



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

KLEDSON KLOWBERG CLEMENTINO PEREIRA

**PROPOSTA DE FLUXO BIM PARA A IDENTIFICAÇÃO
DE INTERFERÊNCIAS EM SISTEMA DE ESGOTAMENTO
SANITÁRIO EM PERNAMBUCO**

RECIFE
2023

KLEDSON KLOWBERG CLEMENTINO PEREIRA

**PROPOSTA DE FLUXO BIM PARA A IDENTIFICAÇÃO DE
INTERFERÊNCIAS EM SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM
PERNAMBUCO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção de grau em Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a. Dra. Rachel Perez Palha

RECIFE

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Pereira, Kledson Klowberg Clementino .

Proposta de fluxo BIM para a identificação de interferências em sistema de
esgotamento sanitário em Pernambuco / Kledson Klowberg Clementino
Pereira. - Recife, 2023.

77 p. : il., tab.

Orientador(a): Rachel Perez Palha

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Civil -
Bacharelado, 2023.

Inclui referências, apêndices.

1. BIM. 2. Fluxo de projeto. 3. Sistema de esgotamento sanitário. 4.
Interferências. I. Palha, Rachel Perez. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

KLEDSON KLOWBERG CLEMENTINO PEREIRA

**PROPOSTA DE FLUXO BIM PARA A IDENTIFICAÇÃO DE
INTERFERÊNCIAS EM SISTEMA DE ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM
PERNAMBUCO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção de grau em Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em: 04/10/2023

BANCA EXAMINADORA

Profª. Dra. Rachel Perez Palha (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Engª. Fernanda Catarina Ribeiro da Luz (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Eng. Pedro Anselmo (Examinador Externo)
BRK Ambiental

Aos meus pais que sempre estiveram presente na minha caminhada acadêmica incentivando e apoiando.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente e antes de qualquer coisa, gostaria de agradecer a Deus, porque nada podemos fazer sem a benção e a graça Dele.

Agradeço aos meus pais por todo o incentivo durante toda minha vida acadêmica, desde o ensino fundamental com os ensinamentos em matemática básica até aos esforços para pagar um cursinho pré-vestibular para ingressar em uma das melhores escolas de engenharia do nordeste.

Agradeço à minha namorada que esteve presente em toda minha formação acadêmica incentivando a não desistir e perseverar nas dificuldades técnicas e pessoais.

Agradeço aos meus amigos que dividiram comigo as dificuldades acadêmicas, dividindo os momentos tristes pelas notas não tão boas e na grande maioria os momentos de descontração que possibilitaram a rotina da universidade ser mais leve.

Agradeço, por fim, à minha orientadora Professora Rachel Palha que me acompanhou como orientadora de estágio e posteriormente na orientação deste trabalho de conclusão de curso que foi muito postergado. Só posso agradecer o suporte, apoio e tempo dedicado.

RESUMO

O Building Information Modeling (BIM) é uma ferramenta que possibilita a representação completa do ciclo de vida de uma construção, desde o estágio inicial de planejamento até o acompanhamento da obra, melhorando a acurácia do projeto e reduzindo o tempo de elaboração. Ademais, possibilita a identificação de interferências e incompatibilidades ainda na fase de projetos, reduzindo ou prevendo os principais problemas na implantação da infraestrutura. Nesse contexto, essa metodologia possui alto potencial na aplicação aos projetos de sistemas de esgotamento sanitário, visto que as estruturas projetadas possuem grandes extensões que percorrem áreas que muitas vezes já possuem infraestruturas existentes como drenagem urbana, rodovias e ferrovias. Após a instituição do Novo Marco Legal do Saneamento Básico em 2020, os investimentos neste setor alavancaram, impulsionados pela iniciativa privada por meios dos leilões de concessões. Contudo, os investimentos atuais em saneamento básico ainda estão aquém do necessário para alcançar a universalização desse serviço até o ano de 2033. O BIM surge como uma ferramenta que pode desempenhar um papel significativo na superação desses desafios com a otimização de processos, redução do tempo de concepção de projetos e o mapeamento de interfaces do projetado com o existente, vetando retrabalho e desperdícios de insumos. No entanto, é notável que muitas empresas públicas e privadas no Brasil ainda não adotaram essa metodologia, o que significa que elas precisarão passar por um período de transição. Esse período de adaptação não envolve apenas a aquisição de conhecimento, mas também a implementação de um fluxo BIM em todos os projetos futuros. Trabalhar com BIM implica em mudanças profundas em toda a cadeia produtiva de uma empresa, impactando em todas as decisões relacionadas aos projetos. Deste modo, o presente trabalho tem como objetivos principais propor dois fluxogramas para a identificação de interferências, por meio da metodologia BIM, além de mapear os principais investimentos necessário para a implementação eficaz de um fluxo de trabalho. O mapeamento das principais infraestruturas e a forma de gerenciamento do saneamento básico em Pernambuco, possibilitaram a identificação dos pontos de melhorias, subsidiando a elaboração dos fluxos propostos, que se demonstrou potencialmente eficiente para a implementação do BIM para os fins mencionados.

Palavras-chave: BIM, Fluxo de Projeto, Sistema de Esgotamento Sanitário, Interferências.

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) is a tool that enables the complete representation of the life cycle of a construction, from the initial stage of planning to the monitoring of the work, improving the accuracy of the project and reducing the preparation time. In addition, it allows the identification of interferences and incompatibilities still in the project phase, reducing or predicting the main problems in the implementation of the infrastructure. In this context, this methodology has high potential in the application to the projects of sanitary sewage systems, since the projected structures have large extensions that cover areas that often already have existing infrastructures such as urban drainage, highways and railways. After the establishment of the New Legal Framework for Basic Sanitation in 2020, investments in this sector have leveraged, driven by private initiative through concession auctions. However, current investments in basic sanitation still fall short of what is needed to achieve the universalization of this service by the year 2033. BIM emerges as a tool that can play a significant role in overcoming these challenges with the optimization of processes, reduction of project design time and the mapping of interfaces from the designed to the existing, vetoing rework and waste of inputs. However, it is notable that many public and private companies in Brazil have not yet adopted this methodology, which means that they will need to go through a transition period. This period of adaptation involves not only the acquisition of knowledge, but also the implementation of a BIM flow in all future projects. Working with BIM implies profound changes in the entire production chain of a company, impacting on all decisions related to projects. Thus, the present work has as main objectives to propose two flowcharts for the identification of interferences, through the BIM methodology, in addition to mapping the main investments necessary for the effective implementation of a workflow. The mapping of the main infrastructures and the way of managing basic sanitation in Pernambuco enabled the identification of points of improvement, subsidizing the elaboration of the proposed flows, which proved to be potentially efficient for the implementation of BIM for the purposes mentioned.

Keywords: BIM, Project Flow, Sanitary Sewage System, Interferences.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Participação no PIB das Regiões do Brasil.....	18
Figura 2 - Sistema de Esgotamento Sanitário.....	20
Figura 3 - Ligação Predial	22
Figura 4 - Traçado de Rede longitudinal.....	24
Figura 5 - Traçado de Rede em leque.....	24
Figura 6 - Traçado de Rede radial.	25
Figura 7 - Projeto de Estação Elevatória de Esgoto	26
Figura 8 - Esquema de Tratamento de Esgoto.....	28
Figura 9 - Processo de tratamento biológico – Reator UASB e Filtro Percolador.....	29
Figura 10 - Processo de tratamento biológico - Lodos Ativados convencionais.....	30
Figura 11 - Processo de tratamento Biológico – Lagoas de Estabilização.....	31
Figura 12 - Metodologia BIM.	33
Figura 13 - Comparativo entre o compartilhamento de dados de projetos.....	35
Figura 14 - Etapas da Metodologia	39
Figura 15 - Relação de Gerenciamento de Projetos em Pernambuco.....	47
Figura 16 - Estrutura Organizacional comum de Projetistas.....	50
Figura 17 - Estrutura Organizacional de Concessionárias	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ranking das Cidades com maiores índices de atendimento de água e esgoto.	16
Tabela 2 - Ranking das Cidades com menores índices de atendimento de água e esgoto.	17
Tabela 3 - Cobertura de coleta e tratamento de esgoto no Brasil	18
Tabela 4 - Doenças de veiculação hídrica no Brasil.....	19
Tabela 5 - Softwares Bim por disciplina.	53
Tabela 6 - Principais Softwares para modelagem e Gerenciamento de Sistema de Esgotamento Sanitário.....	54
Tabela 7 - Comparativo dos Requisitos mínimos de processadores dos softwares.....	65
Tabela 8 - Sugestão de configuração de máquina.	66
Tabela 9 - Custos anuais com licenças dos softwares.	66

LISTA DE FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1 - Pacote de projetos de Saneamento	48
Fluxograma 2 - Verificação de Projetos	51
Fluxograma 3 - Concepção de Projeto.	59
Fluxograma 4 - Verificação de Projetos.	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 Justificativa e motivação	13
1.2 Objetivos gerais e específicos.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 Saneamento Básico no Brasil	15
2.2 Esgotamento Sanitário.....	19
2.2.1 Redes coletoras de Esgoto	21
2.2.2 Estações Elevatórias de Esgoto	25
2.2.3 Estações de Tratamento de Esgoto	27
2.3 BIM – Building Information Modeling	31
2.3.1 O que é o BIM	31
2.3.2 Benefícios do BIM	32
2.3.3 Desenvolvimento do Projeto	34
2.3.4 Fluxograma de Compatibilização	36
2.3.5 BIM no Saneamento	36
3 MÉTODOS	38
3.1 Mapeamento de informações.....	40
3.2 Elaboração de Fluxo de Projeto.....	41
3.3 Análise do Fluxo de Projeto e metodologia para implantação	41
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
4.1 Mapeamento das interferências na Região Metropolitana do Recife (RMR)	42
4.2 Análise do processo de Gerenciamento de Projetos de Esgotamento Sanitário na RMR ..	46
4.3 Análise do desenvolvimento do pacote de projetos de saneamento por Projetistas	47
4.4 Análise do processo de aprovação e verificação de projetos por concessionárias	50
4.5 Lista dos Softwares Paramétricos.....	52
4.6 Fluxograma de identificação de interferências na concepção do projeto	55
4.7 Fluxograma de Conferência e Aprovação de compatibilização de projeto.	60
4.8 Planejamento Estratégico para Implementação dos fluxogramas.	63
4.8.1 Nova metodologia de gestão compartilhada.....	63
4.8.2 Treinamento da Equipe (investimento em pessoas)	64

4.8.3 Nível de acesso aos softwares (investimento financeiro).....	64
4.8.4 Aquisição de equipamentos e softwares (investimento financeiro)	65
4.8.5 Biblioteca IFC	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70
APENDICÊ A – FLUXOGRAMA DE CONCEPÇÃO DE PROJETO	74

1 INTRODUÇÃO

A modelagem da Informação da Construção (BIM) é uma ferramenta que viabiliza a representação completa do ciclo de vida de uma edificação, abrangendo desde o estágio inicial de planejamento até o monitoramento da construção. Isso promove a interoperabilidade entre os diversos participantes do processo construtivo, permitindo a redução de incompatibilidades e a obtenção de diversas vantagens (SIENGE, 2022).

Agregado a isso, há também o caráter de tempo real no qual a tecnologia BIM opera, significando que qualquer alteração é automaticamente informada para todos os profissionais relacionados ao projeto e todos os dados ligados são atualizados, minimizando assim o risco de erro humano por defasagem.

A indústria da construção civil enfrenta desafios substanciais não apenas no Brasil, mas também em várias outras nações. É pertinente ressaltar o impacto ambiental considerável associado à produção de uma quantidade expressiva de resíduos. Tendo em vista que em 2018 foi gerado cerca de 45 milhões de toneladas de Resíduos da construção civil, equivalentes a 84 milhões de metros cúbicos (ABRELPE, 2018). Paralelamente a isso, há uma busca incessante por práticas construtivas mais eficientes, econômicas, rápidas e enxutas, visando minimizar os impactos de incompatibilidades de projetos e retrabalho durante a fase de execução das obras.

Um obstáculo persistente na história do Brasil é a situação precária do saneamento básico que continua a ser uma preocupação premente. Com o objetivo de melhorar esse cenário, em 2020 foi aprovada a Lei nº 14.026/2020 (Brasil, 2020) que atualiza o marco legal do saneamento básico tendo como principais mudanças a uniformização da regulação pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), as metas de atendimento de 99% da população com água tratada e, índice de 90% de coleta e tratamento de esgoto até o final do ano de 2033 e maior incentivo à concessão da prestação de serviços por empresas privadas por meio de parcerias público-privada ou privatizações, segundo o Instituto Água e Saneamento.

Como consequência do novo marco regulatório do saneamento, antes de completar 2 anos do sancionamento da lei, o setor abarcou um investimento de R\$ 72 bilhões por meio da iniciativa privada com a realização de 9 leilões para a prestação de serviços realizados sob as novas regras da legislação (GOV, 2022). Contudo, um levantamento realizado pelo Instituto Trata Brasil mostrou que 100 milhões de pessoas ainda não possuem sistema de coleta e tratamento de esgoto, cerca de 47% da população Brasileira, e falta água para 16% dos brasileiros que representa 35 milhões de habitantes (Globo, 2023). Assim, é notório a necessidade da continuidade de investimentos para que se atinja as metas do marco do

saneamento, conseqüentemente, melhorando a qualidade de vida e minimizando as doenças decorrentes dessa situação precária dos habitantes que não tem acesso aos sistemas básicos.

A aplicação da metodologia BIM em projetos deste âmbito tem o potencial de contribuir significativamente para a ampliação gradual da cobertura de coleta e tratamento de esgoto em todo território nacional. Essa abordagem pode viabilizar construções mais econômicas, ágeis e eficientes, entre outras vantagens proporcionadas por essa ferramenta (AUTODESK, 2023).

Conquanto, sabe-se que muitas empresas atuantes desta área no Brasil ainda não adotaram essa ferramenta, o que as conduzirá a uma fase de transição (SIENGE, 2022). Nesse período, será crucial não apenas adquirir conhecimento sobre a ferramenta, mais também implementar fluxos de trabalho consistentes nos projetos. Adotar o BIM consiste em modificar a metodologia de trabalho de projetistas e gerenciadoras de projetos visto que engloba muito mais que apresentação do produto em 3D.

A abrangência dessa sistemática é enorme, conforme supracitado, logo, ao aspirar a praticidade, neste trabalho foi estudado um fluxo de desenvolvimento de projetos visando mapear e identificar na etapa de concepção dos sistemas de esgotamento sanitário as interferências com estruturas existentes na Região Metropolitana do Recife, como rede de drenagem, gás encanado, rodovias entre outros. Em complemento, foi incluído a etapa da verificação da compatibilização das diferentes estruturas projetadas e entre disciplinas. Como resultado, ensejando diminuir intercorrência na etapa de execução de obras.

Para o desenvolvimento do trabalho foi utilizado a literatura para embasar as escolhas da metodologia, em virtude da elaboração de um modelo genérico de fluxograma aplicado à realidade da capital pernambucana. Diante do exposto, além do fluxo proposto foi definida uma estratégia para adequação das empresas, softwares, equipamentos, profissionais especializados e treinamentos necessários.

1.1 Justificativa e motivação

Tendo em vista as desafiadoras metas estabelecidas pelo marco regulatório do saneamento, ferramentas de desenvolvimento e gestão de projetos são essenciais na busca pelo alcance das metas. Principalmente no tocante a solução de possíveis problemas ainda durante a etapa de projeto. Um exemplo são as interferências das estruturas existentes com as projetadas, com o objetivo de evitar complicações durante a execução da obra, a compatibilidade dessas infraestruturas é extremamente importante. Dessa forma, o presente trabalho visa apresentar os

estimados ganhos financeiros e técnicos adquiridos pela implementação da metodologia BIM, apresentando um fluxo de desenvolvimento de projeto.

Além disso, o saneamento básico é essencial para melhorar a qualidade de vida do povo brasileiro, logo, qualquer trabalho que possa contribuir positivamente nesse aspecto é animador e gratificante. Pois, tem-se a certeza de estar cumprindo o verdadeiro objetivo da engenharia civil que é contribuir para o melhor bem-estar do ser humano e a preservação do meio ambiente através de projetos e obras de infraestruturas.

1.2 Objetivos gerais e específicos

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver um fluxo de desenvolvimento de projetos em BIM voltado para Sistema de Esgotamento Sanitário em Recife, Pernambuco, com ênfase na detecção de interferências e incompatibilidades.

Como objetivos específicos, pode-se listar:

- Analisar as metodologias convencionais de projeto de esgotamento sanitário e suas limitações na detecção de interferências;
- Explorar os princípios e vantagens da metodologia BIM na gestão de projetos de infraestrutura;
- Propor um fluxo de projetos em BIM adaptado às características da Região Metropolitana do Recife, Pernambuco;
- Apresentar uma estratégia para implementação do fluxo proposto;
- Avaliar os benefícios do uso do BIM na identificação de interferências e tomada de decisões durante o ciclo de vida do projeto;
- Apresentar uma estimativa dos ganhos financeiros e redução dos recursos humanos na implantação do sistema com embasamento na literatura.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este referencial aborda conceitos teóricos e práticos essenciais para elucidação da metodologia BIM e sua aplicabilidade. Assim como, discorre sobre a caracterização do sistema de esgotamento sanitário e a situação no Brasil.

2.1 Saneamento Básico no Brasil

O saneamento básico, de acordo com a lei nº 11.445 de janeiro de 2007 (Brasil, 2007), é definido como:

(...)O conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo de águas pluviais urbanas (Brasil, 2007).

Assim, a estruturação para implementação desse conjunto é essencial para a saúde pública, a preservação do meio ambiente e o desenvolvimento social do país. Por meio desta lei foi estabelecido o Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), que define as diretrizes a serem seguidas para que a população tenha seus direitos garantidos perante estados e municípios neste âmbito. Este plano consiste no planejamento integrado nas quatro vertentes descritas no regulamento brasileiro. Válido ressaltar que neste relatório será abordado apenas sobre transporte, coleta e tratamento de esgoto.

Entretanto, mesmo com o direito ao acesso ao saneamento garantido por leis federais, esta ainda não é uma realidade vivenciada pela maior parte da população brasileira. Com o objetivo de acelerar o índice de cobertura, em julho de 2020 foi promulgado o novo marco legal do saneamento (Brasil, 2020), incentivando o investimento de capital privado por meio de concessões. Entretanto, mesmo com os esforços públicos e privados, ainda assim quase 50% da população brasileira não tem acesso à coleta de esgoto e cerca de 16% não tem acesso à água tratada (Agência Senado, 2022).

Outro agravante observado é em relação a distribuição dos índices de cobertura do saneamento. Este fator pode ser observado no levantamento realizado pelo Instituto Trata Brasil com a parceria do Go Associados, o trabalho intitulado de Ranking do Saneamento¹, classificou

¹ Ranking elaborado pelo GO associados e publicado pelo Instituto Trata Brasil. O trabalho é desenvolvido desde 2009 e do ano vigente foi divulgado em março de 2023.

os 100 municípios com maiores populações do Brasil, estimada pelo Instituto brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), concordante com o percentual de atendimento de água potável e esgoto coletado e tratado (Trata Brasil, 2023). Assim, analisando a tabela 1, 16 dos 20 municípios com os melhores percentuais de atendimento são localizados no eixo sul-sudeste. Enquanto, 12 das 20 cidades com os menores índices de cobertura estão no eixo norte-nordeste (tabela 2). Além disto, o tratamento de esgoto é 340% maior nos 20 municípios mais bem colocados do que nos 20 piores. Vale destacar que estes indicadores não são diretamente proporcionais a população, dado que o grupo melhor classificado não é o mesmo que possui a maior quantidade de habitantes no país.

Tabela 1 - Ranking das Cidades com maiores índices de atendimento de água e esgoto.

