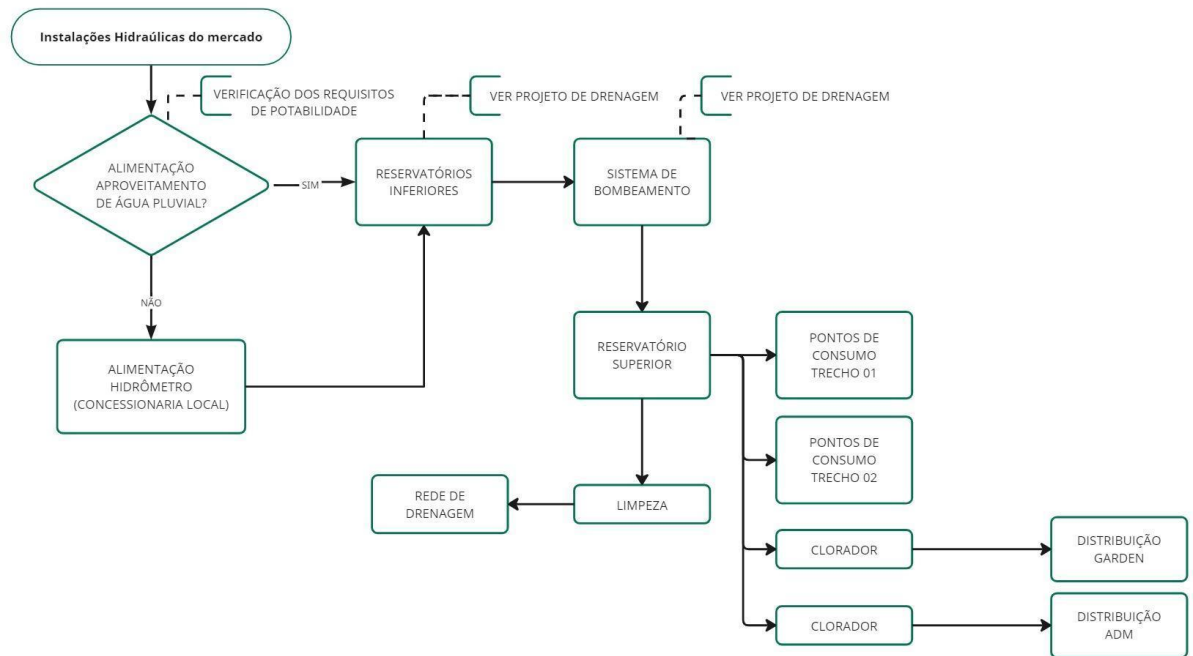
Redução do Consumo			
Requisito	Etapa	Status	Comprovação
Estratégia de aproveitamento de águas pluviais	PB	[X] Atendido	Foi feita a estimativa do volume de água potável que será substituído por água pluvial e definido a estratégia de aproveitamento de águas pluviais (Figura 27).
Equipamentos de Alto Desempenho	PB	[X] Não Atendido	Não foram especificados equipamentos de baixo consumo (vasos sanitários e torneiras).

Fonte: Própria

Ainda nessa verificação, foram feitos os cálculos de estimativa de consumo considerando as áreas dos ambientes e a disponibilidade da água da chuva, sendo comprovado que o volume de águas pluviais é capaz de suprir a demanda hidráulica do Mercado de Plantas, esse foi o indicador escolhido como parâmetro de desempenho hídrico de acordo com a certificação AQUA-HQE™. Foi definido que o abastecimento da edificação e torneiras para irrigação será por meio do aproveitamento de águas de pluviais e abastecimento da concessionária local.

De acordo com o memorial descritivo, o abastecimento será exclusivamente da concessionária local até o sistema de águas pluviais ser testado quanto aos parâmetros de potabilidade definidos pela Portaria GM/MS nº 888 (Brasil, 2021), isso por que será destinado ao atendimento do sistema de água fria predial. O projeto de instalações hidráulicas iniciou a partir do abastecimento do hidrômetro alimentado pela concessionária local, esta tubulação abastece os reservatórios inferiores (presentes no projeto de drenagem) e através de bombeamento alimenta o reservatório superior, um reservatório tipo Taça de 5000 L. O esquema das instalações hidráulicas é demonstrado na Figura 27.

Figura 27 - Esquema do sistema de instalações hidráulicas



Fonte: Memorial Descritivo de hidráulica escritório em que foi desenvolvido o projeto

Continuando a verificação através do *checklist* a respeito dos critérios de captação e concepção com as atividades do Projeto Básico de modelagem/dimensionamento em BIM das

calhas, condutores e dispositivos de primeiro descarte, tem-se os resultados do Quadro 24. O coeficiente de runoff adotado foi o recomendado por Tomaz (2010) para telhados. Já a eficiência de captação utilizada para o cálculo segue o valor recomendado pela NBR 15527/2019.

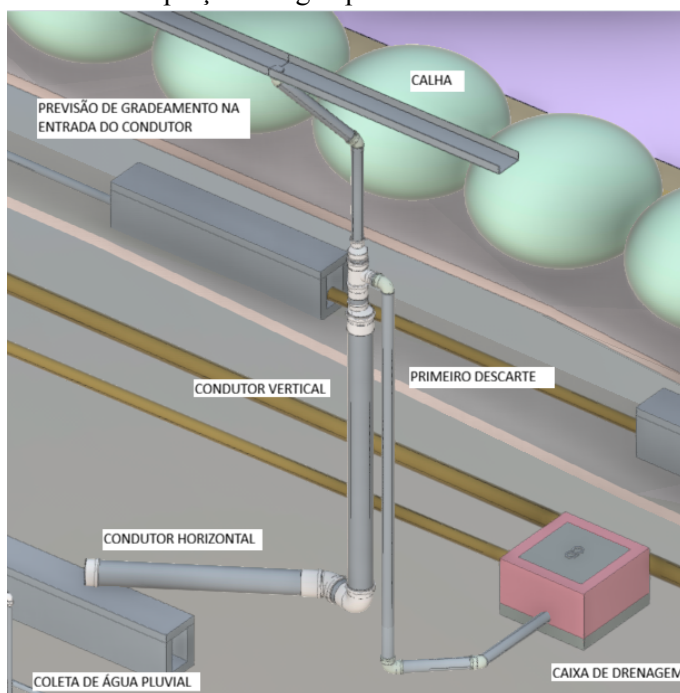
Quadro 24 - Aplicação do *checklist*: critérios de Captação e concepção

