



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL



GABRIEL SILVA ANDRADE

**IMPLANTAÇÃO DE UM FLUXO BIM EM UM SISTEMA DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM SERGIPE**

SÃO CRISTÓVÃO – SE

2022

GABRIEL SILVA ANDRADE

**IMPLANTAÇÃO DE UM FLUXO BIM EM UM SISTEMA DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM SERGIPE**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Universidade Federal de Sergipe, Centro de
Ciências Exatas e Tecnologia, Departamento de
Engenharia Civil, para encerramento do
componente curricular obrigatório e conclusão da
graduação em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Moureira Fontes
Lima

SÃO CRISTÓVÃO – SE

2022

É concedida à Universidade Federal de Sergipe permissão para reproduzir cópias deste trabalho de conclusão de curso e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. A autora reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste trabalho acadêmico pode ser reproduzida sem a autorização por escrito da autora.

Assinatura

ANDRADE, Gabriel Silva.

IMPLANTAÇÃO DE UM FLUXO BIM EM UM SISTEMA DE ESGOTAMENTO
SANITÁRIO EM SERGIPE / Gabriel Silva Andrade.

São Cristóvão, 2022.

50 f.

Trabalho de Conclusão de Curso. Centro de Ciências Exatas e Tecnologia.

Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.

I. Universidade Federal de Sergipe. CCET/DEC.

II. Implantação de um fluxo BIM em sistema de esgotamento sanitário em Sergipe

GABRIEL SILVA ANDRADE

**IMPLANTAÇÃO DE UM FLUXO BIM EM UM SISTEMA DE
ESGOTAMENTO SANITÁRIO EM SERGIPE**

São Cristóvão, 21 de Dezembro de 2022

BANCA EXAMINADORA:

_____.Nota _____

Prof. Dr. Daniel Moureira Fontes Lima
Universidade Federal de Sergipe (Orientador)

_____.Nota _____

Prof. Dr. Marco Antônio Brasiel Sampaio
Universidade Federal de Sergipe (Examinador 1)

_____.Nota _____

Prof. Dr. Fernando Márcio de Oliveira
Universidade Federal de Sergipe (Examinador 2)

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente, por estar sempre me guiando e proporcionando momentos especiais como este. Agradeço imensamente aos meus pais, Jorge Andrade e Lucimaria Andrade, por sempre cuidarem de mim com tanto amor e nunca medirem esforços para garantir que minha educação seja sempre prioridade.

Agradeço não só ao meu irmão Bráulio, por sempre ser um porto seguro, mas também a meu irmão Brenno por todo amor e carinho. Sou eternamente grato também a toda minha família, por sempre estarem presente em todos os passos que me fizeram chegar até aqui, sempre ajudando da forma como eles podiam e até menos quando não podiam.

A minha namorada, Rafaela Roriz, por todo companheirismo não só nos momentos descontraídos, como também nos mais turbulentos. A todos meus amigos que sempre estiveram deixando meus dias mais leves e acreditando em mim. Agradeço também aos meus colegas de curso por todo conhecimento compartilhado, todas risadas e conversas depois das entregas de trabalhos e/ou avaliações.

Agradecimento especial a Petroeng, empresa que passei grande parte da minha graduação estagiando, e principalmente a minha chefe, Thaíse Dória, por toda confiança desde meu primeiro dia na empresa. Agradeço também a todos meus colegas de trabalho por tudo!

Ao pessoal da liga acadêmica LAINOVA, por toda ajuda e conhecimento passado e ao professor Marco Brasiel pelo suporte. Quero agradecer muito a Daniel Moureira por ter aceitado não só me orientar, mas também fazer isso em um tema que eu gostaria muito de me aprofundar. Desde as primeiras aulas já percebi bastante interesse na área. Vocês foram essenciais em todo o processo.

Por fim, quero agradecer a todas as instituições de ensino que já passei, desde o Colégio Isaac Newton, passando o ensino médio no Alternativo e concluindo minha formação na Universidade Federal de Sergipe. E a todos professores, pois foram fundamentais para minha evolução profissional e principalmente como ser humano.

ANDRADE, Gabriel Silva. **Implantação de um fluxo BIM em sistema de esgotamento sanitário em Sergipe**. São Cristóvão: UFS, 2022 (Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação em Engenharia Civil).