Município	UF	População Total (IBGE)	Atendimento Total de Água (%)	Atendimento Total de Esgoto (%)	Tratamento Total de Esgoto (%)	Investimento Total de 2017 a 2021 (R\$ MM)
São José do Rio Preto	SP	469.173	100,00	93,93	91,58	292,43
Santos	SP	433.991	100,00	99,93	97,60	172,55
Uberlândia	MG	706.597	100,00	98,24	82,18	496,38
Niterói	RJ	516.981	100,00	95,55	100,00	194,26
Limeira	SP	310.783	97,02	97,02	92,50	340,09
Piracicaba	SP	410.275	100,00	100,00	100,00	664,12
São Paulo	SP	12.396.372	100,00	100,00	71,35	12.974,76
São José dos Pinhais	PR	334.620	99,99	84,44	73,09	329,80
Franca	SP	358.539	100,00	100,00	98,82	171,39
Cascavel	PR	336.073	99,99	99,99	100,00	264,70
Ponta Grossa	PR	358.838	99,99	99,98	88,25	235,44
Sorocaba	SP	695.328	98,49	98,22	90,08	385,92
Suzano	SP	303.397	100,00	100,00	54,79	278,49
Maringá	PR	436.472	99,99	99,98	100,00	136,20
Curitiba	PR	1.963.726	100,00	99,98	95,62	898,40
Palmas	TO	313.349	98,86	90,61	63,20	259,66
Campina Grande	PB	413.830	100,00	94,26	74,15	123,47
Vitória da Conquista	BA	343.643	97,73	82,93	80,88	213,51
Londrina	PR	580.870	99,99	99,98	89,72	362,73
Brasília	DF	3.094.325	99,00	91,77	86,65	1.835,73

FONTE: GO Associados | Instituto Trata Brasil (2023).

Tabela 2 - Ranking das Cidades com menores índices de atendimento de água e esgoto.

Município	UF	População Total (IBGE)	Atendimento Total de Água (%)	Atendimento Total de Esgoto (%)	Tratamento Total de Esgoto (%)	Investimento Total de 2017 a 2021 (R\$ MM)
Caucaia	CE	368.918	62,18	36,39	40,81	180,92
Cariacica	ES	386.495	91,35	38,33	25,25	166,58
Manaus	AM	2.255.903	97,50	25,45	21,58	993,20
Pelotas	RS	343.826	100,00	61,09	15,12	85,50
Belford Roxo	RJ	515.239	100,00	43,39	4,72	131,00
São Luís	MA	1.115.932	86,41	49,85	20,79	340,90
Soatão dos Guararapes	PE	711.330	80,01	21,64	34,03	391,45
Gravatá	RS	285.564	95,24	41,41	12,51	94,55
São João de Meriti	RJ	473.385	100,00	60,32	0,00	7,27
Duque de Caxias	RJ	929.449	88,72	37,49	5,95	186,17
Ananindeua	PA	540.410	33,79	31,31	30,02	107,61
Várzea Grande	MT	290.383	98,15	29,50	48,10	27,22
Maceió	AL	1.031.597	86,83	23,73	36,33	163,40
Rio Branco	AC	419.452	60,73	22,67	19,88	68,42
Belém	PA	1.506.420	76,84	17,12	3,63	634,76
São Gonçalo	RJ	1.098.357	90,08	33,70	15,49	27,68
Santarém	PA	308.339	50,61	4,12	9,50	49,24
Porto Velho	RO	548.952	26,05	5,80	0,00	138,54
Marabá	PA	287.664	32,89	0,73	2,26	27,10
Macapá	AP	522.357	36,60	10,55	27,14	44,24

FONTE: GO Associados | Instituto Trata Brasil (2023).

Nas tabelas 01 e 02 pode ser analisado também o investimento realizado ao longo de 5 anos em saneamento básico pelos municípios listados. O montante investido pelos 20 melhores colocados é 5 vezes maior que os municípios que possuem os menores índices. Um dos diversos fatores que implicam em menores investimentos no saneamento podem ser a participação das regiões no Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil.

A tabela 03 apresenta um resumo da cobertura de coleta e tratamento de esgoto para as regiões do Brasil, utilizando como dados de entrada os resultados obtidos pelo Instituto Trata Brasil no ranking². Associando, a tabela 03 com a figura 01 é notório a relação entre renda e saneamento, uma vez que sul-sudeste possuem maiores participações no PIB e apresentam melhores índices de tratamento.

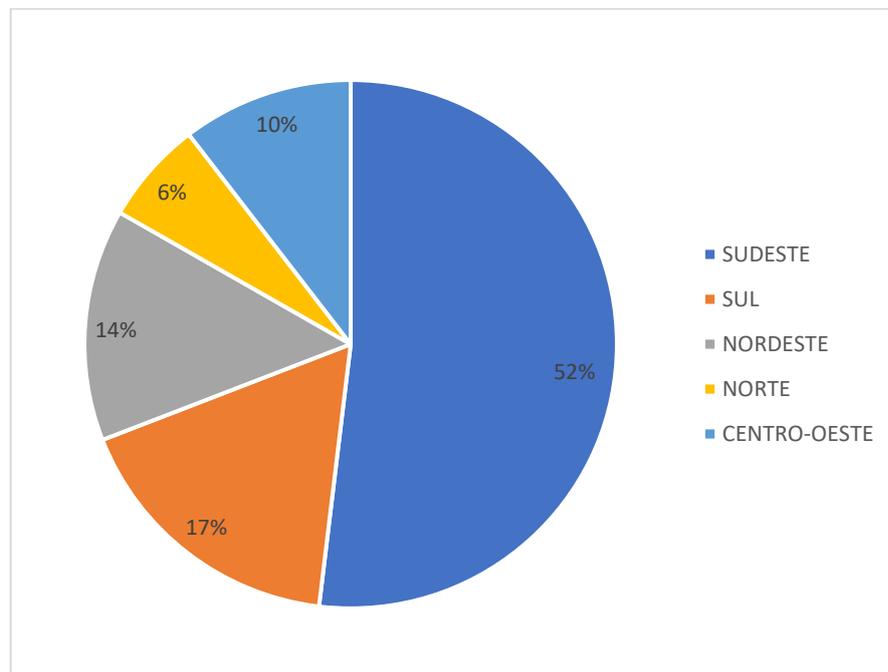
² Ranking do saneamento elaborado pelo GO associados e publicado pelo Instituto Trata Brasil.

Tabela 3 - Cobertura de coleta e tratamento de esgoto no Brasil

REGIÕES	COLETA	TRATAMENTO
SUDESTE	89%	63%
SUL	83%	66%
CENTRO-OESTE	80%	69%
NORDESTE	57%	62%
NORTE	26%	22%

Fonte: GO Associados | Instituto Trata Brasil (2023).

Figura 1 - Participação no PIB das Regiões do Brasil.



Fonte: Autor (2023).

Como consequência do baixo índice de cobertura do saneamento básico estão as doenças de veiculação hídrica que possuem a água como principal veículo de transmissão, como amebíase, giardíase, gastroenterite, febre tifoide e paratifoide, hepatite infecciosa (hepatite A e E) e cólera (Telessaúde, 2023). Essas enfermidades são consideradas um problema de saúde pública e estão associadas ao meio ambiente, tendo como fatores de risco a deficiência no abastecimento de água tratada e a insuficiência de coleta de esgoto. No caso de agravamento dos sintomas e falta de tratamento adequado, estes distúrbios clínicos podem causar a morte (Telessaúde, 2023).

De acordo com os dados do DataSUS, as regiões que possuem maiores índices de internações e óbitos causados por doenças de veiculação hídrica são no Nordeste e no Norte (tabela 04), exatamente as mesmas regiões que possuem os menores índices de cobertura de esgoto tratado. Portanto, a melhora desse atendimento é sinônimo de avanço na saúde pública, desta forma fica evidenciado a necessidade de avanços tecnológicos nas concepções de projetos de sistemas de esgotamento sanitário visando dar celeridade e qualidade no desenvolvimento de projetos.

Tabela 4 - Doenças de veiculação hídrica no Brasil.

Localidade	Internações por doenças associadas à falta de saneamento	Óbitos por doenças gastrointestinais infecciosas na população total
Brasil	128.912	1.493
Nordeste	59.002	583
Norte	25.026	163
Sudeste	20.813	397
Sul	12.719	222
Centro-Oeste	11.352	128

Fonte: DataSUS (2021).

2.2 Esgotamento Sanitário

O esgoto Sanitário, conforme a norma brasileira NBR 9648, é o “despejo líquido constituído de esgotos domésticos e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitaria” (ABNT, 1986). O efluente doméstico é resultado do uso da água potável de abastecimento nos domicílios, logo, proveniente da higienização, necessidades fisiológicas e limpeza. Portanto, sua taxa de geração é diretamente proporcional ao consumo de água de certa localidade. Para essa relação é utilizada a taxa de consumo per capita que é variável e correlacionada com os hábitos e costumes de cada região do país e do mundo (Nuvolari, 2011).

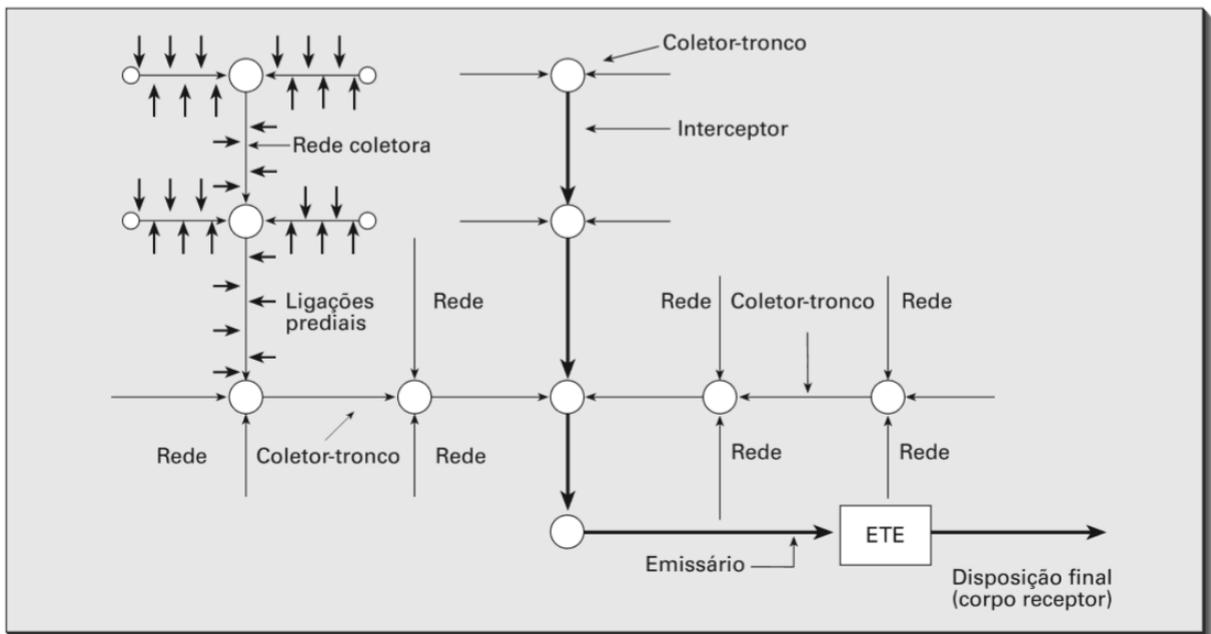
O sistema de esgotamento sanitário pode ser definido como o conjunto de condutos, instalações e equipamentos destinados para a coleta, transporte e tratamento das águas residuárias de modo contínuo e higienicamente seguro, conforme descrito pela norma brasileira NBR 9648 (ABNT, 1986). As principais finalidades de implantação desse sistema, relacionam-se aos aspectos higiênicos, sociais, econômicos e ambientais. Sob o olhar higiênico, contribui para a erradicação de doenças de veiculação hídrica, principalmente em comunidades de menor poderes aquisitivos, promovendo a redução do lançamento de esgoto in natura em vias públicas e corpos hídricos. No que se refere ao social, visa diminuição de odores provenientes desse lançamento impróprio e melhoria da qualidade de vida da população. No tocante ao econômico,

a melhora ambiental gera aumento de produtividade geral, além de gerar empregos diretos e indiretos na execução desses sistemas. Por fim, no que diz respeito aos aspectos ambientais visa em reduzir a poluição dos rios e solo, além de reduzir os impactos relacionados com doenças de veiculação hídrica (Nuvolari, 2011).

Para a concepção de um sistema de esgotamento sanitário, faz-se necessário um conjunto de estudos referentes ao estabelecimento de todos os parâmetros, diretrizes e definições necessários para a caracterização do sistema a se projetar (Tsutiya e Sobrinho, 2011). A NBR 9648 (ABNT, 1986) – Estudo de concepção de sistemas de Esgoto Sanitário reúne informações ao desrespeito dos requisitos para caracterizar a área de estudo, tais como informações geográficas e hidrológicas, demográficas, econômicas, usos do solo e plano de ocupação entre outros.

Segundo as normas vigentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), conforme representado esquematicamente na figura 02, as partes integrantes do esgotamento sanitário podem ser definidas como rede coletora, interceptores e emissários, sifões invertidos e passagens forçadas, estações elevatórias de esgoto, estação de tratamento de esgoto e o corpo receptor.

Figura 2 - Sistema de Esgotamento Sanitário.



Fonte: Nuvolari (2011).

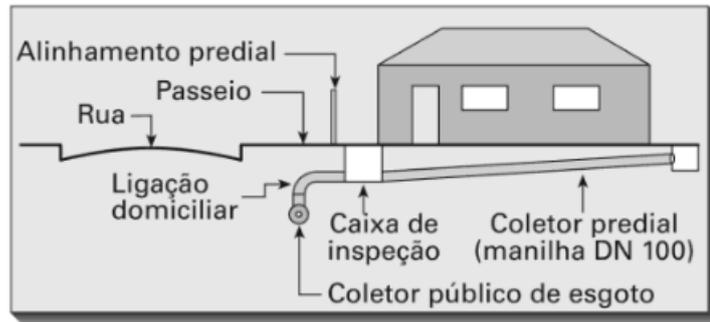
O projeto de um sistema de esgotamento sanitário deve ser dimensionado de forma a atender, dentro do horizonte de projeto, a população atual e futura, prevendo a expansão do sistema conforme a curva de crescimento populacional. Isso vale para todas as estruturas que compõem o processo de coleta, transporte e tratamento do esgoto.

Conquanto, no caso das estações, estas podem ser construídas em etapas sendo assim, o projeto prevê a modulação da implantação conforme acréscimo de vazão de chegada na ETE. A etapalização permite dentre outros pontos positivos, a redução dos custos iniciais de execução do sistema, uma vez que posterga parte do investimento de capital no tratamento e este pode ser direcionado para ampliar a coleta. Conforme menciona Von Sperling (2005), a etapalização possibilita o contínuo acompanhamento da evolução das tecnologias adotadas na estação permitindo que seja adotada sempre a solução mais moderna, que pode em muitos casos ser a mais eficiente e econômica; e estações de tratamento construídas sem um estudo prévio gera unidades superdimensionadas que podem causar problemas que podem diminuir a eficiência de tratamento.

2.2.1 Redes coletoras de Esgoto

A rede coletora é o subsistema que recebe e conduz o esgoto das residências, propiciando o afastamento do efluente e conduzindo, por meio dos grandes condutores, para as estações elevatórias de esgoto ou diretamente para o ponto de tratamento para posterior descarga no corpo receptor. Assim, é um conjunto que abarca as ligações prediais, coletores de esgoto e os órgãos acessórios. A delimitação de responsabilidade pública e privada na coleta se dar no coletor predial, uma vez que a ligação do imóvel a rede coletora, implantação de responsabilidade pública, é de responsabilidade compartilhada e a definição do responsável pela execução da ligação será definida por meio da legislação ou norma vigentes da região. Desse modo, uma caixa de inspeção delimita essa divisão, conforme visualizado na figura 3 (Nuvolari, 2011).

Figura 3 - Ligação Predial



Fonte: Nuvolari (2011).

Os coletores podem ser definidos como, principal, tronco e predial. Os principais são as redes de maior extensão dentro de uma mesma bacia de esgotamento recebendo as contribuições das outras menores. O coletor-tronco é geralmente a tubulação que possui maior diâmetro e profundidade e que recebe apenas contribuição de coletores, não possuindo ligações prediais diretas, em geral, estes são construídos para vencer grandes distâncias de condução, que não possuem edificações tecnicamente viáveis para se ligar a rede, e ao longo de talvegues.

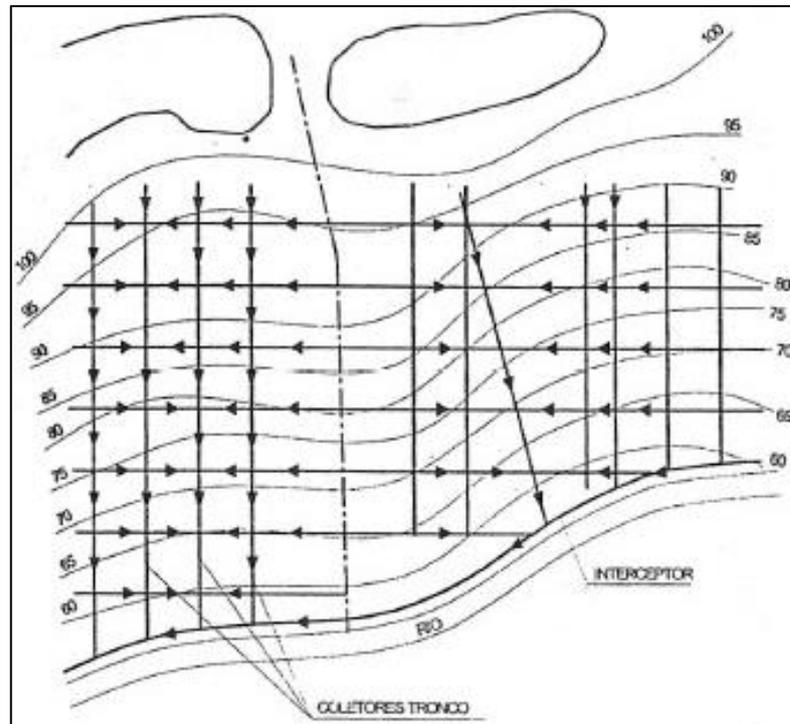
As águas residuárias conduzidas nas redes advindas da geração residencial transportam uma parcela de sólidos orgânicos e materiais. Diante do exposto, são indispensáveis a previsão de instalação de órgãos acessórios para reduzir problemas durante a etapa de operação, como entupimentos e extravasamentos. Posto isto, nos pontos de singularidade da rede é instalado um órgão acessório. Na sequência, algumas opções, conforme descrito por (Tsutiya e Sobrinho, 2011):

- Terminal de Limpeza (TL): Tubo que possibilita a inserção de equipamentos de limpeza e pode substituir o PV no início de coletores. Vale ressaltar que este não permite visita de inspeção;
- Caixa de Passagem (CP): Uma câmara localizada em curvas, mudanças de declividades e materiais que não possui acesso;
- Tubo de Inspeção e Limpeza (TIL): Dispositivo não visitável, contudo permite a utilização de ferramentas e equipamentos para a limpeza e inspeção.
- Poço de visita: Uma câmara construída em concreto ou instalada em PEAD, que permite visitas de operadores, via uma tampa móvel na cota do terreno, para inspeção e limpeza.