Critérios de Captação e Concepção			
Requisito	Etapa	Status	Comprovação
Material da Cobertura	PB	[X] Atendido	Previsto no caderno de especificações escoamento superficial da superfície.
Dimensionamento de Calhas e Condutores	PB	[X] Atendido	As calhas possuem declividade mínima e capacidade para a intensidade pluviométrica local (Figura 28).
Dispositivo de Descarte (escoamento inicial)	PB	[X] Atendido	Foi previsto o descarte automático dos primeiros 2 milímetros de chuva (Figura 28).
Gradeamento/Filtragem	PB	[X] Atendido	Foram previstos no memorial o gradeamento entre as calhas e condutores verticais (Figura 28).

Fonte: Própria

A modelagem do sistema de captação de água da chuva (Figura 28) foi feita no projeto de drenagem de mercado das plantas ornamentais de acordo com as especificações das normas já citadas.

Figura 28 - Dispositivos de captação da água pluvial das coberturas do mercado das plantas



Fonte: Projeto de drenagem do escritório em que foi desenvolvido o projeto

Aplicando o *checklist* para verificar os critérios de reservação e qualidade através da atividade de modelagem/dimensionamento em BIM dos reservatórios, tem-se os resultados do Quadro 25.

Quadro 25 - Aplicação do *checklist*: critérios de reservação e qualidade

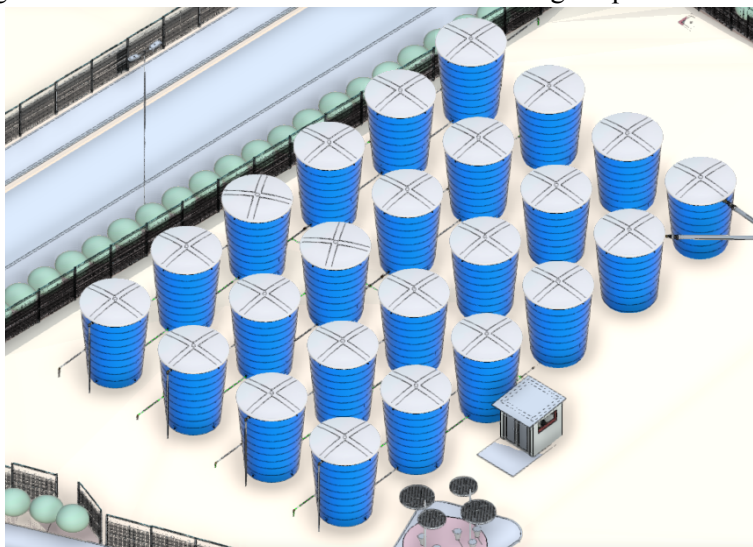
Reservação e Qualidade			
Requisito	Etapas	Status	Comprovação
Proteção do Reservatório	PB	[X] Atendido	Os reservatórios foram protegidos com tampa contra a entrada de luz solar e entrada de animais/insetos.
Extravasador	PB	[X] Atendido	O extravasador possui proteção contra entrada de detritos e está conectado à rede de drenagem.
Desinfecção	PB	[X] Atendido	Foi previsto sistema de filtragem das águas com filtro de areia e para a alimentação da edificação foi cloração para manter a qualidade da água.

Fonte: Própria

A partir do volume captado e do volume demandado, procedeu-se para a estimativa de volume de reservatório necessário. Foram utilizados dois métodos amparados pela NBR 15527. A diferença fundamental entre eles é que o método prático australiano considera um reservatório vazio no início da operação, o que vai levar a um período inicial sem água (janeiro-março). Já o método da simulação considera que a operação se inicia com o reservatório cheio. Para representar o pior caso, adotou-se o valor obtido através do método prático australiano.

Como o cálculo do volume do reservatório foi feito com o objetivo de armazenar todo o volume de água da captação dos telhados, exceto o escoamento inicial, foram previstos vinte e quatro reservatórios de polietileno de 20.000 litros. Foram adotadas duas bombas para recalcar a água armazenada. Uma recalcará a água do reservatório pluvial para o reservatório enterrado e a outra conduzirá a água do último para o castelo d'água (Figura 29).

Figura 29 - Reservatórios de armazenamento de águas pluviais



Fonte: Projeto de drenagem do escritório em que foi desenvolvido o projeto

Aplicando o *checklist* nos critérios de segurança e separação dos sistemas através das atividades acrescentadas no Projeto Básico e Projeto Executivo, tem-se os resultados do Quadro 26.

Quadro 26 - Aplicação do *checklist*: critérios de segurança e separação dos sistemas

Segurança e Separação de Sistemas			
Requisito	Etapa	Status	Comprovação
Separação Física Total	PB	[X] Atendido	A separação física foi feita através de registros na distribuição da rede de água pluvial e da rede de água potável.
Identificação de Tubulações	PE	[X] Atendido	No memorial descritivo e nas notas técnicas das documentações foram descritas a obrigatoriedade de identificar as tubulações de água não potável.
Pontos de Consumo	PE	[X] Atendido	No memorial descritivo e nas notas técnicas das documentações foram descritas a obrigatoriedade de identificar as tubulações de água não potável.