Para a concepção do projeto de redes coletoras, o primeiro passo é a definição do traçado das redes que vai depender de características topográficas e da urbanização do local, visando sempre favorecer o escoamento através da força gravitacional, seguindo o caimento do terreno. Os traçados podem ser perpendiculares, leque e radial ou distrital, de forma resumida (Tsutiya e Sobrinho, 2011):

- Traçado perpendicular: Indicado para cidades circundadas ou atravessadas por cursos de água. A rede é composta por coletores independentes, perpendiculares ao traçado do corpo hídrico. Em algum ponto propício, um interceptor receberá todas as contribuições e direcionará para a elevatória de esgoto ou estação de tratamento. A figura 04 representa esse tipo de traçado.
- Traçado em leque: Projetado para cidades com topografia acidentada. Logo, os coletores troncos são dimensionados nas partes baixas da bacia e recebe as contribuições dos coletores secundários, fazendo lembrar uma espinha de peixe. A figura 05 ilustra a descrição supracitada.
- Traçado radial (distrital): Este é o caso para as cidades planas. As regiões são “quebradas” em bacias independentes e a partir das características topográficas dessas regiões, pontos altos ou pontos baixos, o esgoto é conduzido por gravidade ou pressão para outra bacia vizinha até chegar ao ponto de tratamento. A figura 06 apresenta graficamente este traçado.

Figura 4 - Traçado de Rede longitudinal.



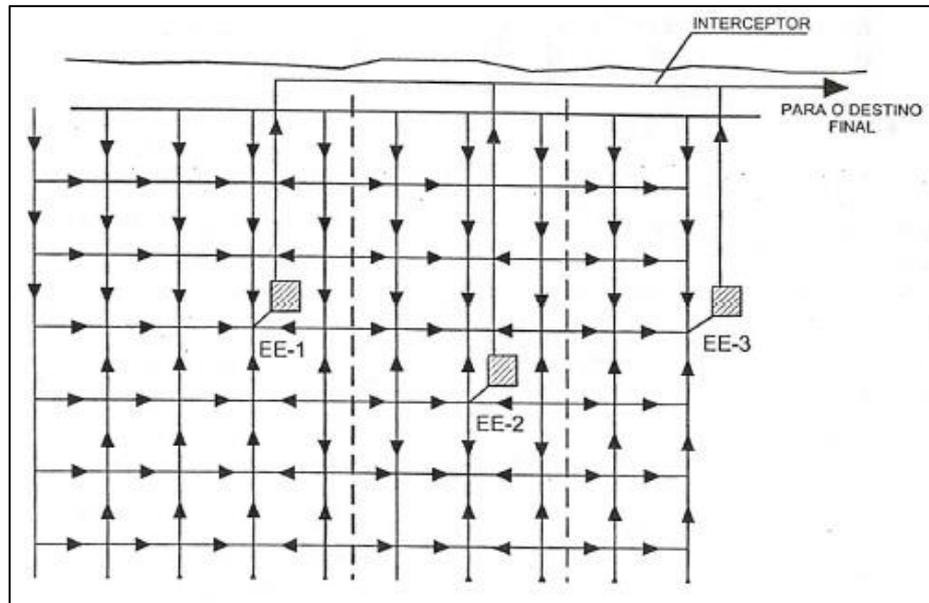
Fonte: Tsutiya e Sobrinho (2011).

Figura 5 - Traçado de Rede em leque.



Fonte: Tsutiya e Sobrinho (2011).

Figura 6 - Traçado de Rede radial.



Fonte: Tsutiya e Sobrinho (2011).

Após a definição do traçado de rede mais adequado, conforme características da região, será realizado o dimensionamento das tubulações admitindo os parâmetros técnicos de projetos presentes na literatura e normas técnicas vigentes.

2.2.2 Estações Elevatórias de Esgoto

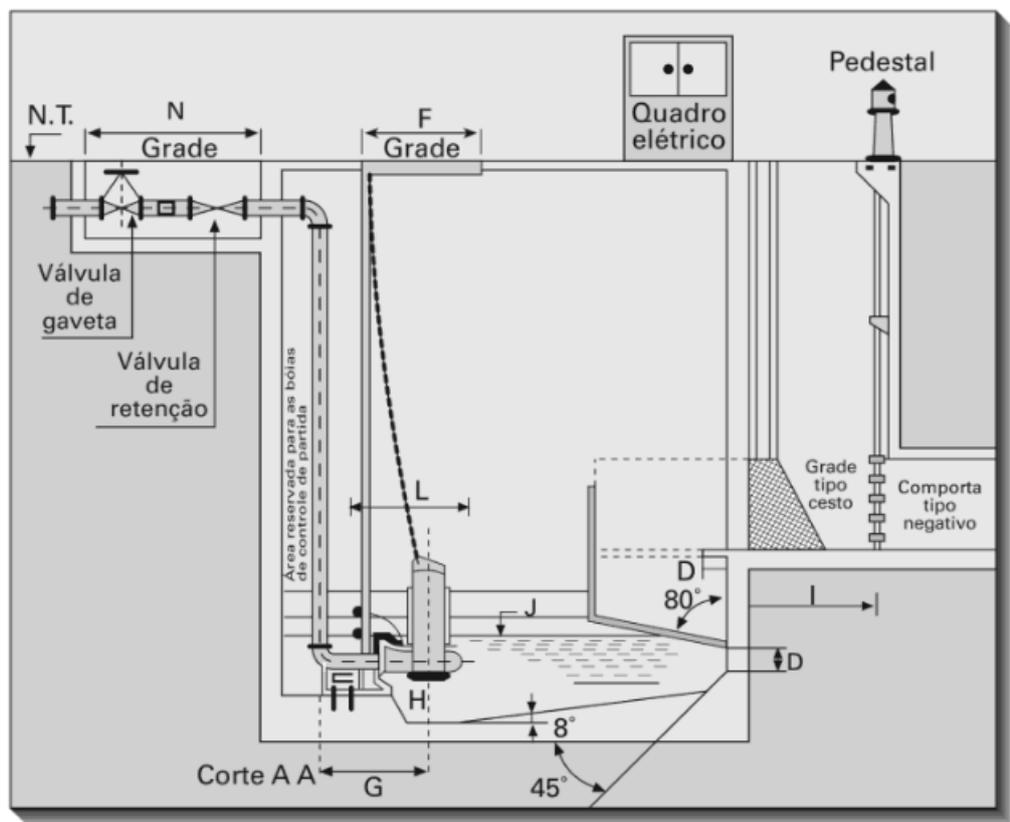
Em alguns casos, a topografia juntamente da urbanização desordenada não permite que o escoamento do esgoto ocorra por gravidade até o ponto de tratamento, pois existem pontos altos que devem ser vencidos pelo fluxo. Contudo, apenas com a força da gravidade não é possível vencer esse obstáculo. Posto isto, uma solução para esse problema é a implantação de Estações Elevatórias de Esgoto (EEE), que possuem como principal função recalcar, por meio de bombas e uma rede pressurizada, o efluente de um ponto mais baixo para um ponto mais alto ou para vencer grandes distancias entre dois pontos de interligação do sistema ou para evitar os custos de obras civis com redes coletoras mais profundas.

A escolha por essa solução deve ser bem avaliada vislumbrando o orçamento dessas unidades em comparação com a soluções por conduto livre, visto que são unidades eletromecânicas que consomem energia e que possuem a necessidade da utilização de estruturas civis mais robustas. Estas unidades são necessárias conforme Tsutiya e Sobrinho (2011), nos casos de terrenos planos e extensos; cobertura de áreas novas localizadas em cotas inferiores

àquelas já executadas; reversão de fluxo de uma bacia para outra; descarga em interceptores, emissários ou Estações de Tratamento.

As EEEs caracterizam-se pela execução de um poço de concreto armado ou em Polietileno de Alta Densidade (PEAD) chamados de poço de sucção ou úmido, em que são instaladas bombas centrífugas que podem ser submersíveis ou não, para a realização da elevação do esgoto pela ação eletromecânica. Além disso, as estações elevatórias necessitam ainda de dispositivos complementares para a operação eficaz das bombas: gradeamento, caixa de areia, grades de barras, cesto para retenção de sólidos, triturador e peneira (BRK, 2023). O dimensionamento da elevatória que incluem dimensões do poço, escolha das bombas e dos dispositivos auxiliares irá depender da vazão afluente à elevatória, disponibilidade de área de implantação, critérios técnicos e urbanísticos. A figura 07, representa um corte de um projeto de estação elevatória com poço úmido em concreto com bomba submersível.

Figura 7 - Projeto de Estação Elevatória de Esgoto



Fonte: Nuvolari (2011).

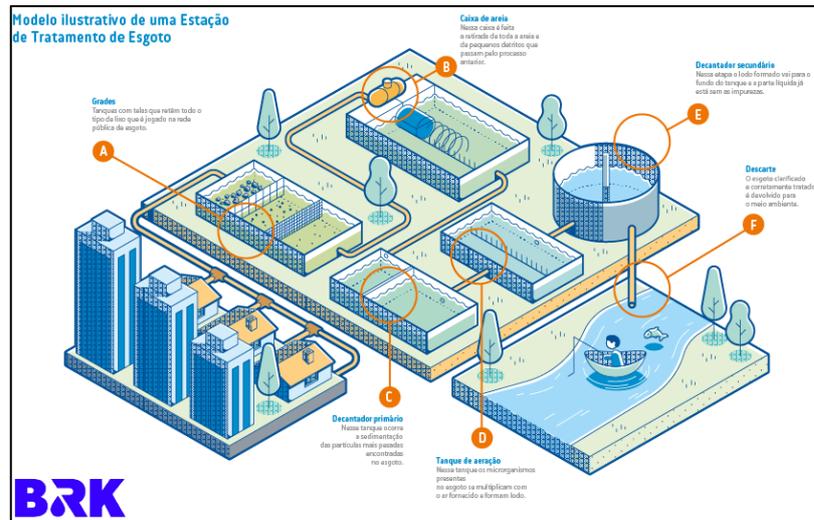
2.2.3 Estações de Tratamento de Esgoto

A Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) é uma unidade operacional do sistema de esgotamento sanitário que possui estruturas civis para a realização de processos físicos, químicos ou biológicos com o objetivo de remover as cargas poluentes do esgoto, devolvendo ao corpo hídrico o efluente tratado, em conformidade com os padrões exigidos pela legislação ambiental vigente (CASAN, 2023).

A ETE é o componente final do sistema de esgotamento sanitário, de maneira que recebe todo o material coletado pelas redes coletoras e bombeados pelas elevatórias, quando necessário, para realizar o tratamento do efluente e lançar no corpo hídrico compatível. O tratamento de esgotos ocorre em uma sucessão de etapas e processos de depuração, no qual os contaminantes presentes são eliminados por processos físicos, químicos e biológicos (Jordão e Arruda Pessôa, 2014).

A figura 08 representa graficamente um esquema geral do processo de tratamento das águas residuárias coletadas nas residências, iniciando por um tratamento preliminar, por meio de processos físicos em que a principal finalidade é a remoção de sólidos grosseiros, sedimentáveis (inclui a remoção de areia) e flutuantes. Posteriormente, ocorre o tratamento secundário via processos biológicos, tendo como objetivo reproduzir os fenômenos biológicos observados na natureza para a degradação de matéria orgânica, condicionando-os em área e delimitando tempo para tornar este processo economicamente viável. Por fim e, caso necessário, o efluente passa pelo tratamento terciário para a eliminação de agentes patogênicos por via de processos químicos que comumente é utilizado o processo de cloração (Jordão e Arruda Pessôa, 2014).

Figura 8 - Esquema de Tratamento de Esgoto



Fonte: Blog BRK (2023).

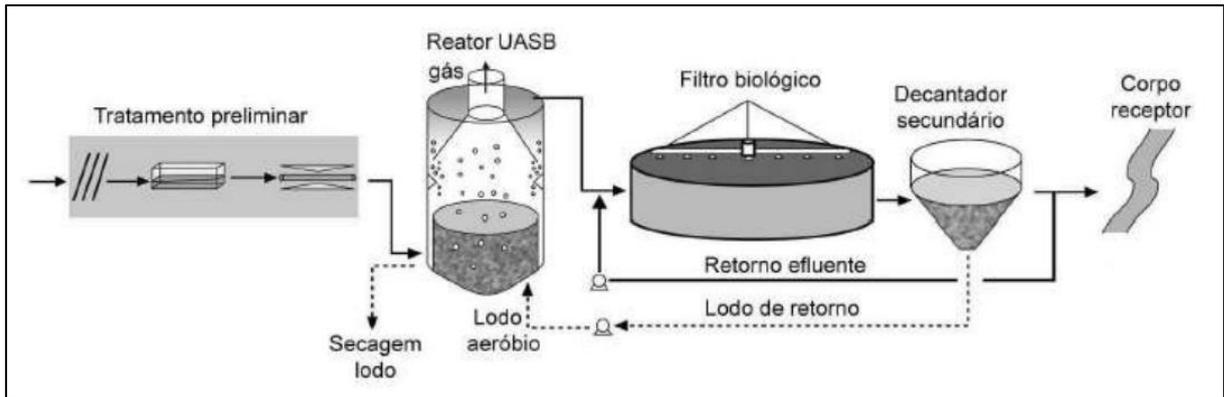
No tratamento secundário, diferentes rotas tecnológicas podem ser utilizadas, essa escolha é baseada em aspectos econômicos, disponibilidade de área para construção, restrição de parâmetros para lançamento no corpo receptor, nível de remoção de carga orgânica, localização da unidade devido ao odor, população atendida, requisitos técnicos entre outros. Alguns exemplos de rotas são o reator anaeróbico de fluxo ascendente de alta eficiência UASB³ com pós-tratamento do efluente em filtro biológico percolador, lodos ativados e lagoas de estabilização.

No tratamento com UASB e filtro biológico percolador, o esgoto bruto passa pelo tratamento primário que compreende um sistema de gradeamento, formado por grades médias e peneiras, seguido de desarenação, via caixas de areia por gravidade. Logo após, o fluxo é distribuído entre os reatores UASB através de uma caixa de distribuição, os quais promovem uma remoção média de matéria orgânica da ordem de 70%. O reator é composto por um leito de lodo biológico denso e de elevada atividade metabólica no qual ocorre a digestão anaeróbica da matéria orgânica do esgoto em fluxo ascendente. Neste caso, é necessário que seja incluída uma etapa de pós-tratamento para a remoção dos compostos orgânicos remanescentes no efluente anaeróbico, sendo o tanque de aeração com tratamento do efluente por meio do processo de lodos ativados (Jordão e Arruda Pessôa, 2014).

³ UASB, Upflow Anaerobic Sludge Blanket.

O lodo ativado, matéria orgânica - formado nos tanques de aeração - será separado do efluente tratado em decantadores secundários retornando aos reatores de aeração e sendo lançado, em menor parcela, como lodo em excesso, no reator UASB visando seu adensamento e digestão (Jordão e Arruda Pessôa, 2014). A figura 09 apresenta graficamente um compilado do processo supracitado.

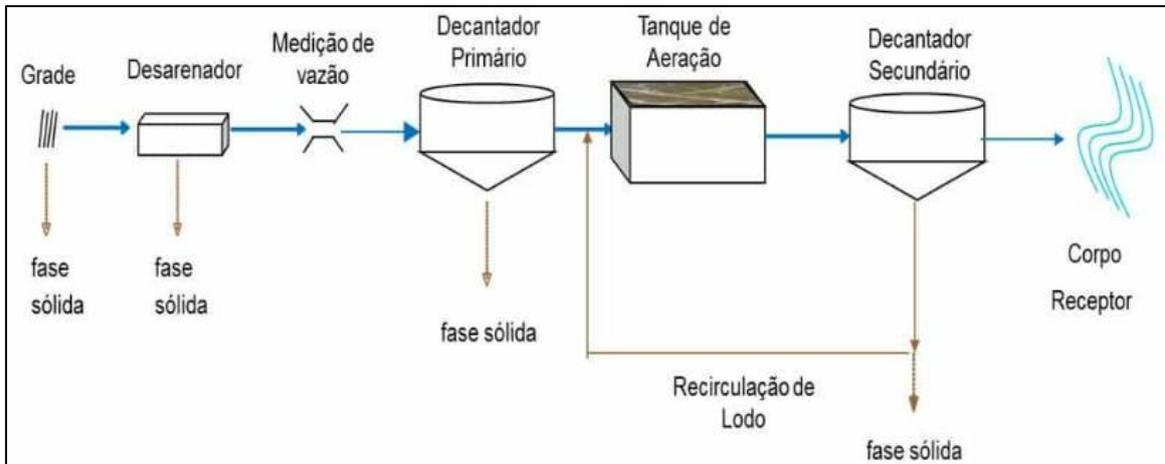
Figura 9 – Processo de tratamento biológico – Reator UASB e Filtro Percolador



Fonte: Von Sperling (2005).

No processo de lodos ativados convencionais, a etapa biológica é toda aeróbia. Assim como no caso anterior, o esgoto passa pelo tratamento preliminar e após segue para o tanque de aeração, este possui o objetivo de proporcionar o oxigênio necessário aos microrganismos para realizar o processo de decomposição da matéria orgânica. O oxigênio pode ser introduzido por duas formas, ar comprimido ou ar puro. Após o tanque de aeração, o fluxo do efluente é direcionado para um decantador secundário, com a função de separar o efluente tratado do lodo. O lodo gerado é recirculado para o tanque de aeração com o objetivo de aumentar a concentração de microrganismos para estabilizar a biomassa que após esse processo é lançado no corpo receptor. Vale ressaltar ainda que parte da matéria orgânica é extraída antes da aeração, visto que possui um decantador primário (Portal tratamento de água, 2019). A figura 10 resume esse tipo de tratamento biológico.

Figura 10 – Processo de tratamento biológico - Lodos Ativados convencionais

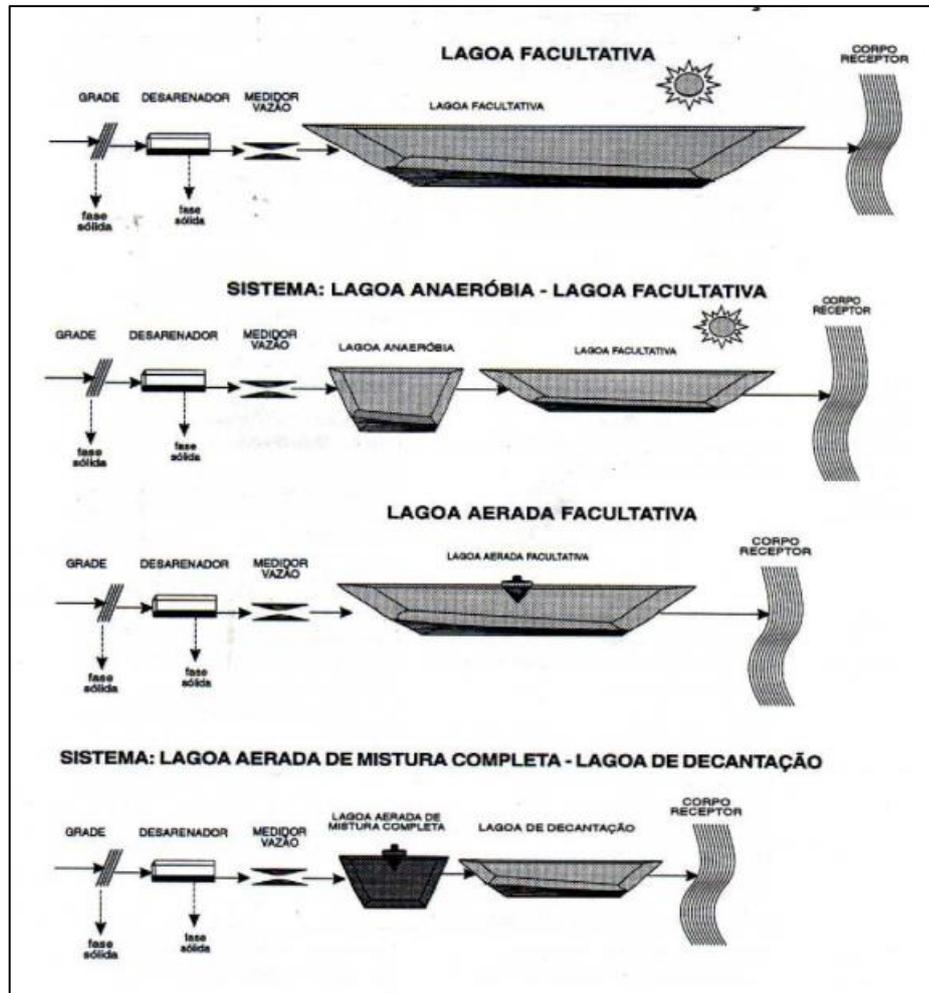


Fonte: Portal Tratamento de Água (2019).

A disponibilidade de grandes áreas, além de clima favorável, predominante quente, permite a utilização do tratamento biológico por meio de lagoas de estabilização. A principal função dessas lagoas é degradar a matéria orgânica através da ação de microrganismos que vão degradar a matéria orgânica, minimizando o máximo possível e eliminando organismos patogênicos com o objetivo de uma água límpida e de boa qualidade como resultado. (Portal Tratamento de Água, 2019)

Nesse sistema, após a etapa física, o efluente é encaminhado para uma série de lagoas de estabilização que podem ser lagoas anaeróbicas, facultativas, aeróbias e maturação e após o tempo de detenção necessário em cada lagoa o efluente tratado é lançado no corpo hídrico. A combinação das lagoas será definida com base nos parâmetros de tratamento desejados e área disponível para implantação. Por fim, a figura 11 representa o processo supracitado.

Figura 11 – Processo de tratamento Biológico – Lagoas de Estabilização.



Fonte: Universidade Federal de Santa Maria - UFSM (2023)

Em suma, cada processo possui uma particularidade e especificação distinta, além de possuir níveis de tratamento esperado distintos com diferentes porcentagens de remoção de matéria orgânica e sólidos suspensos. Assim, não sendo possível indicar qual o mais vantajoso, uma vez que a escolha depende de vários aspectos como caracterização da área e nível de exigência do órgão regulador, entre outros parâmetros já discutidos.

2.3 BIM – Building Information Modeling

2.3.1 O que é o BIM

BIM ou modelagem da informação da construção, pode ser entendido como um processo de gestão e trabalho colaborativo com integração de dados e sistemas em um ambiente

inovador para as partes envolvidas na concepção, planejamento e gestão do projeto. Ainda, segundo o decreto nº 9.983/2019, o BIM é definido como:

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

Nem todas as soluções de modelagem 3D são BIM, mas, se forem BIM, certamente serão 3D. As soluções BIM trabalham como gestores de bancos de dados de forma que, qualquer alteração ou revisão realizada em qualquer parte de um modelo será automaticamente considerada em todas as demais formas de visualização da correspondente massa de dados e informações, sejam tabelas, relatórios ou desenhos (documentos), gerados a partir do modelo (Mega, 2018).

É relevante salientar que o BIM não é uma ideia recente, uma vez que há mais de três décadas, Chuck Eastman introduziu o conceito no antigo AIA Journal. Entretanto, apesar da crescente demanda do mercado por essa tecnologia, sua implementação ainda encontra diversos obstáculos, resultando em uma adoção não tão ampla quanto o ideal. (ABDI, 2017)

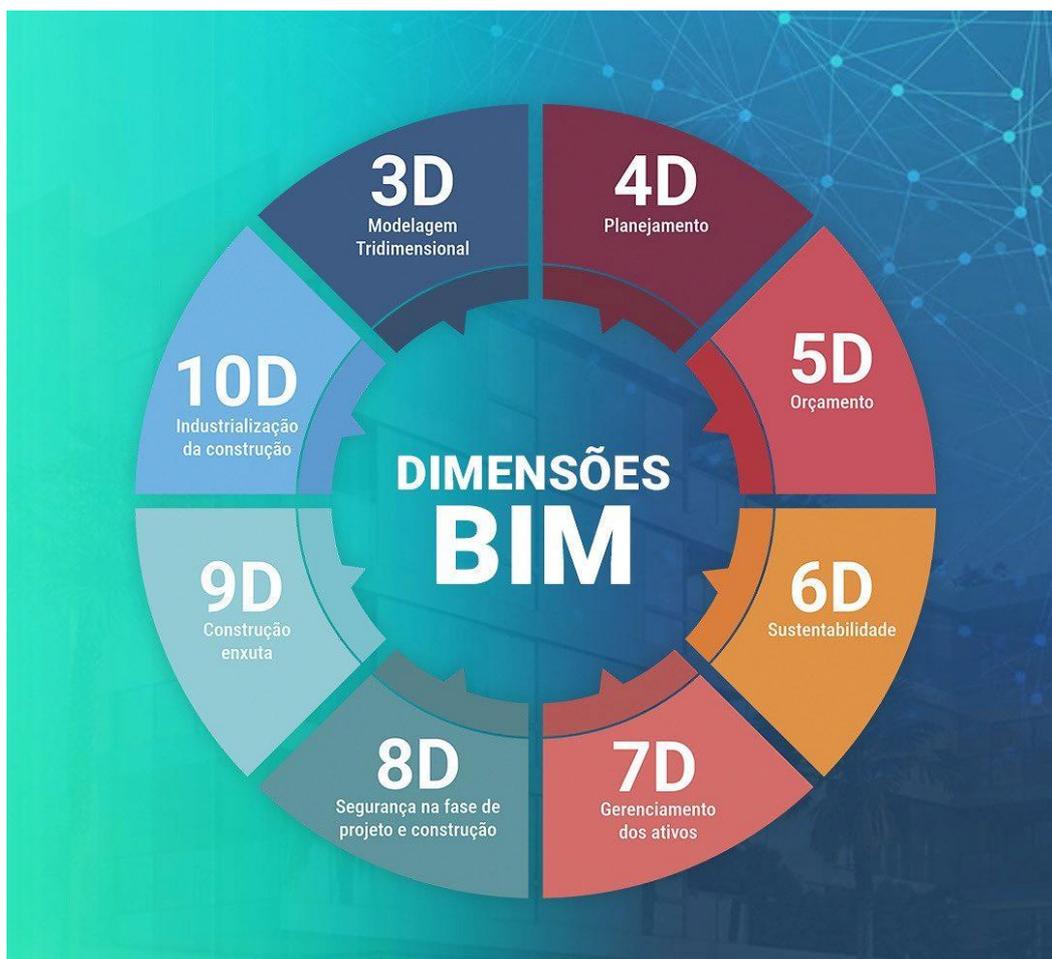
2.3.2 Benefícios do BIM

A aplicação dessa metodologia de gestão de projetos é fundamental, pois permite o encontro dos profissionais, informações e iniciativas corretas para cada fase de desenvolvimento, conforme observado na figura 12. Desta forma, pode-se destacar dentre as principais vantagens do emprego do BIM (AUTODESK,2023):

- Existência de uma linguagem comum para todos os produtos desenvolvidos simultaneamente, independente do software utilizado;
- Modelagem parametrizada, com catálogos com altos níveis de LOIN (*Level of Information Need*) e LOD (*Level of Definition*), que caracterizam os níveis de detalhamento de um objeto;
- Maior eficiência na identificação de problemas durante a compatibilização entre as disciplinas;

- Redução da necessidade de Inserção de dados durante o ciclo de vida do projeto, tendo em vista que entradas múltiplas podem ocasionar erros;
- Representações gráficas em escalas obtidos diretamente do software, a partir das informações imputadas;
- Integração de desenhos e cálculos através de rotinas pré-automatizadas;
- Atualização dinâmica dos desenhos;
- Simulação de soluções de forma rápida e automatizada;
- Extração automática de quantitativos, facilitando a possibilidade de composição de itens e insumos para elaboração de orçamentos executivos;
- Maior assertividade no planejamento do cronograma de implantação do projetado.

Figura 12 - Metodologia BIM.



Fonte: Genuino e Ferreira (2009).

Dessa forma, minimizar conflitos e problemas específicos da fase de construção, suas incertezas e riscos que poderão ser analisados e contornados previamente usando o BIM é algo que reflete maior aderência da execução da obra ao orçamento e ao que foi planejado, e no cumprimento de prazos definidos. Este grande ensaio virtual feito antes de se partir para a execução propriamente dita, no canteiro de obras, configura-se como algo realmente valioso para a indústria da construção civil.

Diante das relevantes vantagens dessa metodologia, o Estado vem atuando de forma mais enfática principalmente desde 2018, com a implantação da Estratégia BIM BR – Estratégia Nacional de Disseminação do BIM, tendo entre seus objetivos: assegurar ganhos de produtividade ao setor de construção civil e proporcionar ganhos de qualidade nas obras públicas (GOV, 2018).

2.3.3 Desenvolvimento do Projeto

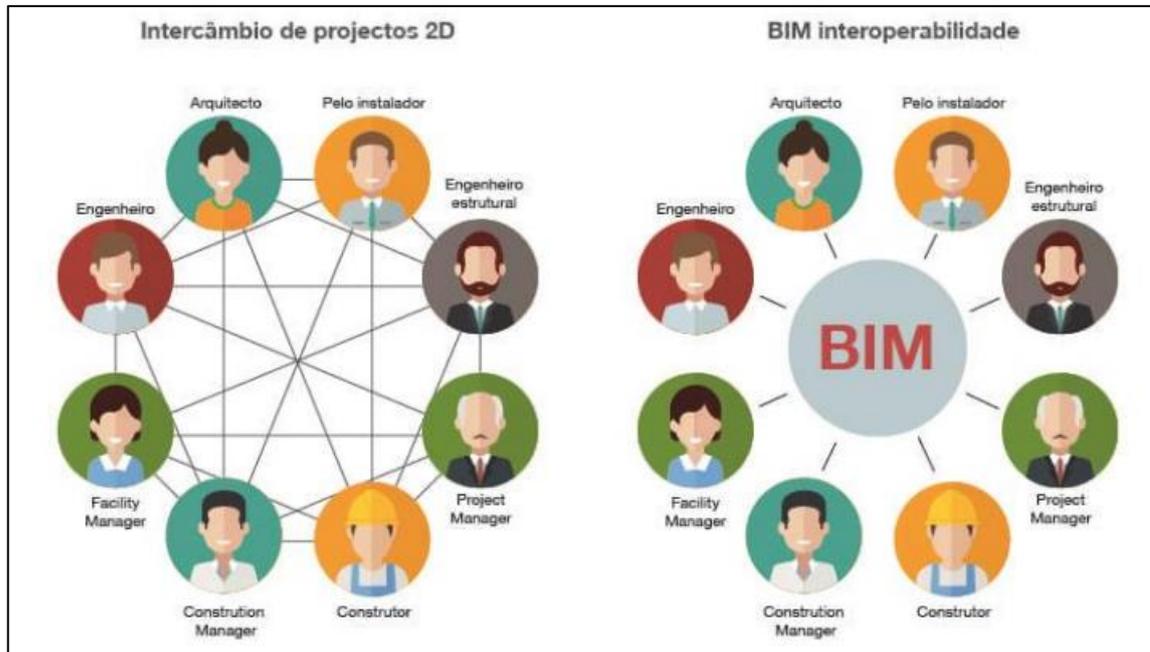
Os fluxos de informações, as etapas e seus respectivos produtos são diferentes no processo BIM e exigem ferramentas diferenciadas não apenas para a concepção, mas para todas as demais atividades necessárias para o desenvolvimento do projeto.

O processo de produção dos projetos em BIM deve ser executado através de modelagens 3D parametrizadas, contendo dados que permitem extrair quantitativos, relatórios de especificações e visualizar coordenadas de qualquer ponto do modelo, bem como todo tipo de associações para a criação de cronogramas, o controle de obras e, quando da finalização da obra, a operação e manutenção (ABDI, 2017).

Durante a elaboração do projeto, o BIM estabelece a interoperabilidade que se refere à capacidade de diferentes softwares e sistemas trabalharem de maneira eficiente e integrada, compartilhando informações e dados de forma consistente ao longo de todo o ciclo de vida de um projeto de construção. Em termos mais simples, é a habilidade de diferentes programas "conversarem" entre si sem perda de dados ou informações críticas, diferente do intercâmbio de informações nos projetos 2D, conforme representado na figura 13. (Utilizando Bim, 2019).

A interoperabilidade é essencial nesse contexto devido à natureza colaborativa da construção. Um projeto residencial ou de infraestrutura envolve várias disciplinas, como arquitetura, hidromecânico, estrutural, elétrica, automação, entre outras. Cada disciplina frequentemente utiliza um software específico para seu dimensionamento. Esta ferramenta permite que esses diferentes softwares se comuniquem e compartilhem dados de maneira eficaz.

Figura 13 - Comparativo entre o compartilhamento de dados de projetos.



Fonte: ACCA software (2017).

Existem diversas maneiras de promover a interoperabilidade entre softwares e uma delas é o uso das Industry Foundation Classes (IFC), que têm sido adotadas em várias instâncias governamentais e organizações ao redor do mundo. Essa escolha é motivada pelo fato de que os IFCs são um formato público e de código aberto (BAIA, 2015).

O IFC é um formato que se destaca por ser neutro em relação a domínios específicos e está disponível para uso em todas as aplicações. Esse formato de arquivo foi desenvolvido para atender às necessidades da modelagem BIM, permitindo a troca de informações com o mínimo de perda de dados, assim, facilitando a interoperabilidade (BAIA, 2015).

Outro termo importante a ser destacado é o LOD – Level Of Development, ou seja, Nível de Desenvolvimento. Na etapa de iniciação do projeto é realizado o alinhamento com o cliente para definir a qualidade desejada para o modelo, podendo variar do LOD 100, mais genérico e simplificado, subindo a escala até o nível 500 com maiores graus de detalhamento e especificidade, finalizando com o as built, verificação feita em campo após implantação do projeto. (Darós, 2017).

E toda essa estrutura de gerenciamento, onde são definidos os atores envolvidos, os softwares a serem utilizados, as premissas dos projetos, as formas de trocas de informações, bem como as extensões de arquivos exigidas e os fluxos de processo destes trabalhos são

conhecidos como PEB (Plano de Execução BIM) que vai ter suas variações e peculiaridades dependendo de cada tipo de projeto a ser executado, conforme supracitado (Biblus, 2022).

2.3.4 Fluxograma de Compatibilização

A extração automática de todas as quantidades de serviços e componentes dos modelos BIM é uma das funcionalidades mais utilizadas por aqueles que começam a utilizar a plataforma. Ela garante consistência, precisão e agilidade de acesso as informações, que poderão ser divididas e organizadas (ou agrupadas) de acordo com as fases definidas no planejamento e na programação de execução dos serviços.

Os softwares BIM localizam automaticamente as interferências entre os objetos que compõem um modelo. Esta funcionalidade é conhecida como clash detection. Os relatórios das interferências localizadas em um modelo em desenvolvimento podem ser extraídos automaticamente e compartilhados com as equipes responsáveis por cada uma das diferentes disciplinas (ACCA Software, 2023).

Outrossim, alguns softwares BIM criam animações para a demonstração explícita da sequência de atividades nas obras. Esses recursos podem gerar economia e redução de discontinuidades e “surpresas” durante a execução da obra, quando a flexibilidade para tomada de decisão já é muito reduzida elevando a qualidade do planejamento e seu nível de precisão.

Somente a correta visualização do que está sendo projetado garante o entendimento e a eficácia no processo de comunicação e alinhamento entre todos os envolvidos na construção de um empreendimento, inclusive nas suas fases mais iniciais. Em outras palavras, mesmo aqueles que não são familiarizados com os termos técnicos da construção civil conseguem entender perfeitamente o projeto. Tudo isso, se traduz em menor desgaste e em menor quantidade de problemas durante a fase de execução.

2.3.5 BIM no Saneamento

No âmbito do saneamento é observado notáveis avanços tecnológicos, especialmente no esforço de promover a transição do uso do CAD para o BIM. Empresas concessionárias, como Sanepar, Sabesp e COMPESA, têm liderado esse movimento, publicando estudos, realizando palestras e estabelecendo diretrizes para a elaboração de projetos por meio da metodologia BIM, por exemplo a norma técnica da COMPESA, GPE-NI-002 que estabelece as diretrizes gerais para elaboração de projetos através da metodologia BIM. Essas diretrizes

fornece informações valiosas, incluindo orientações sobre as normas de referência para a elaboração de projetos e documentação. Além disso, oferecem diretrizes sobre modelagem, compatibilização, gerenciamento de arquivos, apresentação de projetos e planejamento e acompanhamento de obras (Fujii e Carolino, 2020).

No setor de saneamento, existe uma ampla variação de projetos com diferentes requisitos de modelagem e detalhamento. Conforme mencionado por Agostinho (2019), existem duas linhas principais de projetos: obras lineares, que incluem as redes de saneamento, e obras civis, que englobam instalações específicas para a operação do sistema sanitário. Por exemplo, em um projeto de uma estação de tratamento de esgoto, podem ser envolvidas disciplinas tradicionais como arquitetura, hidráulica, estrutural e elétrica, além de aspectos adicionais como pavimentação, drenagem, terraplenagem e automação. Portanto, a seleção de softwares para atender às fases e disciplinas presentes em cada linha de projeto é de extrema importância.

De acordo com Teixeira *et al.* (2021), o baixo nível de desenvolvimento do BIM no saneamento no cenário nacional tem dificultado a capacitação das empresas para a realização de projetos. Ademais, enfrenta-se o desafio de encontrar materiais, manuais e trabalhos que auxiliem na utilização de softwares e no desenvolvimento de projetos nesse contexto.

Embora eventos de grande porte, como a Copa do Mundo e os Jogos Olímpicos, tenham impulsionado a adoção do BIM nos setores de Arquitetura, Engenharia e Construção, conforme destacado por Teixeira *et al.* (2021), esses impactos foram menos percebidos em outros setores. O novo marco do saneamento desempenha um papel fundamental como catalisador do interesse por essa nova tecnologia, tendo em vista o interesse da iniciativa privada em aportar investimentos. Além de representar um diferencial competitivo, a implementação do BIM garante a qualidade dos projetos, mesmo em prazos mais reduzidos, além de contribuir com a celeridade na execução dos pacotes técnicos, premissa solicitada pelas concessionárias.

3 MÉTODOS

A metodologia deste estudo consiste em realizar uma revisão bibliográfica abrangente sobre esgotamento sanitário, a metodologia e as vantagens do BIM e as particularidades da cidade do Recife no âmbito de possíveis interferências e com base no referencial teórico, desenvolver dois fluxos de projetos BIM para proporcionar a possibilidade de verificação de interferências e compatibilização de projeto.