Fonte: Própria

Continuando a aplicação do *checklist* nos critérios de requisitos de informação BIM, têm-se os resultados do Quadro 27. A Figura 30 ilustra um ambiente que recebeu as instalações hidráulicas.

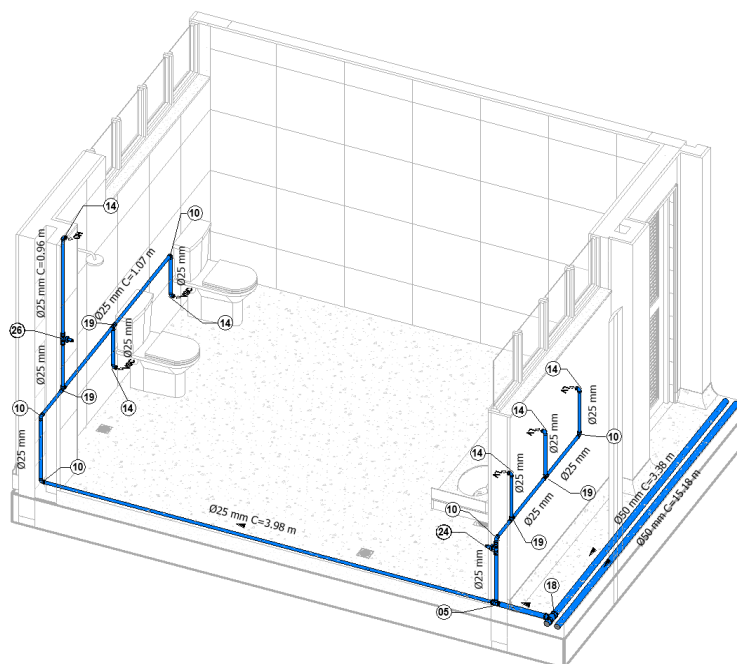
Quadro 27 - Aplicação do *checklist*: critérios de requisitos de informação BIM.

Requisitos de Informação BIM			
Requisito	Etapa	Status	Comprovação

Parâmetros de Componentes	PB	[X] Atendido	Os sistemas de água fria, drenagem e de aproveitamento pluvial foram modelados com a metodologia BIM no <i>software</i> Revit e as famílias foram configuradas com informações de diâmetro, material, vazão, pesos, volume, etc (Figura 30).
Simulação Hidráulica	PB	[X] Atendido	A simulação hidráulica foi feita através da modelagem das instalações no <i>software</i> Revit e o <i>plugin</i> OF Hidráulico (Figura 30).

Fonte: Própria

Figura 30 - Detalhe Isométrico do W.C. Feminino do Garden do Mercado das Plantas Ornamentais



Fonte: Projeto de instalações hidráulicas do escritório em que foi desenvolvido o projeto

Aplicando o *checklist* nos critérios de gestão das águas pluviais no terreno, tem-se os resultados do Quadro 28. No projeto de drenagem foram dimensionados/modelados as sarjetas, calhas de piso, bocas de lobo, galerias e poços de visita com o objetivo de coletar as águas pluviais do terreno das áreas impermeáveis (com pavimentação) e direcionar para o local apropriado de acordo com as condições do terreno (Figura 31).

Quadro 28 - Aplicação do *checklist*: critérios de gestão de águas pluviais no terreno

Gestão de Águas Pluviais no Terreno			
Requisito	Etapa	Status	Comprovação
Limitação de Escoamento	PB	[X] Atendido	No projeto de drenagem foram previstas sarjetas, calhas de piso com grelhas, bocas de lobo e poços de visita para drenagem pluvial do terreno (Figura 31).

Qualidade do Lançamento	PB	[X] Atendido	As águas pluviais passaram por filtro/gradeamento antes de serem lançadas no terreno.
-------------------------	----	--------------	---

Fonte: Própria

Figura 31 - Dispositivos de captação da água pluvial das áreas pavimentadas



Fonte: Projeto de drenagem do escritório em que foi desenvolvido o projeto

Por fim, com a aplicação do *checklist* para os critérios de monitoramento e operação do sistema de águas pluviais, têm-se os resultados do Quadro 29. No projeto de drenagem foi recomendado que, inicialmente, o abastecimento do prédio seja feito pela água da concessionária através do ponto previsto de alimentação no reservatório enterrado. Após o período chuvoso, deverão ser feitos testes na água para avaliar os seus parâmetros e daí avaliar se o sistema de tratamento proposto é suficiente para garantir a potabilidade da água.

Quadro 29 - Aplicação do *checklist*: monitoramento e Operação

Monitoramento e Operação			
Requisito	Etapa	Status	Comprovação
Acompanhamento de Manutenção	PB	[X] Atendido	No memorial descritivo foi adicionada a informação de manutenção do sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Fonte: Própria

No memorial descritivo do projeto de drenagem do mercado das plantas ornamentais foi feito um resumo de manutenção dos dispositivos do sistema, conforme mostrado no Quadro 30.