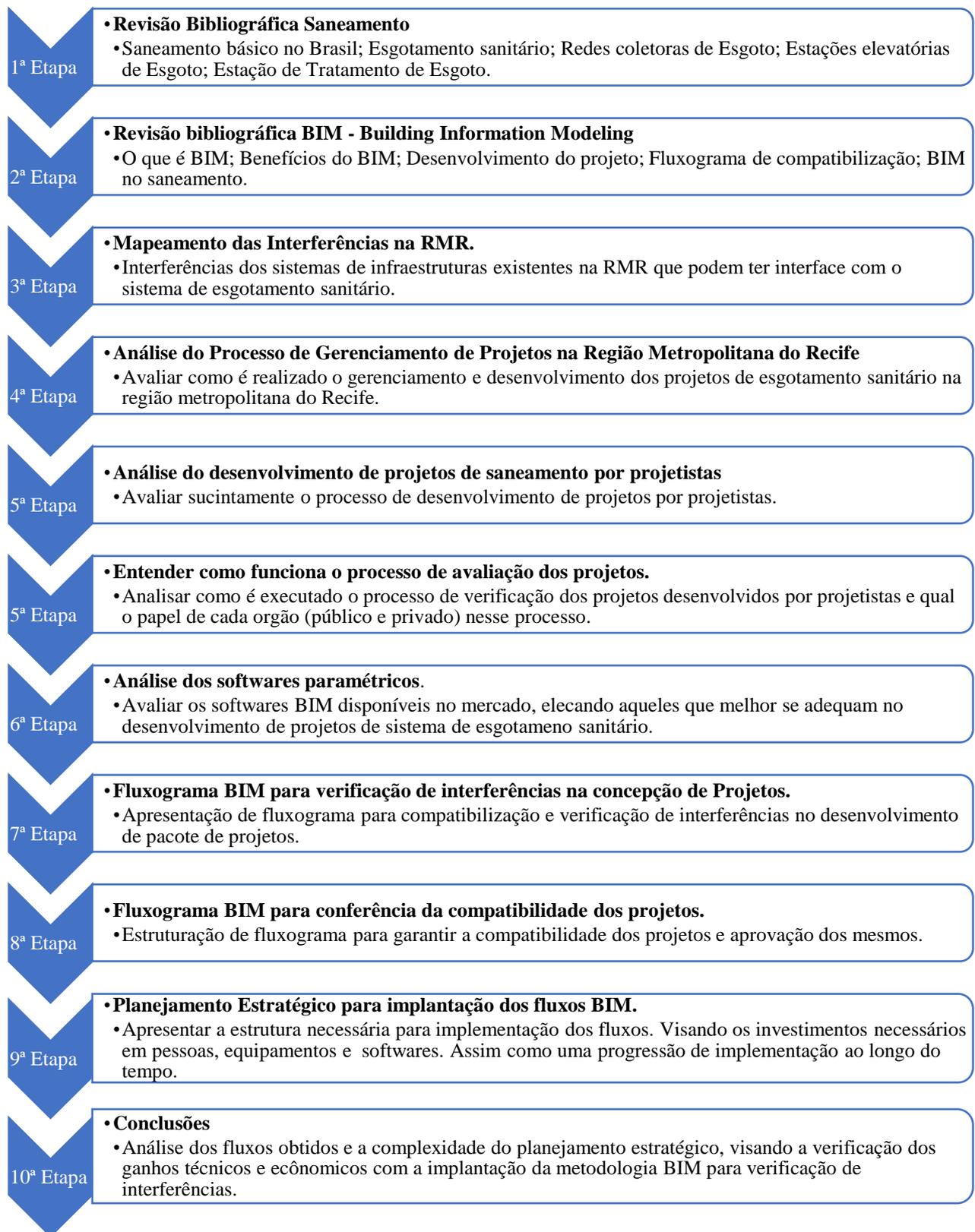
O primeiro fluxo será voltado para a verificação de interferências no desenvolvimento do projeto durante a concepção pela projetista escolhida. O segundo fluxo será voltado para conferência da compatibilidade dos projetos internamente (entre as disciplinas) e externamente (entre a estrutura projetada e as infraestruturas existentes) e utilização da metodologia BIM para a gestão e planejamento do projeto pela concessionária ou gerenciadora responsável pelo investimento no sistema sanitário. Estes dois fluxos são necessários e complementares, conforme explicitado anteriormente, o setor público tem realizado muitos leilões de concessões, sendo assim, existe uma necessidade de comunicação e verificação de projetos por todas as partes envolvidas.

Após a estruturação dos fluxos BIM, será apresentado um planejamento estratégico para a implementação da metodologia na verificação de projetos nas empresas que ainda não utilizam essa ferramenta para a análise de interferências e desenvolvimento de projetos.

Válido ressaltar que o fluxograma contemplará as 4 etapas presentes no ciclo de vida do projeto, Estudo de Concepção, Projeto Básico, Projeto Executivo e Orçamento, apresentando o que será analisado e compatibilizado em cada etapa, assim como os softwares mais adequados para cada fase.

Por fim, a figura 14 apresenta de forma cronológica e resumida as etapas que compõem a metodologia para o desenvolvimento deste trabalho.

Figura 14 - Etapas da Metodologia



Fonte: Autor (2023).

3.1 Mapeamento de informações

Estruturado o referencial teórico que contém o descritivo da metodologia BIM e dos principais componentes de um sistema de esgotamento sanitário, faz-se necessário um mapeamento de dados para embasar a tomada de decisões na estruturação do fluxo de projeto.

Assim, as primeiras informações de entrada são referentes ao local de implementação do projeto, visto que terá impacto na quantidade de interferências que devem ser verificadas. Posto isto, deve-se definir o estado de implantação do sistema, a partir dessa escolha realizar análises preliminares topográficas, geológicas, urbanísticas, infraestrutura com o apoio do Google Earth, literatura, conversas com especialistas, reconhecimento in loco e demais opções que forneçam compreensão da área abordada. Para o presente trabalho analisou-se a Região Metropolitana do Recife (RMR), localizada em Pernambuco.

Definida a região de estudo, faz-se pertinente estudar e avaliar a metodologia empregada para o gerenciamento e a concepção de projetos de saneamento básico. Tendo em vista que cada Estado e capital possuem um órgão distinto responsável pela coleta, transporte e tratamento do esgoto, a avaliação dessa variável é necessária, pois influenciará na estruturação do fluxograma de projeto. O entendimento dessa relação pode ser obtido por meio de sites do governo do Estado e/ou prefeitura, a partir da identificação da responsabilidade pelo projeto, as empresas responsáveis podem ser consultadas em busca de informações complementares não adquiridas por meio digital. Na RMR, a responsabilidade é compartilhada entre poder público e privado, por meio de parceria público-privada, sendo assim pesquisou-se a modalidade de gerenciamento em meios digitais e as dúvidas foram elucidadas com membro pertencente a concessionária BRK.

Por fim, é necessário analisar os softwares disponíveis no mercado que atendem aos requisitos da metodologia BIM e que agregam no desenvolvimento de projetos de saneamento. Logo, fez-se uma busca nos sites dos principais fornecedores de softwares, como AutoDesk, e sites que fazem avaliação de ferramentas. A partir disso, é preciso avaliar a aplicação destes programas mapeados e escolher os que possuem melhor nível de detalhamento e interface entre plataformas.

3.2 Elaboração de Fluxo de Projeto

Após a elaboração do diagnóstico das interferências, estrutura do gerenciamento e desenvolvimento de projetos no Estado, foram elaborados os Fluxos de Projetos específicos para a utilização do BIM para a identificação de interferências. Elaborou-se o fluxograma com as referências das boas práticas da literatura e baseado em outros fluxos já produzidos. Aponta-se que eles estão apresentados nos itens 4.6 e 4.7 deste documento.

3.3 Análise do Fluxo de Projeto e metodologia para implantação

Após a estruturação e desenvolvimento do fluxo de projeto BIM voltado para a identificação de interferências é necessário desenvolver uma estratégia para a implementação estruturando os pontos de melhoria na comunicação das equipes, aquisição de equipamentos e desenvolvimento de pessoas.

Para a realização desse plano de implantação é importante avaliar a estrutura organizacional da empresa, a capacidade de modelagem dos equipamentos existentes, a forma de gerenciamento das informações e projetos e o nível de conhecimento dos colaboradores sobre as funções BIM. A partir disso definir as soluções que atendem à realidade da projetista e/ou gerenciadora. Tendo em mente que o objetivo deste trabalho não é a apresentação de um estudo de caso, a metodologia para utilização do BIM para a identificação de interferências foi apresentada de forma abrangente, sem discorrer sobre aspectos quantitativos, apenas qualitativos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Mapeamento das interferências na Região Metropolitana do Recife (RMR)

Ao longo do referencial teórico foi evidenciado os aspectos técnicos referentes aos sistemas de esgotamento sanitário e ao BIM. Conforme destacado anteriormente, a metodologia BIM é uma solução eficiente para a identificação de incompatibilidades entre as disciplinas de projeto, e de interferências externas, no âmbito da compatibilização do sistema projetado com as infraestruturas urbanas existentes, restrições ambientais, urbanísticas, históricas, arqueológicas e imobiliárias.

Algumas das estruturas que devem ser mapeadas durante a concepção de um projeto de saneamento são pontes, viadutos, rodovias estaduais e federais, ferrovias, sistema de abastecimento de água existente, sistema de gás encanado, distribuição de energia, drenagem urbana, entre outros. Outrossim, aspectos relativos à disponibilidade fundiária e ao plano diretor do município também devem ser estudados, visto que, impõem restrições na escolha da localização das estruturas civis necessárias para o transporte e tratamento do efluente, conforme detalhado previamente, as elevatórias e estações de tratamento de esgoto. Por fim, vale ressaltar a análise do traçado do projeto de redes coletoras de esgoto para preservar Áreas de Proteção Ambiental (APA), regiões de cunho histórico, protegidos por órgãos municipais, estaduais ou federais, e sítios arqueológicos.

Todo o sistema de infraestruturas é gerenciado por entidades públicas, parcerias público-privadas ou empresas privadas que conquistaram concessões através de leilões de privatização. Ademais, as prefeituras têm autoridade sobre questões de aquisição de terrenos nos municípios, enquanto órgãos reguladores cuidam de questões ambientais, arqueológicas e históricas. A principal função desses órgãos é a operação, manutenção, comercialização e fiscalização dos recursos e infraestruturas. Assegurando, como exemplo, a distribuição de energia e água, bem como a coleta e tratamento de águas pluviais e esgoto. Portanto, qualquer atividade que esteja relacionada aos assuntos supracitados requer uma consulta aos órgãos reguladores para avaliação e aprovação do projeto.

Em Pernambuco, assim como em outros Estados do Brasil, cada sistema ou setor é gerenciado por um órgão distinto que possuem diferentes tipos de administração, assim, é valido para a construção deste trabalho discorrer brevemente sobre as principais entidades que atuam no Estado e suas atribuições:

- Departamento de Estradas de Rodagem de Pernambuco (DER) – Autarquia integrante da administração indireta do poder executivo estadual. Sua atribuição é administrar o sistema rodoviário estadual, sua integração com as rodovias municipais e federais e sua interação com os demais modos de transportes no estado de Pernambuco. Cada estado possui uma Departamento de Estradas e Rodagem vinculado (DER-PE, 2023). Logo, os projetos que possuírem interface com faixas de rodagem estaduais deverão atender as diretrizes reguladoras do órgão e ser submetidos ao DER para análise e aprovação.
- Departamento Nacional de Trânsito (DNIT) – Autarquia federal brasileira vinculada ao Ministério da infraestrutura. Responsável por gerenciar os modais rodoviário, ferroviário e aquaviário (DNIT, 2023). Sendo assim, regulamenta as rodovias federais que possuem extensão em Estado pernambucano, possuindo normas e diretrizes próprias para serem seguidas pelos projetos.
- Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU) – Empresa Pública vinculada ao Ministério das Cidades. Responsável pelo sistema de transportes de passageiros sobre trilhos da RMR através da superintendência de Trens Urbanos do Recife (METROREC).
- Companhia Pernambuco de Saneamento (COMPESA) – Autarquia responsável pelos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário no Estado de Pernambuco. Companhia detentora da operação, manutenção, comercialização e ampliação do sistema de abastecimento de água em todo o Estado (Compesa, 2023).
- BRK Ambiental – Empresa privada detentora da operação, manutenção e ampliação sistema de esgotamento sanitário na RMR, em parceria público-privada com a COMPESA. A concessão iniciada em 2013, com duração de 35 anos, tem o objetivo de recuperar, operar e implantar novos sistemas de esgotamento na RMR e Goiana. Atuando nos municípios de Abreu e Lima, Araçoiaba, Cabo de Santo Agostinho, Camaragibe, Goiana, Igarassu, Ilha de Itamaracá, Ipojuca, Itapissuma, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Olinda, Paulista, Recife e São Lourenço da Mata.

- Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) – Autarquia federal do governo do Brasil, vinculada ao Ministério da Cultura. Responsável por ações de preservação e conservação do patrimônio de cunho histórico, artístico e paisagístico. Ademais, responsável por fiscalizar e preservar o local de sítios arqueológicos (Iphan, 2023).
- Companhia Pernambucana de Gás (COPERGÁS) – Empresa de economia mista com capital fechado, tendo como sócios o Estado, a Commit Gás e a Mitsui Gás junto da Energia do Brasil, sendo vinculada à secretaria de Desenvolvimento Econômico de Pernambuco. Responsável pela odorização, canalização e distribuição de gás natural, para uso comercial, industrial, residencial e veicular (Copergás, 2023).
- Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF) – Sociedade anônima de capital misto, concessionária de um dos maiores sistemas de geração e transmissão do Brasil. Atua na geração, transmissão e comercialização de energia elétrica (Chesf, 2023). Este órgão tem o poder de reprovar ou aprovar as obras e intervenções próximas as torres e linhas de transmissão de sua responsabilidade, delimitando distâncias mínimas e parâmetros de projeto para não ocorrer o risco de acidentes.
- Neoenergia Pernambuco - Holding⁴ do grupo espanhol Iberdrola⁵. Responsável pela geração, distribuição, transmissão e comercialização elétrica em todo o Estado.
- Agência Estadual de Meio Ambiente (CPRH) – Autarquia especial estadual, vinculada à Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Governo do Estado de Pernambuco. A agência é detentora do poder de polícia administrativa, atuando por meio da gestão dos recursos ambientais e sobre as atividades e os empreendimentos utilizadores dos recursos naturais considerados poluidores, ou que possam causar, degradação ambiental (Portal da Lei, 2023). Este órgão é responsável por aprovar todo o pacote do sistema de esgotamento sanitário,

⁴ Holding é uma sociedade gestora de participações sociais, termo que designa uma sociedade criada com o intuito de administrar um grupo empresarial.

⁵ Grupo espanhol Iberdrola é uma companhia internacional que investe na distribuição de gás natural e energia elétrica ao redor do mundo. O grupo possui 60% das ações da Neoenergia.

sendo ele o regulador da escolha do emissário, o projeto só pode ser implantado com a Licença de Instalação (LI) emitida pelo CPRH.

- Prefeituras – Órgãos públicos reguladores latifundiários e urbanísticos. Para a implantação do sistema é necessária emissão de Licença de Construção (LC) emitida pela prefeitura caso o projeto esteja em conformidade com as diretrizes do plano diretor municipal.

Nesse sentido, relacionado a Pernambuco, mais especificamente na Região Metropolitana do Recife (RMR), existem diversos aspectos que podem gerar conflitos com a projeção do sistema de esgotamento sanitário. Os primeiros são a topografia e urbanização, algumas regiões urbanas possuem aclives e declives que não favorecem um sistema por gravidade, além de diversas áreas de manguezal, faixa litorânea e proteção ambiental. Além disso, a estratificação do solo é ruim, formado principalmente por argilas e areia, conforme sondagens comumente realizadas para as obras civis e pesquisas científicas, aumentando os custos com as soluções de fundações das estruturas civis e/ou melhoramento do solo.

Em razão da falta de planejamento da expansão da cidade, como consequência, pode ser observado áreas altamente adensadas com uma grande presença de becos, vielas e escadarias. Assim como, a problemática da mobilidade urbana com trânsito intenso em diversas regiões independente do horário, assim, sendo quase impossível não gerar impactos para a população durante a execução de intervenções nessas áreas.

Em sequência, outros fatores limitantes são as galerias e tubulações de drenagem urbana que não foram projetadas e dimensionadas corretamente, em muitos casos, ocupando a seção longitudinal de calçadas em baixa profundidade; a presença de muitos córregos, cerca de 100 canais, segundo relatório de drenagem da EMLURB e rios em área residencial; tubulações de gás natural percorrendo a cidade; pontes conectando importantes bairros; ferrovias; mais de 20 rodovias estaduais e 2 federais cortando a RMR; linhas de transmissões de alta tensão percorrendo o Estado e entre outros fatores.

Portanto, como pontuado acima, a Região Metropolitana do Recife (RMR) possui diferentes e diversas peculiaridades para se analisar na concepção de um projeto de saneamento e todas essas interferências devem ser mapeadas e superadas ainda na fase de projeto, visando melhores soluções técnicas, reduções econômicas e a diminuição do impacto da implantação no cotidiano da população.

Logo, a metodologia BIM pode ser amplamente utilizada para o desenvolvimento dos projetos, visando a compatibilização das infraestruturas projetadas com as existentes, ensejando os ganhos supracitados e auxiliando na verificação dos projetos.

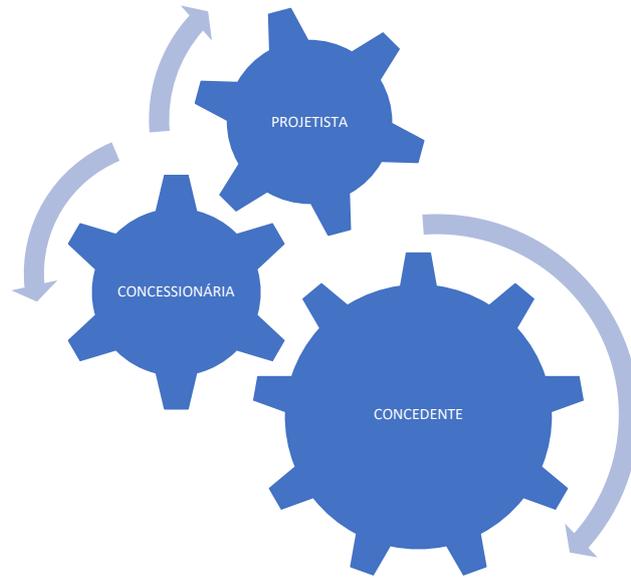
4.2 Análise do processo de Gerenciamento de Projetos de Esgotamento Sanitário na RMR

Conforme descrito anteriormente, na Região Metropolitana do Recife, a administração do sistema de coleta, transporte e tratamento de esgoto é realizada via uma parceria público-privada (PPP) entre a Compesa e a BRK Ambiental, tendo em vista essa interação entre órgão público e empresa privada, o gerenciamento e a elaboração de novos projetos possuem responsabilidade compartilhada. Isto significa que a concedente e a concessionária possuem atribuições sobre os projetos elaborados por projetistas, visto que a BRK não é uma empresa de engenharia consultiva.

Em linhas gerais, é determinado uma linha de delimitação de responsabilidade e obrigações, vide contrato de concessão, no tocante ao desenvolvimento de projetos para a ampliação da infraestrutura no Estado de Pernambuco. Vale destacar que o investimento é compartilhado, significando que existem projetos que vão ser implantados pelo poder público e outros pelo setor privado com capital próprio. Logo, fica evidente a necessidade de comunicação entre as companhias.

A figura 15 ilustra a interação entre as partes envolvidas no projeto, a concedente fica na posição de reguladora e aprovadora do projeto apresentado pela concessionária, uma vez que não tem contato direto com a projetista, enquanto concessionária e projetistas possuem uma relação direta, onde nesta relação a concessionária assume o papel de fiscalizadora do projeto. Em resumo, a necessidade do projeto nasce de um cronograma imposto pela concedente, a concessionária abre um processo de contratação e escolhe a melhor proposta técnica comercial e atua como uma interlocutora para gerenciar e apresentar o projeto desenvolvido para o órgão público.

Figura 15 - Relação de Gerenciamento de Projetos em Pernambuco



Fonte: Autor (2023).