Quadro 30 - Recomendações para manutenção do sistema de aproveitamento de águas pluviais

Ação recomendada	Local	Frequência
Limpeza e desobstrução	Calhas da cobertura	No intervalo entre períodos chuvosos
Descarte das primeiras águas	Dispositivos de descarte	Após todo período chuvoso em que haja volume captado para o reservatório
Limpeza do filtro	Filtro instalado no recalque da bomba 01	A ser definido pelos testes de qualidade da água
Limpeza dos reservatórios	Reservatórios de água pluvial (aparentes)	Anual, podendo ser menor a depender da qualidade da água
Limpeza dos reservatórios	Reservatórios de água pluvial (enterrados)	Semestral, podendo ser menor a depender da qualidade da água
Manutenção nas bombas	Conjuntos motobomba	Semestral, podendo ser menor a depender da qualidade da água

Fonte: Memorial descritivo do projeto de drenagem do escritório de estudo

Ao final dessa etapa, foi comprovada a aplicabilidade do artefato desenvolvido em um caso real, fornecendo evidências de que a modelagem de processos BIM pode ser utilizada como ferramenta eficaz para incorporar parâmetros de sustentabilidade, especificamente do aproveitamento de águas pluviais, desde a fase de projeto, contribuindo para a replicabilidade da abordagem em outros empreendimentos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve como objetivo propor uma modelagem de processos de projetos BIM, utilizando o modelo de notação BPMN, voltada à incorporação de requisitos de aproveitamento de águas pluviais, com base nas normas brasileiras e em sistemas de certificação de sustentabilidade. Para tanto, utilizou-se do projeto do Mercado de Plantas Ornamentais do município de Boquim/SE, no qual a metodologia proposta foi aplicada e validada.

O desenvolvimento do estudo partiu da identificação de uma lacuna na literatura e na prática profissional, relacionada à ausência de diretrizes sistematizadas para a inserção de estratégias de eficiência hídrica nos fluxos de projetos BIM, especificamente no aproveitamento de águas pluviais.

Os resultados obtidos demonstraram que é possível integrar os requisitos de aproveitamento de águas pluviais à modelagem de processos de projetos BIM de forma estruturada e sistemática. A partir do levantamento dos requisitos normativos e de certificações de sustentabilidade, foi elaborado um *checklist* de verificação que subsidiou a análise documental do projeto e a avaliação dos mapas de projetos existentes no escritório estudado.

A análise comparativa entre o Mapeamento de Estado Atual (MEA), o Mapa de Estado Intermediário (MEI) e o Mapeamento de Estado Futuro (MEF) evidenciou lacunas nos processos originais, especialmente no que se refere à consideração antecipada de estratégias de eficiência hídrica. Como resposta a essas lacunas, o MEF incorporou novas atividades relacionadas à captação, armazenamento, tratamento, distribuição, manutenção e monitoramento do sistema de aproveitamento de águas pluviais nas etapas de Estudo de Viabilidade, Projeto Básico e Projeto Executivo.

A validação da modelagem proposta, realizada por meio da aplicação prática no projeto de Boquim/SE, indicou aderência aos requisitos estabelecidos pelas normativas e pela certificação de sustentabilidade selecionada, demonstrando a viabilidade técnica da abordagem. Do ponto de vista teórico, a pesquisa contribui para o avanço das discussões sobre a integração entre BIM e sustentabilidade hídrica, tema ainda pouco explorado na literatura, ao estabelecer uma relação direta entre requisitos normativos de aproveitamento de águas pluviais e a modelagem de processos de projeto.

No campo metodológico, o estudo propõe um artefato de pesquisa desenvolvido sob a abordagem da *Design Science Research*, materializado em uma modelagem de processos BIM estruturada em BPMN, que pode ser utilizada como referência para outros estudos e aplicações profissionais. Na prática, a modelagem de processos proposta oferece suporte à tomada de decisão nas fases iniciais do projeto, contribui para a melhoria da qualidade da informação, reduz retrabalhos e favorece a integração entre as disciplinas de arquitetura, engenharia e orçamento, ampliando o potencial de adoção de soluções de aproveitamento de águas pluviais em empreendimentos públicos e privados.

Como limitações, destaca-se o fato de a validação da modelagem ter sido realizada em um único estudo de caso, o que restringe a generalização dos resultados. Além disso, o foco do trabalho concentrou-se no aproveitamento de águas pluviais, não contemplando outras estratégias de eficiência hídrica, como o reúso de águas cinzas e reúso de águas a partir do tratamento de esgoto.

Para trabalhos futuros, recomenda-se a aplicação da modelagem de processos proposta em outros tipos de empreendimentos, bem como sua adaptação para diferentes contextos organizacionais. Sugere-se, ainda, a ampliação do *checklist* de verificação para contemplar outras estratégias de gestão hídrica e ferramentas de simulação associadas ao BIM.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626:** Sistemas prediais de água fria e água quente - Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro, p. 55. 2020.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844:** Instalações prediais de águas pluviais - Procedimento. Rio de Janeiro, p. 13.1989.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527:** Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, p. 10. 2019a.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 15965:** Sistema de classificação da informação da construção. Parte 1: Terminologia e estrutura. Rio de Janeiro, p. 6. 2011.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 15965:** Sistema de classificação da informação da construção. Parte 2: Características dos objetos da construção. Rio de Janeiro, p. 36. 2012.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 15965:** Sistema de classificação da informação da construção. Parte 3: Processos da construção. Rio de Janeiro, p. 19. 2014.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 15965:** Sistema de classificação da informação da construção. Parte 4: Recursos da construção. Rio de Janeiro, p. 222. 2021.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 15965:** Sistema de classificação da informação da construção. Parte 5: Resultados da construção. Rio de Janeiro, p. 42. 2022a.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 15965:** Sistema de classificação da informação da construção. Parte 6: Unidades e espaços da construção. Rio de Janeiro, p. 88. 2022b.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 15965:** Sistema de classificação da informação da construção. Parte 7: Informação da construção. Rio de Janeiro, p. 24. 2015.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16783:** Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações. Rio de Janeiro, p. 19. 2019b.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 19650:** Organização da informação acerca de trabalhos da construção - Gestão da informação usando a modelagem da informação da construção. Parte 1: Conceitos e princípios. Rio de Janeiro, p. 40. 2025a.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 19650:** Organização da informação acerca de trabalhos da construção - Gestão da informação usando a modelagem da informação da construção. Parte 2: Fase de entrega de ativos. Rio de Janeiro, p. 30. 2025b.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 19650:** Organização da informação acerca de trabalhos da construção - Gestão da informação usando a modelagem da informação da construção. Parte 3: Fase operacional dos ativos. Rio de Janeiro, p. 34. 2025c.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 19650:** Organização da informação acerca de trabalhos da construção - Gestão da informação usando a modelagem da informação da construção. Parte 4: Troca de informação. Rio de Janeiro, p. 16. 2025d.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 19650:** Organização da informação acerca de trabalhos da construção - Gestão da informação usando a modelagem da informação da construção. Parte 5: Abordagem voltada à segurança para a gestão da informação. Rio de Janeiro, p. 30. 2025e.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 46001:** Water efficiency management systems - Requirements with guidance for use. Suíça, p. 38. 2019.