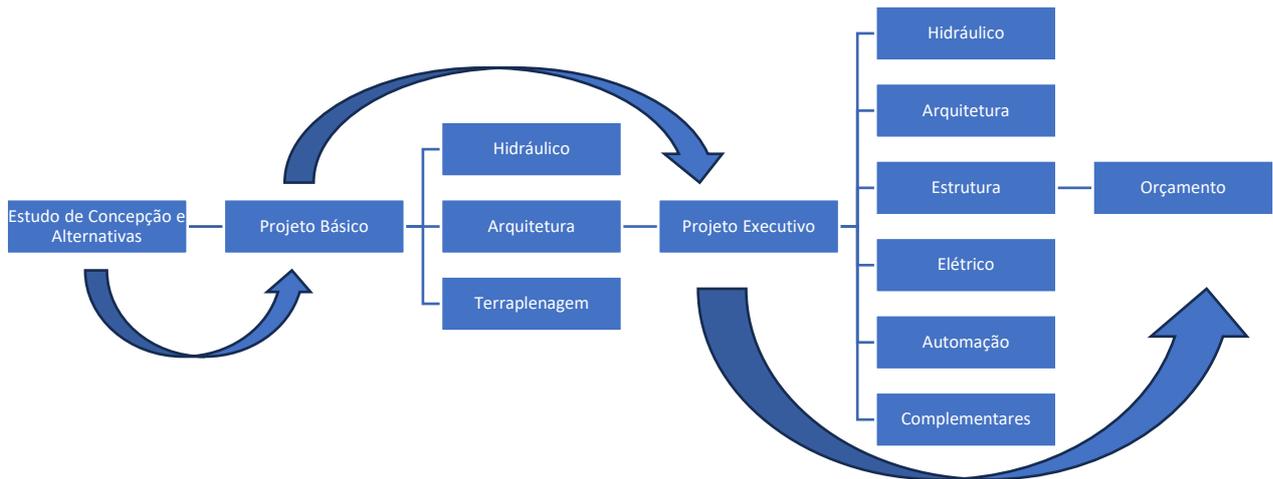
Assim, os projetos devem seguir especificações e diretrizes técnicas e de qualidade de ambas as empresas, visto que ambos têm o papel de aprovar o produto desenvolvido pela equipe terceira contratada. À vista disso, o processo pode ser simplificado pela utilização de metodologia BIM, uma vez que todas as disciplinas vão estar integradas e a contratante vai conseguir analisar e verificar que a concepção proposta atende ao solicitado, além de não possuir interferências com estruturas existentes que possam causar impactos no prazo e custo da obra. Ademais, caso não seja possível contornar algum impeditivo de compatibilização, com a estrutura ou área mapeada, as tratativas com o órgão regulador podem ser conduzidas de forma antecipada visando dar celeridade ao processo de aprovação e apresentando a melhor solução técnica abarcando os pré-requisitos regulatórios.

4.3 Análise do desenvolvimento do pacote de projetos de saneamento por Projetistas

O pacote de projetos é desenvolvido por uma empresa especialista na área de saneamento que apresentar a melhor proposta técnica e comercial. Assim, é garantido que os responsáveis por modelar e dimensionar os sistemas tem plena capacidade de atender os parâmetros técnicos requisitados.

A empresa que ganha o processo de equalização técnica será responsável por desenvolver 4 grandes produtos do sistema de esgotamento sanitário, o Estudo de Concepção e Alternativas (ECA), o Projeto Básico (PB), o Projeto Executivo e por fim o orçamento executivo. Estes 4 produtos são dependentes um do outro, conforme visualizado no fluxograma 01, uma etapa só avança após aprovação da anterior.

Fluxograma 1 - Pacote de projetos de Saneamento



Fonte: Autor (2023).

No ECA é realizado um estudo de caracterização da área estudada, a partir dos dados de entrada de população e região atendida, para elencar quais são as alternativas possíveis para a realização da coleta e tratamento de esgoto da população contemplada no sistema. Isto posto, são analisados aspectos topográficos e geotécnicos, possíveis locações das elevatórias para atender as regiões de cotas mais baixa, possível locação da estação de tratamento, o tipo de tratamento mais adequado para os requisitos solicitados e é estudado também as opções de corpos receptores do efluente tratado que atendem as restrições do órgão regulador ambiental de Pernambuco, o CPRH. Por fim, levantando uma estimativa inicial de custo de implantação do sistema.

Após a escolha da melhor alternativa e aprovação do ECA, o projeto básico é iniciado. Nesta etapa, o projeto hidromecânico, hidráulico e arquitetura, é desenhado, apresentando informações técnicas (cota de implantação das redes, nível de chegada na elevatória, vazão de recalque, quantidade de bombas, extensão de linhas de recalque e redes de coleta, capacidade de tratamento da ETE, estruturas civis principais e auxiliares do processo de tratamento do esgoto, emissário do efluente tratado etc.), para a caracterização das redes, elevatórias e estação

a serem implantadas. No projeto básico hidromecânico da ETE é apresentado de forma mais detalhada a rota tecnológica para o tratamento do efluente apresentando estruturas civis, fluxogramas e eficiência do processo. Nesta etapa, também é apresentado um briefing⁶ do projeto de terraplenagem, visto que grandes movimentações de terra não são a melhor alternativa para obras civis de grande porte devido ao seu alto custo.

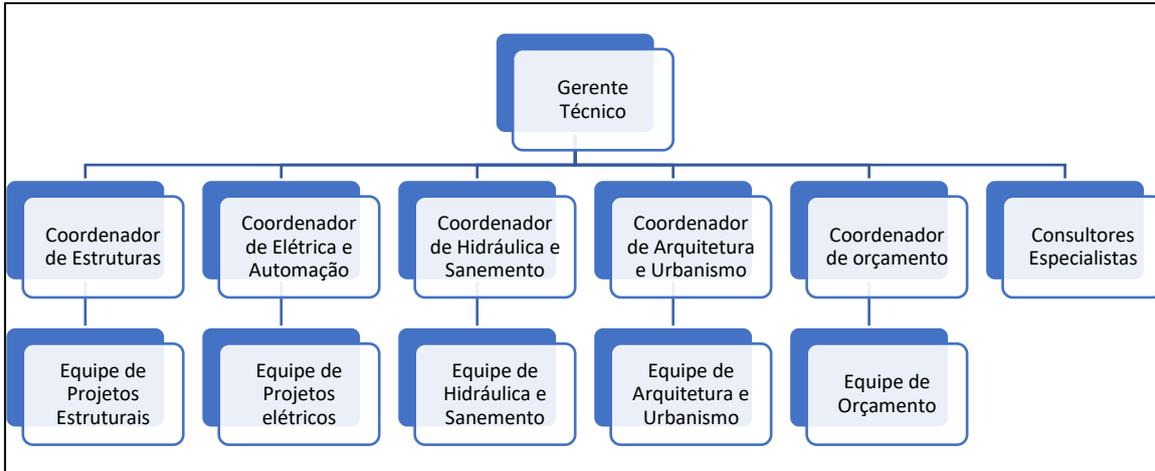
Com o projeto básico ajustado e aprovado é liberado o detalhamento a nível executivo, nesta etapa são desenvolvidos os projetos hidromecânicos, hidráulico e arquitetônico, elétrico, estrutural, automação e complementares. Nessa fase do projeto, será detalhado todas as estruturas necessárias para a operação do sistema de esgotamento, contemplando a compatibilização com estruturas existentes. Este pacote será entregue a equipe responsável pela execução da obra, em razão disso, deve ser contemplado todos os detalhes necessários para auxiliar na leitura assertiva do projeto concebido.

Por fim, após todas as disciplinas do projeto executivo aprovadas é desenvolvido o orçamento executivo, este contempla o custo de implantação do sistema. O orçamento é construído com composições de preços a partir de tabelas SINAPI, COMPESA, DNIT, cotações com fornecedores de equipamentos e materiais etc. Este produto será o predecessor para a iniciação do processo de contratação da empresa responsável pela execução da obra, assim como subsidiará planejamento financeiro para determinar o prazo de início das obras.

Conforme, breve descrição apresentada, fica evidente a necessidade de uma empresa que possua uma estrutura organizacional bem estruturada e composta por diferentes especialistas para atender as necessidades de projeto. Assim como, atender também padrões de qualidade requisitados pelas contratantes. Geralmente, uma projetista de maior porte técnico possui a estrutura organizacional de gerenciamento de projeto condizente com a apresentada na figura 16 sofrendo alguns ajustes de acordo com o tamanho do quadro técnico. Valido ressaltar que a estrutura apresentada não abrange o corpo diretório nem administrativo da empresa, visto que não existe uma premissa para essa estruturação.

⁶ Briefing que em português significa resumo.

Figura 16 - Estrutura Organizacional comum de Projetistas.



Fonte: Autor (2023).

Como pode ser observado, as equipes são divididas por área de atuação, assim, são diversas equipes paralelas trabalhando em um produto comum, por conseguinte a comunicação entre as áreas deve ser definida de forma estratégica para evitar que seja utilizado versões obsoletas de outras disciplinas evitando o retrabalho e a perda de produtividade e corroborando para atender ao prazo estipulado. Além disso, vários projetos distintos vão ser desenvolvidos ao mesmo tempo, não apenas um em específico.

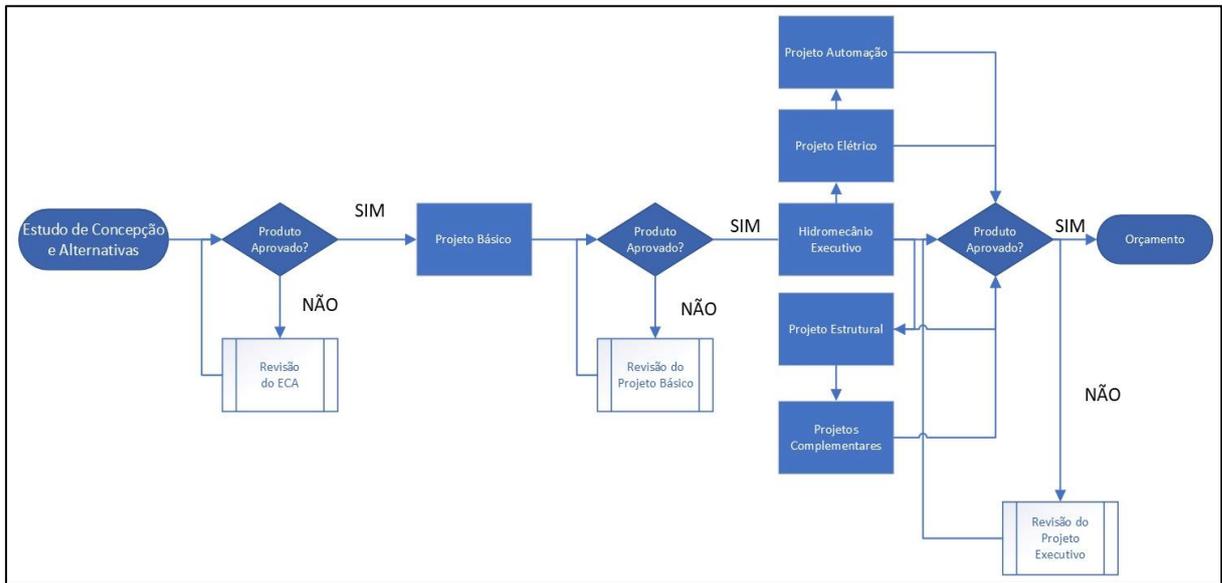
Portanto, a metodologia BIM consegue ser um facilitador nesse momento, mesmo com cada disciplina sendo executado em um software distinto, por causa da interoperabilidade do sistema BIM, todas as plataformas podem se comunicar por meio de um padrão pré-estabelecido promovendo a conexão de todos os coordenadores no mesmo projeto e facilitando a gestão da sua equipe e contribuindo para que o gerente de projeto possua informações de avanço de todas as disciplinas em um ambiente único. Em virtude das reuniões de acompanhamento de desenvolvimento entre contratada e contratante, ter essas informações favorece o andamento e a solicitação de ajustes.

4.4 Análise do processo de aprovação e verificação de projetos por concessionárias

Os produtos desenvolvidos pela projetista são enviados para a concessionária a cada etapa do projeto para validação e aprovação, em caso de reprovação é escopo da contratada fazer os ajustes necessários para atender ao requisitado. Sendo assim, a concessionária possui

o fluxo de trabalho, conforme representado no fluxograma 02. Destaca-se que o produto só avança de etapa no desenvolvimento após aprovações da contratante.

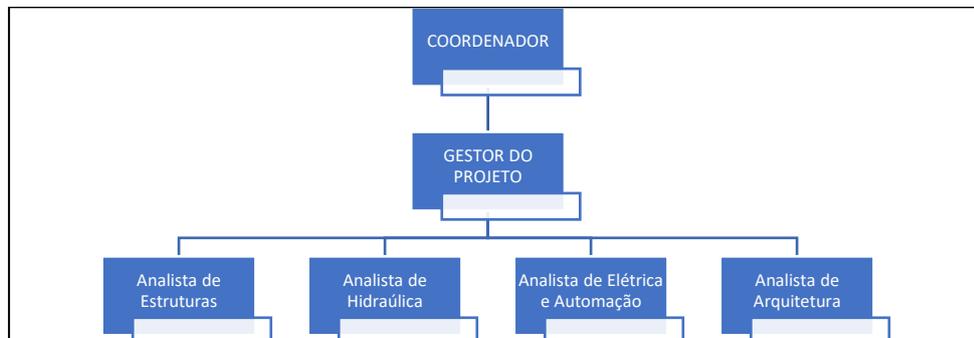
Fluxograma 2 - Verificação de Projetos



Fonte: Autor (2023)

Assim como o organograma das projetistas, existe uma divisão por disciplinas para a realização das verificações dentro das concessionárias, pois a empresa, corriqueiramente, possui equipes com profissionais especialistas em áreas específicas distintas garantindo a multidisciplinaridade, conforme observado na figura 17. Entretanto, a diferença é que estas análises ocorrem em paralelo por responsabilidade de cada profissional sem ser necessário muita interação, visto que o produto recebido por todos os analistas é igual, logo faz-se necessário avaliar apenas os itens relacionados a sua disciplina.

Figura 17 - Estrutura Organizacional de Concessionárias



Fonte: Autor (2023).

Algumas concessionárias não adotam nenhum uso de softwares BIM, sendo assim a verificação de compatibilização dos projetos é feita pelo gestor do projeto de forma manual sobrepondo desenhos 2D no AutoCAD ou verificando as dimensões em cada disciplina e comparando. Tendo em vista que um projeto de infraestrutura costuma ter mais de 100 pranchas, por disciplina, é humanamente impraticável verificar todas, pois existem outras atividades de gestão para serem desenvolvidas em paralelo. Por conseguinte, em muitos casos só é verificado estruturas maiores e apenas em relação as dimensões principais e locações dentro da área de projeto. Consequentemente, durante a fase de obras é identificado uma série de incompatibilidades gerando ônus e improdutividade para a equipe de campo, porque faz-se necessário aguardar a verificação da intercorrência e a revisão do projeto pela projetista, após conclusão passar por aprovação e por fim voltar para o campo para ser executado.

Outrossim, durante a fase de validação não é possível também fazer a verificação da compatibilização das redes projetadas com as estruturas existentes, tendo em vista que o projeto é 2D, não sendo possível sobrepor por meio dos softwares de mapa 3D. Novamente, como consequência, durante a fase de consulta aos órgãos reguladores ensejando uma aprovação, o projeto é reprovado e sofre diversas revisões gerando mais custos e prazos para atender as diretrizes de cada entidade.

4.5 Lista dos Softwares Paramétricos

Por fim, para apresentar um fluxo BIM é necessário verificar os softwares com interface BIM disponíveis no mercado e avaliar sua funcionalidade. A tabela 05 apresenta a lista dos principais softwares BIM por disciplina. Tendo em vista que o objetivo deste trabalho não é a avaliação da melhor ferramenta, a descrição resumida será apresentada diretamente na tabela 06 juntamente da lista de softwares mais indicados no desenvolvimento de projetos de sistemas de esgotamento sanitário.

Tabela 5 - Softwares Bim por disciplina.

DISCIPLINA	SOFTWARE BIM
Arquitetura	Revit Architecture ArchiCAD Allplan Vectorworks Architect Bentley Architecture
Instalações (Hidráulica e elétrica)	Revit – MEP QI Builder AutoCAD MEP ArchiCAD MEP Bentely
Estrutural	CAD/TQS Eberick CypeCAD Tekla Structure Revit Strucuture CYPECAD Robot
Planejamento e Gerenciamento	Naviswork MS Project Solibri Trimble Tekla BIMsig

Fonte: Autor (2023).

Tabela 6 - Principais Softwares para modelagem e Gerenciamento de Sistema de Esgotamento Sanitário.

SOFTWARES BIM	FUNCIONALIDADE E APLICAÇÃO
CAD/TQS Revit Structure Revit MEP AutoCAD MEP	Projetos de estrutura e fundação, elétrico e hidráulico de unidades (elevatórias e estações de tratamento). Os softwares fazem a modelagem e o dimensionamento. Os parâmetros podem ser exportados para compatibilizar com o projeto arquitetônico.
Revit Architecture AutoCAD Plant 3D AutoCAD P&ID	Projetos arquitetônicos de unidades, projetos de unidades localizadas (elevatórias de esgoto e estruturas civis da estação de tratamento) e de processo (projeto hidráulico, mecânico, tubulações, equipamentos, estruturas metálicas e suportes); fluxograma de processo e instrumentação.
AutoCAD Civil 3D AutoCAD Map 3D Ferramentas GIS	Projetos de infraestrutura, sistemas lineares e implantação em obras localizadas. Obras lineares (tubulações, canalizações, projeto geométrico); obras localizadas (terraplenagem, projeto viário, drenagem, redes externas)
Autodesk Navisworks MS Project	Atividades de coordenação e colaboração entre disciplinas, integração de todos os modelos em um único e sincronizado modelo; coordenação, análise e revisão do projeto: identificação de interferências; quantificação; simulação e otimização de cronogramas para planejamento e gerenciamento de construção.
Autodesk Infraworks MS Project	Atividades de concepção, estudos de alternativas para implantação de empreendimento: desenvolvimento de caminhamentos e locação de unidades para análises de viabilidade e formulação de alternativas.

Fonte: Autor (2023).

Portanto, após a análise do gerenciamento e desenvolvimento de projetos de sistema de esgotamento sanitário na Região Metropolitana do Recife, em conjunto com o estudo da metodologia BIM na identificação de interferências e com os softwares BIM mapeados tem-se todas as informações suficientes para a apresentação do fluxo de desenvolvimento BIM com foco na identificação de interferências para ser utilizado por empresas de engenharia consultiva.

Além do mais, expor outro fluxo voltado para as concessionárias de esgoto na verificação e aprovação dos projetos, visto que esta metodologia não é habitualmente aplicada.

Por fim, em posse dos fluxos de projetos estruturar um plano estratégico para a implementação e aplicação por empresas consultivas e concessionárias do setor de saneamento, destacando os principais pontos de atenção e os principais fatores de investimento pessoal ou financeiro necessários para atingir os resultados esperados e por fim adaptar o fluxograma para os processos vigentes entre as partes.

4.6 Fluxograma de identificação de interferências na concepção do projeto

O fluxograma 03 apresenta o fluxo de desenvolvimento de projeto em BIM com ênfase na identificação de interferências do projetado com o existente e a compatibilização das disciplinas projetadas.

O objetivo deste trabalho não é a análise da metodologia BIM como um todo, mas referente a sua utilização para a identificação de interferências e compatibilização de projetos, o fluxograma desenvolvido abrange apenas o desenvolvimento e interfaces de projeto, sem detalhar o dimensionamento. Ademais, para melhor enquadramento ao longo do trabalho, o fluxograma 3 foi simplificado, contudo a íntegra é apresentada no apêndice A.

O fluxo inicia com a liberação do desenvolvimento do projeto, por meio da reunião de kick off⁷. Sendo assim, o primeiro passo é a entrada de dados, a contratante irá enviar todos os documentos e informações necessárias para o desenvolvimento do produto, conforme contrato firmado. No saneamento, almejando atender aos requisitos do órgão público concedente, faz-se necessário o envio do escopo do projeto detalhando os itens que devem ser desenvolvidos e o grau de detalhamento, assim como a definição dos entregáveis. Em complemento é indicado as normas técnicas (NBRs, Normas Técnicas Compesa, especificações técnicas da concessionária, restrições órgão regulatórios) que devem ser tomadas como referência. Por fim, a determinação da área de abrangência do projeto, localização que pode ser uma cidade ou bairro da RMR, e a população a ser atendida do início ao fim.

Após a entrada dos dados, o primeiro produto a ser desenvolvido é o Estudo de Concepção e Alternativas (ECA). Nessa etapa, em paralelo, será mapeado as infraestruturas e áreas que podem ter interferências com o projeto proposto. Visto que na fase inicial é avaliado

⁷ Kick off é a reunião de abertura de projetos para alinhar todo os detalhes entre os stakeholders envolvidos.

as opções de layout do sistema, para a identificação das possíveis interferências será utilizado ferramentas de visualização geográfica 3D, como o Google Earth e o ArcGIS, pois é possível identificar a distribuição urbana da região, áreas desocupadas, corpos hídricos, premissas topográficas (pontos altos e baixos), pontes, viadutos, ferrovias, rodovias federais e estaduais e demais estruturas acima do nível do solo. Para as infraestruturas enterradas, como rede de água, gás encanado, coleta de esgoto existente e drenagem urbana faz-se necessário a consulta aos órgãos reguladores por informações gráficas e textuais dos sistemas existentes na região.

Para o desenvolvimento do ECA, o nível de detalhamento não é alto, logo, será necessário apenas informações preliminares para auxiliar na escolha das localizações das estruturas civis e do melhor traçado de redes, além das rotas tecnológicas de tratamento de esgotamento sanitário que atendem aos dados de entrada. Será utilizado o software Infracore para a escolha das localizações e traçado de redes, uma vez que este permite a modelagem dos elementos de infraestrutura, permitindo a verificação das soluções proposta, por meio do fornecimento de dados como cotas, curvas de níveis, visualização 3D e viabilidade gerando estimativa de quantitativos. Para as estruturas civis será utilizado o Revit, mesmo com a possibilidade de alto grau de detalhamento, será realizado apenas a representação das estruturas de forma simples, apresentando principalmente opções de layouts de disposição e estruturas necessárias, como reator, tratamento preliminar, desinfecção, desaguamento de lodo para o caso das ETEs e para as elevatórias o formato do poço de sucção e as estruturas civis necessárias para o recalque etc.

Em sequência, será realizada a primeira compatibilização ensejando visualizar as interferências do sistema projetado com as estruturas existentes. Diante da funcionalidade do Infracore em importar arquivos do ArcGIS, é possível utilizar o mesmo software para sobrepor as localizações das estações elevatória e de tratamento com a urbanização, assim como o traçado da rede. Na situação ideal, seria importante representar o traçado das estruturas enterradas, contudo, como nem todo órgão possui o mapeamento espacial ou banco de dados com coordenadas, essa compatibilização pode ser realizada em etapa posterior.

Concluído o estudo de concepção, escolhido a melhor alternativa e aprovado o produto, são executados os serviços de campo que abrangem levantamentos topográficos altimétricos e planialtimétricos, sondagens e ensaios de solo nas áreas das unidades e em pontos chaves do sistema, além do levantamento e cadastro das estruturas enterradas e aparentes para visualizar possíveis sobreposições.

Após o resultado dos levantamentos de campo, o projeto básico pode ser iniciado. Nessa etapa será detalhada a opção escolhida, diante disso, será desenvolvido o PB hidromecânico, hidráulica e arquitetura, fluxograma de processos de tratamento e PB de terraplenagem. Posto isto, faz-se necessário a utilização de outro software para o detalhamento das unidades lineares, assim, será utilizado o Autodesk Civil 3D para modelagem das redes e poços de visita com elementos de Pipe catalog parametrizados, contendo informações necessárias para a extração de quantitativos, orçamento e execução da obra. Para as estruturas civis, o detalhamento seguirá no Revit, entretanto aumentando o nível de detalhe das estruturas acrescentando todas as estruturas principais e auxiliares, alinhados com o dimensionamento hidráulico de cada estrutura.

Após a finalização da modelagem do projeto básico, ocorre a segunda compatibilização de interferência e a primeira compatibilização de projeto. Nessa etapa é validado a sobreposição do projetado com as estruturas enterradas e expostas que necessitavam de delimitações em campo, por meio da inserção dos dados levantados e a exportação do desenho projetado no Civil 3D em modelo IFC para o Infracore. Assim, é possível prevê a necessidade de consulta aos órgãos nos casos em que não é possível evitar sobrepor determinada área ou infraestrutura. Portanto, todas as possíveis interposições existentes terão sido mapeadas e superadas, na impossibilidade será definida a estratégia de atendimento às restrições reguladoras no desenvolvimento do projeto. Por fim, ainda nesta fase, é realizado a compatibilização das estruturas projetadas entre si, por meio do Navisworks Manage, para garantir que todo o sistema está conectado corretamente. Por exemplo, a verificação da cota de chegada da elevatória é a mesma prevista na rede coletora, assim como a profundidade; se a cota de chegada na ETE está condizente com o dimensionado no projeto da elevatória; se a ETE possui capacidade de tratar os esgotos coletados até final de plano; se as dimensões do projeto arquitetônico estão condizentes com o projeto hidráulico entre outros aspectos.

Em sequência, com todas as interferências externas superadas ou mapeadas, projeto básico ajustado, compatibilizado e aprovado, pode ser iniciado o detalhamento executivo, por meio do projeto Executivo. Nesta fase será detalhado o hidromecânico e dimensionadas as demais disciplinas que compõem o projeto, como elétrica e automação, estrutural e complementares (drenagem, sinalização, pavimentação, hidrossanitário etc.). O software utilizado para as unidades lineares permanecerá o Autodesk Civil 3D, para os projetos hidromecânicos e complementares das estruturas civis o Revit, mas para demais disciplinas

pode ser utilizado o CAD/TQS para dimensionamento e modelagem do estrutural e para as disciplinas de elétrica e automação o Revit MEP ou AutoCAD MEP. Os softwares supracitados são paramétricos, assim, as informações geradas por eles podem ser exportadas para complementar o modelo BIM.

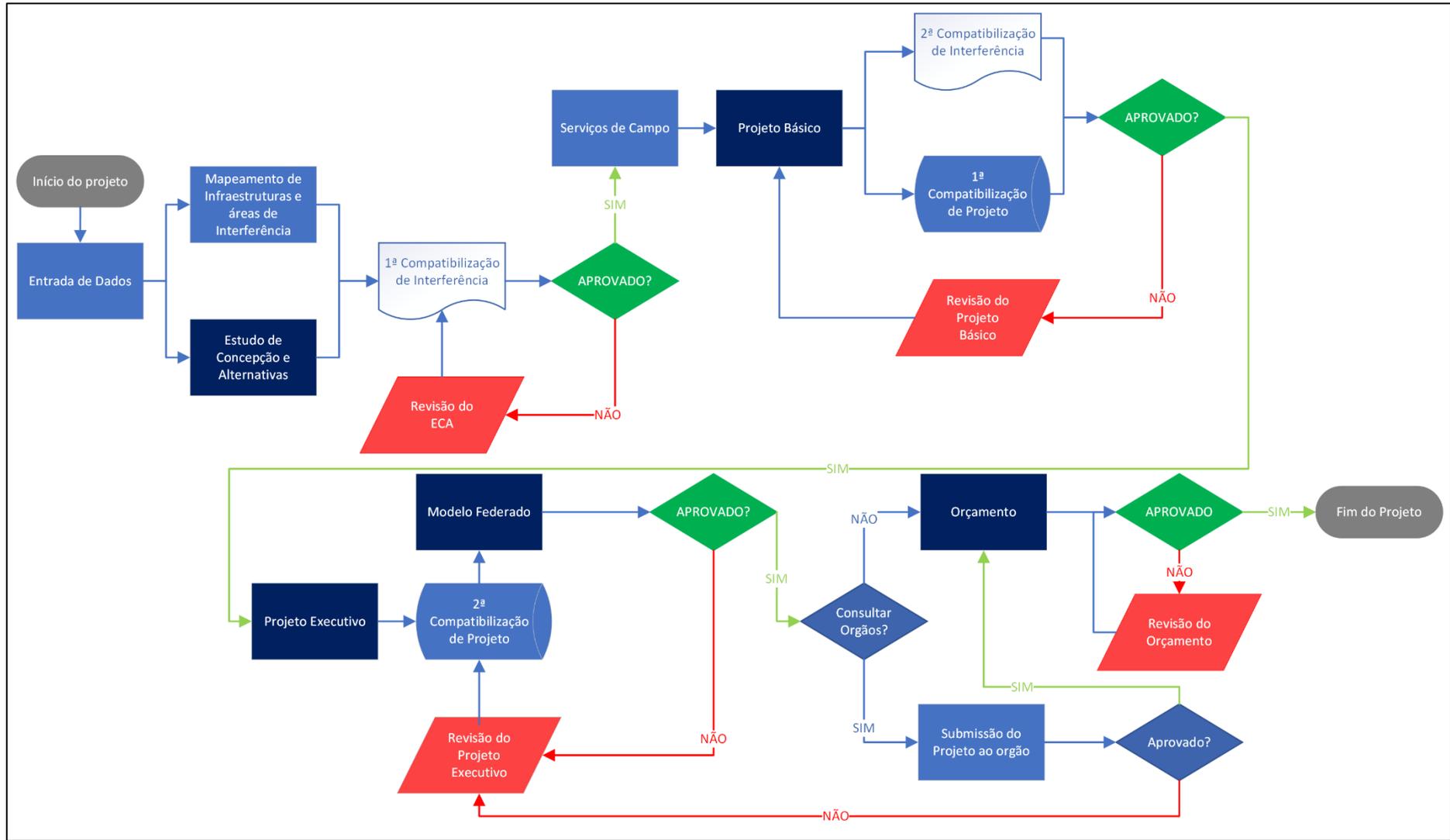
Finalizado o detalhamento e dimensionamento executivo será realizada a segunda compatibilização de projetos. Esta etapa é composta pela sobreposição de todas as disciplinas do projeto de cada estrutura do sistema de coleta, transporte e tratamento de esgoto e analisado incompatibilidade entre as diversas disciplinas. Essa atividade é realizada no Navisworks, nele é gerado um relatório de incompatibilidade através da ferramenta *clash detection*. Vale ressaltar que novamente faz se necessário validar a conexão das estruturas civis com as lineares.

Posteriormente aos ajustes dos projetos, novo relatório é gerado para verificar se não possui nenhuma incompatibilidade, em sequência é gerado o modelo federado, este modelo é o agrupamento dos modelos BIM das diferentes disciplinas, assim os dados são agrupados em um formato de banco de dados relacional. Com este agrupamento é possível gerar os produtos em diferentes extensões. Após a criação desse modelo o produto é avaliado.

Após aprovação é avaliado a necessidade de obtenção de licença ou anuência de algum órgão regulador. Na situação em que é necessário, o projeto é enviado para verificação e aprovação, caso reprovado, este voltará para nova revisão e seguirá este fluxo até atender ao requisitado, recebendo a aprovação do regulador. Dependendo do ajuste do projeto, deverá ser realizado nova compatibilização de todas as disciplinas. Seguidamente aprovação de todas as instituições aplicáveis, será desenvolvido o orçamento tomando como base os quantitativos gerados ao longo do detalhamento pelo Civil 3D e Revit.

Finalmente, encerrado a fase de aprovação do orçamento, o ciclo de desenvolvimento do projeto é finalizado.

Fluxograma 3 - Concepção de Projeto.



Fonte: Autor (2023).

4.7 Fluxograma de Conferência e Aprovação de compatibilização de projeto.

O fluxograma 04 apresenta o fluxo de verificação e aprovação de projeto em BIM com ênfase na conferência de interferências do sistema projetado com infraestruturas existentes e a incompatibilidade das disciplinas projetadas. O fluxograma teve como premissa a verificação em duas etapas, contudo o mesmo pode ser utilizado para demais verificações. Conforme destacado previamente, a metodologia de gestão de projetos de saneamento da RMR indica a necessidade da verificação e aprovação dos projetos desenvolvidos por projetistas, empresas de engenharia consultiva e pela concessionária.

Portanto, com a implementação da metodologia BIM, a forma de avaliação também deve ser modificada para abarcar as vantagens destacadas da implementação do BIM no desenvolvimento e gerenciamento de projetos. Logo, a forma de avaliação será simplificada, diminuindo o tempo de verificação e melhorando a qualidade técnica da atividade.

Preliminarmente, é importante lembrar que a concedente e a concessionária avaliam e aprovam o projeto desenvolvido por projetistas, além disso, a análise dos projetos ocorre em paralelo, sendo assim, a proposta apresentada poderá ser utilizada por ambos, seguindo a mesma metodologia. O fluxograma de avaliação de projetos se inicia após a entrega do primeiro produto, o Estudo de Concepção e Alternativas.

Nesta primeira entrega será avaliado as propostas de concepção propostas, avaliando as premissas utilizadas, interferências mapeadas, traçado da rede coletora, necessidade de elevatórias, rota tecnológica, alternativas para escolha da localização da ETE e do emissário. Tendo em vista que a escolha representará o investimento de implantação, é relevante avaliar cuidadosamente as alternativas e escolher a que possuir menor número de interferências e melhor custo-benefício, além de atender as premissas de entrada e legislação vigente. Para a primeira avaliação, será utilizado o software Infracore para avaliar as propostas percorrendo o caminhamento da rede e verificando as escolhas das localizações das estruturas civis, assim como validando as estruturas existentes mapeadas. A proposta escolhida deve ser em comum acordo com a concedente.

Após a escolha da melhor opção e solicitação das revisões pertinentes é emitido a aprovação por ambos os órgãos. A próxima etapa é a verificação do projeto básico, nessa fase de projeto a análise deve ser realizada de forma mais cuidadosa, tendo em vista que o dimensionamento de algumas unidades não será alterado ao longo do detalhamento executivo e a projetista pode solicitar reequilíbrio orçamentário em caso de revisão posterior à aprovação. Sendo assim, faz necessário a utilização do visualizador do Civil 3D e do Revit para avaliar as

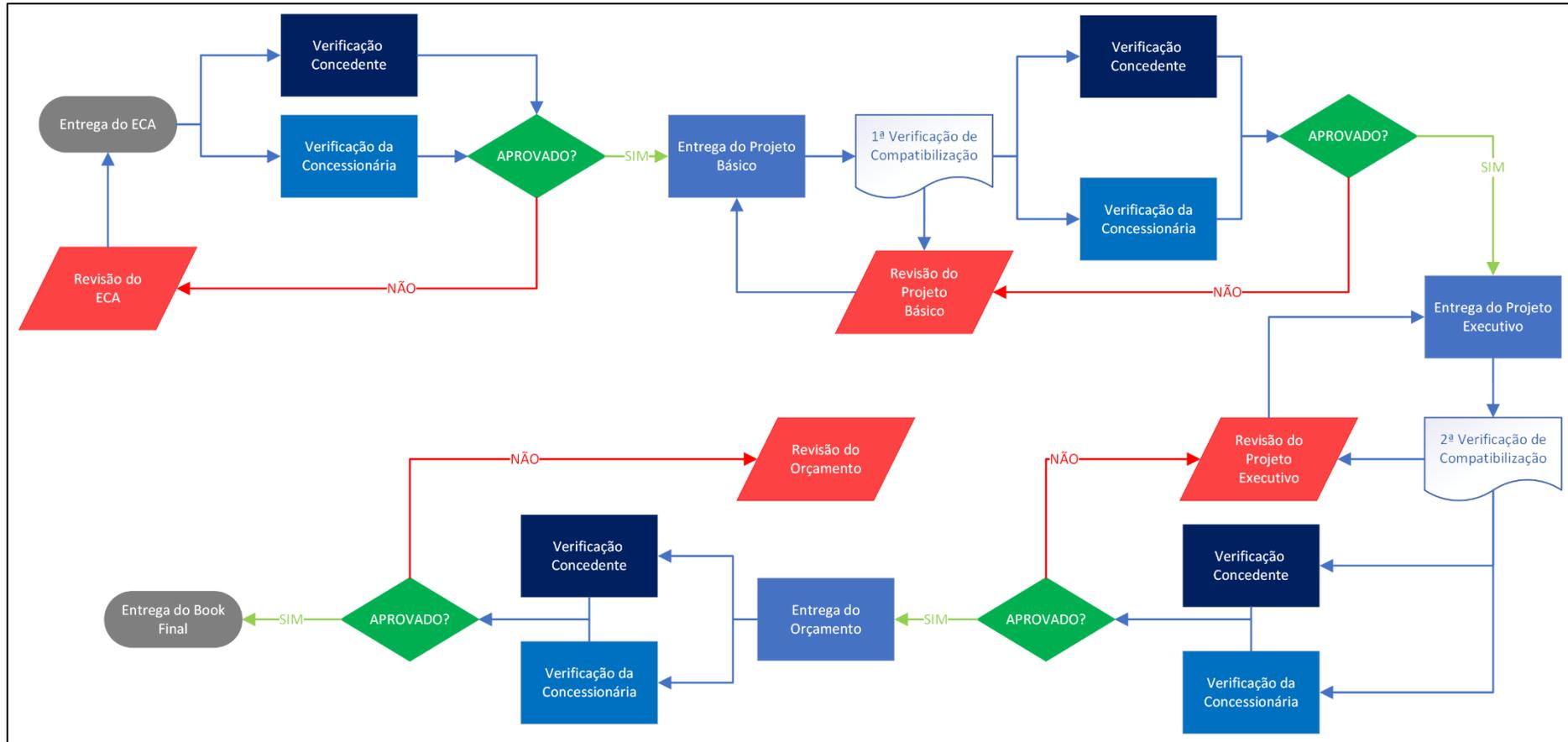
premissas do projeto associados aos blocos. A verificação de compatibilidade pode ser feita utilizando o Infracore e Naviswork, tendo como foco a visualização da sobreposição das estruturas existentes com as projetadas e a conexão do sistema de coleta, transporte e tratamento. Esta verificação é realizada antes do envio para a concedente, assim o projeto analisado pelo órgão público estará compatibilizado e o foco da análise será em atendimento aos requisitos regulatórios.

Após aprovação do projeto básico, será liberado para a projetista realizar o detalhamento à nível executivo. Logo, com a entrega do projeto executivo a verificação ocorrerá de forma semelhante ao desenvolvido na etapa anterior, com a exceção que nesse ponto o único software necessário é o Naviswork, tendo em vista que a fase de compatibilização das estruturas existentes já foi superada. Assim como realizado pelo projetista, será gerado o relatório de incompatibilidade através da ferramenta *clash detection* para garantir que todas as disciplinas estão compatíveis.

No caso do projeto executivo, a aprovação ocorre por cada disciplina separadamente, logo, a quantidade de revisões de projeto será maior, visto que vão ser solicitadas revisões por disciplina em períodos diferentes e para cada mudança que afete a concepção da unidade deverá ser compatibilizado com demais disciplinas. Assim, garantindo que as últimas versões não estarão obsoletas.

Por fim, após a aprovação de todas as disciplinas do projeto executivo é liberado o desenvolvimento do orçamento executivo, nessa etapa da verificação será necessário apenas validar os quantitativos levantados, verificar se foram retirados dos softwares paramétricos, e analisar se todas as unidades que compõem o sistema estão sendo contempladas. A avaliação mais aprofundada é realizada pela equipe de contratação responsável pelo investimento do sistema sanitário. Posteriormente aprovação do orçamento é gerado o book final do projeto que contempla todos os documentos que compõem o pacote e foram aprovados por todos os órgãos aplicáveis.

Fluxograma 4 - Verificação de Projetos.



Fonte: Autor (2023).

4.8 Planejamento Estratégico para Implementação dos fluxogramas.

Após a proposição dos novos fluxogramas de desenvolvimento e gerenciamento de projetos faz-se necessário o estudo de uma estratégia para viabilizar a implantação dessa metodologia em empresas de engenharia consultiva e concessionárias de saneamento. Considerando que a metodologia BIM possui como requisitos a utilização de softwares parametrizados e a implementação de informações associadas aos blocos projetados ao decorrer do detalhamento do produto. É necessário prever investimento em capacitação do corpo técnico e a aquisição de equipamentos que possuam capacidade de executar o software sem apresentar lentidão ou travamento para evitar tempo ocioso da equipe ou retrabalhado com bug de sistema.

A literatura estudada destaca uma série de conceitos cruciais para o sucesso da implementação do BIM. No entanto, não há um caminho predeterminado a seguir no processo de implementação, e na maioria dos casos, esses processos se mostram extensos e complexos. A abordagem deve ser centrada na transformação do setor, baseando-se em conceitos essenciais, como interoperabilidade, colaboração integrada e gestão da mudança. A implementação efetiva da metodologia BIM é sustentada por três dimensões essenciais: Tecnologia, Pessoas e Processos, todas conectadas por políticas que incluem procedimentos, normas e boas práticas.