BAIA, D. V. S. **Uso de ferramentas BIM para o planejamento de obras da construção civil.** p. 99, 2015. Dissertação de Mestrado em Estruturas e Construção Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília. Brasília/DF, 2015.

BIM FORUM BRASIL - BFB. **Guias de contratação BIM:** conceitos básicos e requisitos para contratação BIM : volume 1; coordenação Ricardo Ferreira, Sergio Leusin. - 1. ed. - São Paulo: Bim Forum Brasil - BFB : Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, 2023.

BONENBERG, W.; WEI, X. Green BIM in Sustainable Infrastructure. **Procedia Manufacturing**, v. 3. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.07.483>. 2015.

BRASIL. **Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018:** Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

BRASIL. **Decreto nº 10.036, de 02 de abril de 2020:** Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling - Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019.. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

BRASIL. **Decreto nº 11.888, de 22 de janeiro de 2024:** Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

BRASIL. **Lei nº 10.860, de 14 de abril de 2004:** Dispõe sobre a criação do Instituto Nacional do Semi-Árido - INSA, unidade de pesquisa integrante da estrutura básica do Ministério da Ciência e Tecnologia, e dá outras providências, Brasília, DF.

BRASIL. **Lei nº 14.133, de 1 de abril de 2021:** Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, Ano CLIX No 61-F.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021.

BRITISH WATER. **BIM4Water Owner Operator Guidance Document**; V5.2.1; British Water: London, UK, 2024.

BUILDINGSMART - International Alliance for Interoperability (2010). **Information Delivery Manual**: Guide to Components and Development Methods. BuildingSMART. Quick Guide Business Process Modeling Notation (BPMN). IDM Technical Team, p.1-14.

CADERNO BIM PARANÁ. **Coletânea de cadernos orientadores**: caderno de especificações técnicas para contratação e projetos em BIM. Curitiba, PR: Secretaria de Estado de Infraestrutura e Logística, 2022.

CARVALHO, M. C. **Maturidade de conceitos green, lean e BIM na construção civil: proposição de matriz**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil - Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão, p. 169. 2020. Disponível em: <https://ri.ufs.br/handle/riufs/14315>. Acesso em: 22 jun. 2025.

CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção. **Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras/**. Brasília/DF, p. 124, 2016.

CHANG, Y. T.; HSIEH, S. H. A review of Building Information Modeling research for green building design through building performance analysis. **Journal of Information Technology in Construction (ITcon)**, v. 25, p. 1-40, 2020.

CORTEZ-LARA, P.; SANCHEZ, B. A Digital Integrated Methodology for Semi-Automated Analysis of Water Efficiency in Buildings. **Buildings** **2023**, v. 13,p. 1-6, 2023.

EDWARDS, B. **Guia básico para sustentabilidade**. São Paulo: Gustavo Gili, 2009.

EMDAGRO - EMPRESA DE DESENVOLVIMENTO AGROPECUÁRIO DE SERGIPE. **SÉRIE HISTÓRICA BOQUIM PLUVIOSIDADE 2000 A 2023**. Aracaju: Emdagro,2025. Disponível em:<https://emdagro.se.gov.br/pluviosidade/>. Acesso em: 4 fev. 2026.

GAN, V. J.L.; DENG, M.; TAN, Y.; CHEN, W.; CHENG, JACK C. P.BIM-based framework to analyze the effect of natural ventilation on thermal comfort and energy performance in buildings. **Energy Procedia**. v. 158. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2019.01.971>. 2019.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas. 2017.

HASANAIN, F. A., NAWARI, N. O. BIM-based model for sustainable built environment in Saudi Arabia. **Front. Built Environ**. 8:950484. doi: 10.3389/fbuil.2022.950484. 2022.

HOLLBERG, A.; KISS, B.; ROECK, M. SOUST-VERDAGUER, B. WIBERG, A. H. LASVAUX, S. GALIMSHINA, A. HABERT, G. Review of visualising LCA results in the design of buildings. **Building and Environment**, v. 190.<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.107530>. 2021.

HONIC, M.; KOVACIC, I.; ASCHENBRENNER, P.; RAGOSSNIG, A. Material Passports for the end-of-life stage of buildings: Challenges and potentials. **Journal of Cleaner Production**, v. 319, 15. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128702>. 2021.

HOWELL, S.; REZGUI, Y.; BEACH, T. Integrating building and urban semantics to empower smart water solutions. **Automation in Construction**, v. 81. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.02.004>. 2017.

ISO. International Standard Organization. **ISO 29481-1: Building information modelling-Information delivery manual** - Part 1: Methodology and format. Geneva, Switzerland, 2025.

KHAHRO, S. H.; KUMAR, D.; SIDDIQUI, F. H.; ALI, T. H.; RAZA, M. S.; KHOSO, A. R. Optimizing energy use, cost and carbon emission through building information modelling and a sustainability approach: A case-study of a hospital building. **Sustainability**, v. 13, 3675. <https://doi.org/10.3390/su13073675>. 2021.

KHOSHDELNEZAMIHA, G.; LIEW, S. C.; BONG, V. N. S.; ONG, D. E. L. A BIM-Based Automated Assessment Tool for Green Building Index. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**. 2020.

KITCHENHAM, B.; BRERETON, O. P.; BUDGEN, D.; TURNER, M.; BAILEY, J.; LINKMAN, S. Systematic literature reviews in software engineering—a systematic literature review. **Information and Software Technology**, v. 51(1), p. 7–15. 2009.

LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Gest. Prod.**, v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/3CZmL4JJxLmxCv6b3pnQ8pq/?lang=pt>. Acesso em: 20 jun. 2025.

LIN, P.-H.; CHANG, C.-C.; LIN, Y.-H.; LIN, W.-L. Green BIM assessment applying for energy consumption and comfort in the traditional public market: A case study. **Sustainability**, 11, 4636; doi:10.3390/su11174636. 2019.

LIU, Q.; WANG, Z. Green BIM-based study on the green performance of university buildings in northern China. **Energy, Sustainability and Society**. v. 17; <https://doi.org/10.1186/s13705-022-00341-9>. 2022.

LIU, Z; ZHANG, C; GUO, Y. OSMANI, M; DEMIAN, P. A building information modelling (BIM) based water efficiency (BWe) framework for sustainable building design and construction management. **Electronics**, v. 8, 599. doi:10.3390/electronics8060599. 2019.

MARRERO, M.; WOJTASIEWICZ, M.; MARTINEZ-ROCAMORA, A.; SOLIS-GUZMAN, J.; DESIREE ALBA-RODRIGUEZ, M. BIM-LCA Integration for the Environmental Impact Assessment of the Urbanization Process. **Sustainability**, v. 12, 4196. doi:10.3390/su12104196. 2020.

MORA, T. D.; BOLZONELLO, E.; CAVALLIERE, C.; PERON, F. Key parameters featuring bim-lca integration in buildings: A practical review of the current trends. **Sustainability**, v. 12, 7182. doi:10.3390/su12177182. 2020.

MONTIEL-SANTIAGO, F. J.; HERMOSO-ORZÁEZ, M. J.; TERRADOS-CEPEDA, J. Sustainability and energy efficiency: BIM 6d. Study of the BIM methodology applied to hospital buildings. **Sustainability**, v. 12, 5731. doi:10.3390/su12145731. 2020.

OLAWUMI T.O., CHAN, D.W.M. An empirical survey of the perceived benefits of executing BIM and sustainability practices in the built environment. **Construction Innovation**, v. 19, n. 3, p. 321-342. 2018.

ONU BRASIL. **Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Nações Unidas Brasil. 2022. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em: 21 jun. 2025.

Referencial técnico de certificação "Edifícios do setor de serviços - **Processo AQUA**". **Escritórios e Edifícios escolares**. © FCAV – Outubro 2007 - Versão 0. Disponível em https://www.grupovollary.com.br/wp-content/uploads/2016/10/certificacao_aqua_escritorios_edificios_escolares.pdf. Acesso 22.05.2025.

ROTHER, M., SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Institute Brasil. 2003.

SACKS, R. et al. **Manual de BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, p. 585. 2021.

SOARES, S. V.; PICOLLI, I. R. A.; CASAGRANDE, J. L. Pesquisa Bibliográfica, Pesquisa Bibliométrica, Artigo de Revisão e Ensaio Teórico em Administração e Contabilidade. **Administração: Ensino e Pesquisa**, v. 19, n. 2, p. 308-339, 1 maio 2018. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/5335/533557910005/html/>. Acesso em: 22 de jun. 2025.

SUCCAR, B. **BIM Maturity Matrix. BIM Excellence Initiative**, v. 1.22, 2016. Disponível em: <https://bimexcellence.org/wp-content/uploads/301in.PT-Matriz-de-Maturidade-BIM.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2025.

TAKEDA, H.; VEERKAMP, P.; TOMIYAMA, T.; YOSHIKAWA, H. Modeling Design Process. **AI Magazine**, [S. l.], v. 11, n. 4, p. 37-48, 1990. Disponível em: <https://ojs.aaai.org/aimagazine/index.php/aimagazine/article/view/855>. Acesso em: 20 jun. 2025.

TEODOSIO, P. M. **Circular village**: o ensino da economia circular na gestão da construção civil. 2024. 302f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Sergipe, Departamento De Engenharia Civil, São Cristóvão/SE, 2025.

TEODOSIO, P. M.; TORRES, T. A. S.; SILVA, D. M.; SILVA, L. S.; SANTOS, D. G. Método de identificação de perda por improvisação e uso de atividades facilitadoras: estudo de caso no Município de Aracaju, Sergipe. **Principia**, v. 62, n. 1, 2025.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. São Paulo: Edição do Autor, 2010. 486.

XIE, M.; QIU, Y.; LIANG, Y.; ZHOU, Y.; LIU, Z.; ZHANG, G. Policies, applications, barriers and future trends of building information modeling technology for building sustainability and informatization in China. **Energy Reports**, v. 8. <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.05.008>. 2022.