4.8.1 Nova metodologia de gestão compartilhada

A primeira mudança é do *mindset* da equipe, pois o BIM possui uma metodologia de gestão compartilhada, isto significa que todas as equipes de desenvolvimento de projetos vão trabalhar em conjunto e a comunicação deve estar sempre alinhada. Em muitos casos, ocorre que mesmo com a possibilidade de ajustes de um modelo de arquivo presente na nuvem, algumas pessoas possuem o costume de salvar uma cópia e revisar o documento arquivado do próprio servidor, caso essa prática não seja mudada poderá ser um problema, porque demais equipes usarão uma versão disponível desatualizada.

A independência dos coordenadores e equipes não será alterada, contudo será fomentado maior interação entre elas para buscar utilizar o modelo digital projetado ensejando diminuição de incompatibilidades no momento de geração do relatório. A nova metodologia tende a ser mais eficiente, visto que não é necessário aguardar a revisão de uma disciplina de arquitetura e hidráulica para adequar o projeto estrutural ou elétrico, pois com a gestão compartilhada é possível ajustar ao mesmo tempo.

Assim, menciona-se a introdução de novas ferramentas, a exemplo do BIM 360 Design e do BIM 360 Docs, que podem ser adquiridos na obtenção da AEC Collection da Autodesk. Essas ferramentas possibilitarão o “compartilhamento simultâneo e uniformizado de arquivos entre as equipes de projeto, com a coautoria e compartilhamento de arquivos na nuvem, em uma plataforma centralizada” (Autodesk, 2023).

4.8.2 Treinamento da Equipe (investimento em pessoas)

O pilar mais importante para o sucesso da implantação da metodologia BIM depende da capacitação e desenvolvimentos da equipe envolvida. O fornecimento de treinamento com especialista no tema é necessário para fornecer informações adequadas sobre as práticas e ferramentas do BIM garantindo que todos tenham conhecimento acerca da metodologia. Consequentemente, dominando o processo, invés de replicar um processo mecânico.

Pode ser considerado a procura de um especialista em BIM, com o foco no objetivo apresentando neste trabalho, para auxiliar o desenvolvimento dos projetos pelo novo método no começo da implementação, contudo é importante que todos que possuem interface com gerenciamento e desenvolvimento de projeto dentro da instituição estejam envolvidos nos treinamentos e possam ir tirando dúvidas no momento da prática para alavancar a curva de aprendizagem e não diminuir o ritmo de produção da equipe visando que os prazos acordados com os contratantes não poderá ser ampliando, tendo em vista que se trata de ajuste interno de gerenciamento.

4.8.3 Nível de acesso aos softwares (investimento financeiro)

Após o investimento na capacitação do corpo técnico, o próximo mapeamento a ser realizado é em relação ao nível de acesso de cada software. Essa informação é necessária para definir a aquisição de licenças, única por usuário, sendo assim, para 20 usuários serão necessárias 20 licenças. Essa premissa deve ser determinada por cada empresa que deseja implantar a metodologia BIM, pois a quantidade é compatível com o tamanho do corpo técnico.

Logo, para evitar a aquisição de softwares para os técnicos que vão apenas realizar a conferência de informações ou apoiar com alguma complementação de projeto, esses usuários podem ter apenas um visualizador, geralmente, existem opções gratuitas ou com baixo valor de custo comparado com o da licença. Assim sendo, será definido dois perfis de acesso, um como

editor – Pessoa responsável por modelagem e dimensionamento BIM e coordenadores de equipe; visualizador – Apoio do responsável pela modelagem, e não possui a liberação para fazer alterações de projetos, apenas apoiar com o levantamento de informações e atividades de gestão.

4.8.4 Aquisição de equipamentos e softwares (investimento financeiro)

Para a avaliação estratégica da implementação da metodologia BIM é relevante ter uma estimativa de custo dessa proposição. Sendo assim, os maiores custos estarão relacionados com a aquisição de licenças de softwares paramétricos e de equipamentos, computadores e notebooks, com capacidade de processamento aprimorada, conseqüentemente, com maior valor de investimento.

Tomando como base os softwares da Autodesk e analisando os requisitos mínimos de processadores para atender ao pleno funcionamento dos softwares BIM. A tabela 7 apresenta os principais requisitos computacionais para o processamento adequado dos softwares propostos neste trabalho.

Tabela 7 - Comparativo dos Requisitos mínimos de processadores dos softwares.

Sofwares	Processador / Windows	Espaço em Disco / RAM	Placa Gráfica de Vídeo
Revit	2,5 a 3 GHz ou mais/ 10, 64 bits.	30 GB/ 8 a 32 GB	DirectX 11 com capacidade de 4 GB ou mais VRAM.
Autodesk Civil 3D	Mínimo: 2,5 a 2,9 GHz / 10, 64 bits.	Mais de 16 GB/ Mais de 8 GB a 16 GB.	DirectX 12 com capacidade de 1 a 4 GB ou mais VRAM.
Infraworks	Intel Core 2 dual-cre ou AMD; CPU com suporte de SSE 4.1/ 10, 64 bits.	16 GB/ Mais de 8 GB a 16 GB.	DirectX 10.1 com capacidade para 2 GB ou mais VRAM.
Navisworks Manage	Mínimo: 3,0 GHz / 10, 64 bits.	15 GB/ 2 GB.	Direct3D 9 com capacidade para 2 GB ou mais VRAM.

Fonte: Adaptado da Autodesk (2023).

Com base na tabela 7, as configurações foram unificadas para a determinação de um processador único que atendesse de forma satisfatória a utilização dos softwares listados na tabela acima em um processador único. Logo, a tabela 8 apresenta um resumo das configurações escolhidas para compor a máquina atendendo as especificações mínimas da Autodesk.

Tabela 8 - Sugestão de configuração de máquina.

Configuração	Especificações
Processador / Tipo de CPU	3,0 GHz ou superior.
Sistema Operacional	Microsoft Windows 10 64 bits.
Espaço em Disco	16 GB.
Memória RAM	8 GB.
Placa Gráfica de Vídeo	DirectX 12 com capacidade de 2 GB VRAM.

Fonte: Autor (2023).

Por fim, além dos investimentos com equipamentos que poderá ser realizado durante um curto prazo e perdurar durante alguns anos sem ser necessário a compra de novos equipamentos faz-se necessário também mapear os custos das licenças anuais de cada software, tendo em vista que é um investimento elevado por cada licença à ser pago anualmente. A tabela 9 apresenta um resumo dos custos com licenças de cada software retirados do site da Autodesk.

Tabela 9 - Custos anuais com licenças dos softwares.

Softwares	Custo Anual com licença
Revit	R\$ 10.254
Autodesk Civil 3D	R\$ 9.814
Infraworks	R\$ 7.368
Navisworks Manage	R\$ 5.521

Fonte: Autor (2023).

Os custos apresentados na tabela 9 são para cada licença/usuário, sendo assim é um valor alto para atender as equipes de projetos mais robustas onde claramente não é possível a compra de apenas uma licença.

Portanto, com os dois grupos de licenças definidos, os custos com equipamentos e licenças mapeadas, a diretoria poderá avaliar o impacto no orçamento da empresa para a

aquisição dos softwares e equipamentos necessários. A partir disso, definir a aplicabilidade da implementação desse fluxo para o porte da empresa comparando os benefícios citados anteriormente com os custos de implantação.

4.8.5 Biblioteca IFC

Uma biblioteca IFC, em BIM, refere-se a um conjunto de elementos e informações padronizados armazenados em um formato de arquivo IFC (Industry Foundation Classes). Essa extensão permite que projetos sejam representados de maneira consistente e interoperável, independentemente do software utilizado.

A biblioteca IFC contém objetos, propriedades e relações que descrevem elementos construtivos. Cada objeto na biblioteca IFC possui atributos e características específicas que definem suas propriedades físicas e geométricas, bem como suas relações com outros elementos no modelo BIM.

Portanto, para cada projeto desenvolvido que necessita parametrizar novos objetos, ao final do projeto armazenar esses objetos na biblioteca IFC da empresa, assim, irá gerar um banco de dados para modelar os próximos produtos, reduzindo o tempo de modelagem e criando padrões para unidades semelhantes, facilitando a verificação do projeto e diminuindo a quantidade de revisões para atender requisitos de layout.

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho teve como objetivo apresentar dois fluxogramas para a identificação e verificação de interferências, por meio da metodologia BIM. O desenvolvimento foi baseado na literatura e experiências do autor. Sendo assim, faz-se necessário a aplicação prática em um projeto piloto de um sistema de esgotamento sanitário para avaliar os ganhos que a metodologia pode oferecer, conforme destacado na literatura, assim como avaliar a aplicabilidade dos fluxos propostos. Dessa forma, avaliando o planejamento estratégico conclui-se que os fluxogramas propostos serão efetivos em empresas que desenvolvem ou gerenciam projetos de saneamento.

Os produtos gerados, fluxogramas 3 e 4 apresentam desenvolvimento alinhado com o que é preconizado na literatura, logo, pode representar ganhos relevantes na identificação e compatibilização de interferência na fase de projetos, mesmo que signifique a necessidade de maior investimento em infraestrutura dos escritórios de projetos ou acréscimo no valor do produto contratado, pois a ordem de grandeza dos custos com obras é maior que projetos. Logo, evitar desperdícios por erros de projetos é primordial.

O mercado oferece uma diversidade de softwares que podem ser utilizados no desenvolvimento do projeto, por conseguinte, pode ser feita uma análise financeira mais específica visando a redução de investimentos iniciais, especialmente para empresas de pequeno porte. Assim, contribuindo para que elas permaneçam competitivas e entreguem o produto em BIM, assim como as projetistas que possuem maior capital.

Uma dificuldade encontrada que pode interferir na compatibilização dos projetos são as bases de dados das infraestruturas existentes, pois poucos órgãos reguladores possuem um cadastro organizado ou arquivo em formato .dwg, conforme conhecimento do autor e pesquisas realizadas. Portanto, seria necessário desenvolver um trabalho complementar inicial mapeando as estruturas e áreas existentes enterradas ou não sob domínio de algum órgão público ou privado em Pernambuco e montar uma base de dados.

Deste modo, faz se necessário fomentar a utilização e criação de bibliotecas BIM pelos fornecedores de equipamentos e materiais e o cadastro de redes de água, drenagem urbana, esgoto, gás, elétrica para criação de modelo 3D pelos órgãos competentes. Essa base de dados iria gerar ganhos para todos os envolvidos na cadeia de projetos na área de infraestruturas.

Ressalva-se, por fim, que a metodologia BIM atende a premissa do início deste trabalho, contribuir para o atingimento da meta da universalização da coleta, transporte e tratamento de

esgoto no Brasil até 2033. Além da função exposta nesse projeto, existem outras possibilidades que podem gerar outros ganhos, além da compatibilização.

Por fim, como próximo passo para dar continuidade ao estudo apresentado seria aplicar os fluxogramas BIM no desenvolvimento de um projeto de saneamento em uma projetista e no gerenciamento de um projeto dentro de uma concessionária de saneamento. Assim, avaliar os ajustes necessários no fluxo inserindo novas atividades que poderiam ser essenciais ou otimizando o fluxo supracitado. Por conseguinte, analisar os ganhos de produtividade e qualidade do projeto, assim como, durante a etapa de obras.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDI. **A Implantação de Processos BIM**: Coletânea Guias BIM ABDI-MDIC, v. 6, 22 p. Brasília, DF. 2017. Acesso: 12/07/2023.

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos sólidos no Brasil**, 2018 - Disponível em: <https://www.migalhas.com.br/arquivos/2020/1/492DD855EA0272_PanoramaAbrelpe_-2018_2019.pdf>. Acesso: 31/08/2023.

ACCA Software, 2023. Disponível em: <<https://www.accasoftware.com/ptb/>>. Acesso em: 07/09/2023.

AGOSTINHO, Mariele de Souza Parra. **GIS e BIM aplicados a projeto de redes nas companhias de saneamento do Brasil**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia Digital e Tecnologia BIM) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648: Estudo de Concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, p. 05. 1986.

BAIA, Denize Valéria Santos. **Uso de ferramentas BIM para o planejamento de obras da construção civil**. 2015. 117 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Estruturas e Construção Civil Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

BIM: conheça as vantagens e veja como aplicar. **Mega**, 2018. Disponível em: <<https://www.mega.com.br/bim/>>. Acesso em 06/09/2023.

BRASIL. Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling, Brasília, DF, 2019. Acesso: 10/07/2023.

BRASIL. **Lei Nº 11.445**. Brasília, DF: Presidência da República, [2007]. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/111445.htm>. Acesso em: 18/08/2023.

BRASIL. **Lei Nº 14.026**. Brasília, DF: Presidência da República, [2020]. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/114026.htm>. Acesso em: 12/08/2023.

Conheça a estação elevatória de esgoto e como ela funciona. **BRK, 2023**. Disponível em: <<https://blog.brkambiental.com.br/estacao-elevatoria-de-esgoto/>>. Acesso em: 01/09/2023.

DARÓS, José. **O que é interoperabilidade? | Utilizando BIM**. Disponível em: <<https://utilizandobim.com/blog/interoperabilidade/>>. Acesso em: 02/09/2023.

DataSUS, 2021. Disponível em: <<https://datasus.saude.gov.br/>>. Acesso em: 30/08/2023.

Doenças de veiculação hídrica. **Telessaude**, 2023. Disponível em: <<http://www.telessaude.ac.gov.br/artigo-doencas-de-veiculacao-hidrica/>>. Acesso em: 29/08/2023.

Estação de Tratamento de Esgoto. **CASAN - Companhia Catarinense de Águas e Saneamento**. Disponível em: <<https://www.casan.com.br/menu-conteudo/index/url/ete-estacao-de-tratamento-de-esgotos-sanitarios#0>>. Acesso: 01/09/2023.

Estratégia BIM BR - Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling – BIM. **GOV**, 2018. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdic/pt-br/images/REPOSITARIO/sdci/CGMO/26-11-2018-estrategia-BIM-BR-2.pdf>>. Acesso em 06/09/2023.

GENUINO, Irismar da Silva. FERREIRA, Bárbara Gomes. **Análise da concepção de um planejamento de uma obra residencial utilizando a modelagem da informação da construção –BIM**. Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento. Ano 04, Ed. 10, Vol. 13, pp. 34-52. Outubro de 2019. ISSN: 2448-0959, Link de acesso: <<https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-civil/obra-residencial>>.

JORDÃO, E. P.; PESSOÃ, C. A. **Tratamento de Esgotos Domésticos**. 7ª. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2014.

Lagoas de Estabilização, Descrição sucinta das lagoas de estabilização Sistema. [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://jararaca.ufsm.br/websites/ces/download/A6.pdf>>. Acesso em: 01/09/2023.

LIAMARRA. **Plano de Execução BIM (PEB): o que é e qual seu objetivo?** Disponível em: <<https://biblus.accasoftware.com/ptb/plano-de-execucao-bim-peb-o-que-e-e-qual-seu-objetivo/>>. Acesso em: 10/09/2023.

MANENTI, E. M.; MARCHIORI, F. F.; CORRÊA, L. DE A. Plano de execução BIM: proposta de diretrizes para contratantes e fornecedores de projeto. **Ambiente Construído**, v. 20, n. 1, p. 65–85, mar. 2020.

Marco Legal do Saneamento. **GOV**, 2022. Disponível em: <<https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/novo-marco-legal-do-saneamento-permitiu-atracao-de-r-72-2-bilhoes-em-investimentos-para-o-setor>>. Acesso: 20/08/2023.

MARTINI, G. Proposta de Implantação da Metodologia BIM em Concessionária de Saneamento: Um Estudo de Caso. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, Paraná, agosto 2020., p. 20-25.

Maturidade BIM no Brasil. **SIENGE**, 2022. Disponível em: <<https://siengeprod.wpenginepowered.com/wp-content/uploads/2022/09/maturidade-bim-no-brasil-2022.pdf>>. Acesso: 10/08/2023.

NUVOLARI, A. **Esgoto Sanitário**: Coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola. 2ª. ed. São Paulo: Edgard Blucher Ltda., 2011.

NUZZI, V. Sudeste diminui participação no PIB. Agropecuária faz Centro-Oeste avançar, e renda do trabalho cai - **Rede Brasil Atual**. Disponível em: <<https://www.redebrasilatual.com.br/economia/sudeste-diminui-participacao-no-pib-agropecuaria-faz-centro-oeste-avancar>>. Acesso em: 31/08/ 2023.

Página Inicial. **Painel Saneamento Brasil, 2023** - Disponível em: <<https://www.painelsaneamento.org.br/>>. Acesso: 31/08/2023.

Portal Tratamento de Água, 2019. Disponível em: <<https://tratamentodeagua.com.br/>>. Acesso em: 05/09/2023.

Projete e Construa com BIM MODELAGEM DE INFORMAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL. **AUTODESK, 2023**. Disponível em: < <https://www.autodesk.com.br/solutions/bim>>. Acesso em: 15/08/2023.

RANKING DO SANEAMENTO. **Trata Brasil, 2023**. Disponível em: <<https://tratabrasil.org.br/ranking-do-saneamento-2022/>>. Acesso: 31/08/2023.

RBA, V. N., da. **Sudeste diminui participação no PIB. Rede Brasil Atual**. Disponível em: <<https://www.redebrasilatual.com.br/economia/sudeste-diminui-participacao-no-pib-agropecuaria-faz-centro-oeste-avancar/>>. Acesso em: 01/09/2023.

Resíduos Sólidos. **Sinir, 2022**. Disponível em: <https://sinir.gov.br/informacoes/tipos-de-residuos/residuos-solidos-da-construcao-civil/>. Acesso: 10/08/2023.

Saneamento. **Instituto Água e Saneamento, 2023**. Disponível em: <https://marcolegal.aguaesaneamento.org.br/entenda-o-marco-legal/#entenda>. Acesso: 15/08/2023.

Saneamento. Globo, 2023. Disponível em: <<https://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2023/03/20/saneamento-basico-100-milhoes-de-pessoas-nao-tem-rede-de-esgoto-e-falta-agua-potavel-para-35-milhoes.ghtml>>. Acesso: 12/08/2023.

SIMULTÂNEA, I. E. **Engenharia de Projetos: BIM - UM SALTO NA ENGENHARIA DE PROJETOS**. Disponível em: <<http://blogengenhariaprojetos.blogspot.com/2016/11/bim-um-salto-na-engenharia-de-projetos.html>>. Acesso em: 03/09/ 2023.

TEIXEIRA, A.; SCHEER, S. **Benefícios e soluções da integração de BIM-FM e gestão de espaços**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021, Uberlândia. Anais[...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-10. Disponível em: <<https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/579>>. Acesso em: 15/09/2023.

TSUTIYA, M. T.; ALEM SOBRINHO, P. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Abes, 2011.

Universidade Federal de Santa Maria, 2023. Disponível em: <<https://www.ufsm.br/>>. Acesso em: 05/09/2023.

VASCO, Paulo Sérgio. Estudo aponta que falta de saneamento prejudica mais de 130 milhões de brasileiros. **Agência Senado**, 25 de mar. de 2022. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/noticias/infomaterias/2022/03/estudo-aponta-que-falta-de-saneamento-prejudica-mais-de-130-milhoes-de-brasileiros>>. Acesso em: 15/08/2023.

VON SPERLING, M. **Introdução a Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos**. 3ª. ed. Belo Horizonte: UFMG, v. I, 2005.

YUGO FUJII, F. et al. Abordagem para Conceituação do Modelo de Informação dos Ativos para a Elaboração do Plano de Implementação BIM na SABESP. **AESABESP**, São Paulo., p. 11-15, set. 2022.

APÊNDICE A - FLUXOGRAMA DE CONCEPÇÃO DE PROJETO