		Demian, P.	United Kingdom						
3	A Digital Integrated Methodology for Semi-Automated Analysis of Water Efficiency in Buildings	Cortez-Lara, P.	Mexico	2023	Scopus Web of Science Engineering Village	Buildings	building information modeling; building performance analysis; hydraulic-plumbing system; water efficiency analysis; water supply system	Article	0
		Sanchez, B.	United States						
4	A review of building information modeling research for green building design through building performance analysis	Chang, Yun-Tsui	Taiwan	2020	Scopus	Journal of Information Technology in Construction	Building Performance Analysis (BPA); Green Building Information Modeling (BIM)	Article	53
		Hsieh, Shang-Hsien	Taiwan						
5	A scientometric review of global research on sustainability and sustainable development	Olawumi, T. O.;	Hong Kong,	2018	Web of Science	JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION	Sustainable development; Sustainability; Research trends; Scientometric; Built environment	Review	501
		Chan, D. W. M.	Hong Kong,						
6	An exploratory study on the building information modeling adoption in United Arab Emirates municipal projects- current status and challenges	Venkatachalam, S.	United Arab Emirates	2017	Engineering Village	MATEC Web of Conferences	Information management, Binary alloys, information thoery, Surveys, Architectural design	Conferenc e article	9

7	An Integrated BIM-GIS Method for Planning of Water Distribution System	Zhao, L.	China	2019	Web of Science	ISPRS INTERNATIONAL JOURNAL OF GEO-INFORMATION	GIS; BIM; semantic mapping; topology; water distribution system; sustainable development	Article	30
		Liu, Z.	China						
		Mbachu, J.	Australia						
8	Analysis of Green Building Energy Efficiency Based on Building Information Modeling Design	Dong, X.	China	2024	Scopus Web of Science	Frontiers in Artificial Intelligence and Applications	BIM model design; Energy saving; green building	Conference paper	0
		Wang, H.	China						
		Jin, J.	China						
9	Assessing Rainwater Harvesting Potential in Urban Areas: A Building Information Modelling (BIM) Approach	Maqsoom, A.	Pakistan	2021	Scopus Web of Science	Sustainability (Switzerland)	Building information modeling (BIM); Hydrological investigation; Rainwater harvesting (RwH); Residential buildings; Sustainable drainage systems (SuDs); Water demand	Article	14
		Aslam, B.	Pakistan						
		Ismail, S.	Pakistan						
		Thaheem, M. J.	Australia						
		Ullah, F.	Australia						
		Zahoor, H.	Pakistan						

12	BIM dimensions: example of air blower station at wastewater treatment plant	Bazhenov, V.	Russian Federation	2023	Scopus	E3S Web of Conferences	-	Conference paper	1
13	BIM-based framework to analyze the effect of natural ventilation on thermal comfort and energy performance in buildings	Gan, V. J.L.	Hong Kong,	2019	Engineering Village	Energy Procedia	Thermal comfort, airconditionning, information theory, Arquitectural design, Energy utilization, ventilation	Conferenc e article	32
		Deng, M.	Hong Kong,						
		Tan, Y.	Hong Kong,						
		Chen, W.	Hong Kong,						
		Cheng, Jack C.P.	Hong Kong,						
14	BIM-based model for sustainable built environment in Saudi Arabia	Hasanain, F. A.	United States	2022	Scopus Web of Science	Frontiers in Built Environment	2030 vision; BIM; green building rating system; Saudi Arabia; sustainable buildings; sustainable built environment	Article	13
		Nawari, N. O.	United States						
15	BIM-LCA Integration for the Environmental Impact Assessment of the Urbanization Process	Marrero, M.	Spain	2020	Web of Science	SUSTAINABILITY	life cycle assessment; building information modelling; environmental product declaration; ecolabels; environmental impact assessment; urbanization	Review	36
		Wojtasiewicz, M.	Poland						
		Martinez-Rocamo ra, A.	Spain						

		Solis-Guzman, J.	Spain						
		Desiree Alba-Rodriguez, M.	Spain						
16	Building Energy Management in Airport Construction Projects Utilizing BIM Technique	Kareem, F. M.	Iraq	2021	Scopus	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science		Conference paper	0
		Abd, A. M.	Iraq						
		Zahawi, R. N.	Iraq						
17	Building sustainability through a novel exploration of dynamic LCA uncertainty: Overview and state of the art	Hosamo, H.	Norway	2024	Web of Science	BUILDING AND ENVIRONMENT	Dynamic life cycle assessment; Building sustainability; Uncertainty management; Building information modeling; Internet of Things; Machine learning	Article	10
		Coelho, G. B. A.;	Portugal						
		Buvik, E.	Norway						
		Drissi, S.	Norway						
		Kraniotis, D.	Norway						
18	Calculation of the Green Building Index (GBI) for commercial buildings during the design phase	Alkaraawi, S. O. K.	Iran	2023	Scopus	Results in Nonlinear Analysis	ASHRAE; BIM; BIM vision; green building index; IFC	Article	0
		Khanzadi, M.	Iran						

	Projects-A Structural Equation Modeling Approach	Abubakar, A. S.	Malaysia						
		Hamed, M. M.	Egypt						
31	Getting Environmental Information from Construction Cost Databases: Applications in Brazilian Courses and Environmental Assessment	Borja, L. C. A.	Brazil	2019	Web of Science	SUSTAINABILITY	cost databases; sustainable development; construction industry; environmental aspects; construction management; construction site	Article	6
		Cesar, S. F.	Brazil						
		Cunha, R. D. A.	Brazil						
		Kiperstok, A.	Brazil						
32	Green BIM Assessment Applying for Energy Consumption and Comfort in the Traditional Public Market: A Case Study	Lin, Pao-Hung;	Taiwan	2019	Web of Science	SUSTAINABILITY	green BIM; thermal comfort; energy consumption; tradition market; PMV; IES VE	Article	20
		Chang, Chin-Chuan;	Taiwan						
		Lin, Yu-Hui;	Taiwan						
		Lin, Wei-Liang	Taiwan						
33	Green BIM in Sustainable Infrastructure	Bonenberg, W.	Poland	2015	Scopus	Procedia Manufacturing	Green building; Information modeling	Conference paper	57
		Wei, X.	Poland						

34	Green-blue infrastructure in the built environment - sustainable and resource-saving designs for urban structures and open spaces	Stangl, R.	Austria	2022	Scopus	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	case study; Circular Soil; Green-blue infrastructure; street trees; vertical green shading	Conference paper	5
		Minixhofer, P.	Austria						
		Wultsch, T.	Austria						
		Briefer, A.	Austria						
		Scharf, B.	Austria						
35	Green-energy, water-autonomous greenhouse system: An alternative-technology approach towards sustainable smart-green vertical greening in smart cities	Hung, P.	Taiwan	2017	Scopus Web of Science	International Review for Spatial Planning and Sustainable Development	Green-energy; Smart City; Smart-green; Sustainable; Vertical Greening; Water-autonomous Greenhouse System	Article	14
		Peng, K.	Taiwan						
36	High Level Controller-Based Energy Management for a Smart Building Integrated Microgrid With Electric Vehicle	Dagdougui, Y.	Morocco	2020	Web of Science Engineering Village	FRONTIERS IN ENERGY RESEARCH	building integrated microgrid; control and optimization; electric vehicle; renewable energy; energy management system	Article	8
		Ouammi, A.	Qatar						
		Benchrif, R.	Morocco						
37	Identifying the Internet of Things (IoT) implementation benefits for sustainable construction project	Kineber, A. F.	Saudi Arabia Egypt	2024	Scopus Engineering Village	HBRC Journal	construction monitoring; construction project; Internet of things; IoT; IoT	Article	0

		Gong, X.	China						
		Zhu, H.	China						
		Zhao, Y.	China						
44	Key parameters featuring bim-lca integration in buildings: A practical review of the current trends	Mora, T. D.	Italy	2020	Scopus Web of Science	Sustainability (Switzerland)	Building information modeling (BIM); Integrated approach; Life cycle assessment (LCA); Sustainability	Article	47
		Bolzonello, E.	Italy						
		Cavalliere, C.	Italy						
		Peron, F.	Italy						
45	Leveraging BIM for Sustainable Construction: Benefits, Barriers, and Best Practices	Cheng, Q.	China	2024	Scopus Web of Science	Sustainability (Switzerland)	BIM; construction industry; construction technologies; green construction; sustainability	Article	4
		Tayeh, B. A.	Palestine						
		Abu Aisheh, Y. I.	Jordan						
		Alaloul, W. S.	Malaysia						
		Aldahdooh, Z. A.	China						

		Zhou, Y.	China				management; Sustainable development		
		Liu, Z.	Netherlands						
		Zhang, G.	China						
54	Process model for BIM-based MEP design	Parti, R.	Austria	2019	Engineering Village	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science	Sustainable development, geothermal heat pumps, geothermal energy, zero energy buildings, Architectural design	Conference article	6
		Hauer, S.	Austria						
		Monsberger, M.	Austria						
55	Rethinking life cycle cost drivers for sustainable office buildings in Denmark	Haugbolle, K.	Denmark	2019	Web of Science	FACILITIES	Procurement; Economics; Sustainable buildings	Article	10
		Raffnsoe, L. M.	Denmark						
56	Review of visualising LCA results in the design of buildings	Hollberg, A.	Sweden	2021	Web of Science	BUILDING AND ENVIRONMENT	Life cycle assessment (LCA); Buildings; Design; Visualisation	Review	75
		Kiss, B.	Hungary						
		Roeck, M.	Austria						
		Soust-Verdaguer, B.	Spain						

		Wiberg, A. H.	North Ireland						
		Lasvaux, S.	Norway						
		Galimshina, A.	Switzerland						
		Habert, G.	Switzerland						
57	River Shoreline Project Management Based on BIM Technology: A Case Study of the Environmental Improvement Project of the Green Water Wetland in the Nanjing Reach of the Yangtze River	Huang, T.	China	2023	Engineering Village	Lecture Notes in Civil Engineering	Appçication programs, Architectural design, construtuion, data visualization, environmental technology, forestry, information manafement, informaton theory, project managent, river, three dimensional computer graphics	Conferenc e article	6
		Xu, H.	China						
		Wang, Y.	China						
		Chen, H.	China						
		Zhang, L.	China						
		Fan, H.	China						
58	Strategic innovative technologies as a tool to improve the control efficiency of water supply systems of a modern city	Fomin, N. A.	Russian Federation	2019	Scopus Engineering Village	IFAC-PapersOnLine	Agent-oriented models; Climate change; Smart city; Strategy. bim; Urban water supply systems; Urbanization;	Conference paper	1

	Implementation on Building Design								
62	The use of BIM-based tools to improve collaborative building projects	Sampaio, A. Z.	Portugal	2023	Engineering Village	Procedia Computer Science	Architectural desingn, constrution, construction industry, information theory, life cycle, risk assessment, water supply	Conferenc e article	4
		Fernandes, V.	Portugal						
		Gomes, A.	Portugal						
63	Towards a Conceptual Framework of Using Technology to Support Smart Construction: The Case of Modular Integrated Construction (MiC)	Loo, B. P. Y.	China	2023	Scopus Web of Science	Buildings	blockchain; building information modeling (BIM); modular integrated construction (MiC); smart construction	Article	24
		Wong, R. W. M.	China						
64	Using building information & energy modelling for energy efficient designs	Watfa, M. K.	United Arab Emirates	2021	Scopus	Journal of Information Technology in Construction	BEM; BIM; Energy efficiency; Simulation; Sustainability; Sustainable construction	Article	13
		Hawash, A.I E.	United Arab Emirates						
		Jaafar, K.	United Arab Emirates						