RESUMO

O Building Information Modeling (BIM) é uma metodologia que permite representar todo o ciclo de vida de uma construção, desde o planejamento inicial até o acompanhamento da obra. Desta forma, sabendo não só da problemática da construção civil (alto impacto ambiental, busca de construções mais enxutas, eficientes, econômicas, marketing), como também do saneamento básico (com investimentos atuais muitos inferiores ao que deveriam ser feitos com o projeto da universalização do saneamento básico), pôde-se perceber que o BIM é uma ferramenta que pode facilitar para que isso seja uma realidade. Contudo, grande parte das empresas atuantes no Brasil não usam essa ferramenta, logo deverão passar por um período de transição a fim não só de aprender, mas também manter um fluxo de trabalho em todos os projetos que serão feitos. Trabalhar em BIM consiste em mudanças em toda a cadeia produtiva da empresa, influenciando em todas as decisões projetuais. A implantação de um fluxo BIM é essencial para todo projeto feito com essa metodologia, portanto neste trabalho foi comparado um projeto real de um sistema de esgotamento sanitário (no povoado do município de Nossa Senhora de Lourdes/SE, Escurial) com um recomendado pela literatura, comparando cada etapa e analisando se realmente é exequível, as dificuldades encontradas e os benefícios vistos na prática. Nesse projeto foram usados os softwares QGIS e Infracworks, sendo detalhado todo o processo de levantamento de dados e resultados obtidos com o uso desses softwares, sendo demonstrado que realmente vale a pena. Por ser um projeto em andamento, não foi possível analisar todo o fluxo, ficando alguns softwares que serão usados no projeto sem serem detalhados. Propõe-se estudos nessas etapas restantes a fim de se verificar se o plano de implantação foi seguido como um todo e demonstrar outros pontos positivos e/ou negativos.

Palavras-chave: BIM; Fluxo BIM; Sistema de esgotamento sanitário.

ABSTRACT

Building Information Modeling (BIM) is a methodology that allows representing the entire life cycle of a building, from the initial planning to the management of the construction. Thus, knowing not only the problems of civil construction (high environmental impact, searching for lean construction, more efficient, economical buildings, marketing), but also of basic sanitation (current investments are much lower than they should be made with the project of universalization of basic sanitation), so it can be said that BIM is a tool that can facilitate this to become a reality. However, most of the companies operating in Brazil do not use this tool, so they will have to go through a transition period in order not only to learn, but also to keep a workflow in all projects that will be done. Working in BIM consists of changes in the company's entire production chain, influencing all project decisions. The implementation of a BIM flow is essential for every project done with this methodology, so in this work is compared a real project of a sanitary sewage system (in the village of Nossa Senhora de Lourdes/SE, Escurial) with one recommended by the literature, comparing each step and analyzing if it is really feasible, the difficulties found and the benefits seen in practice. In this project, software like QGIS and Infracore were used, and the whole process of data survey and results obtained with the use of these softwares were detailed, demonstrating that it is really worthwhile. Because it is an unfinished project, it was not possible to analyze the entire flow, leaving some software that will be used in the project without being detailed. For future studies it is proposed in these remaining steps in order to verify if the implementation plan was followed as a whole and to demonstrate other positive and/or negative points.

Keywords: BIM; Workflow BIM; Sanitary sewage system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Processo do lodo ativado.....	11
Figura 2: Reator UASB	12
Figura 3: Percentual de contratantes que citam os benefícios do BIM para as empresas deles.....	14
Figura 4: Curva de McLeamy relacionando esforço x tempo	14
Figura 5: Fundamentos do BIM.....	15
Figura 6: Fluxograma de trabalho.....	17
Figura 7: Nível atual de implantação BIM (%)	19
Figura 8: Avaliação de ROI no BIM	20
Figura 9: Setor 1 do mapeamento da área de estudo utilizando o VANT	22
Figura 10: Todos os setores do povoado Escurial	22
Figura 11: Parte do questionário socioeconômico realizado	23
Figura 12: Curvas de níveis em todos os setores do povoado Escurial	25
Figura 13: Plano de implantação BIM.....	27
Figura 14: Mapa QGIS	28
Figura 15: Delimitação da área de estudo.....	28
Figura 16: Traçado do sistema de tratamento de esgoto no QGIS	29
Figura 17: Traçado da tubulação do Infracworks e do QGIS.....	30
Figura 18: Traçado do Infracworks acompanhando curvas de níveis	31
Figura 19: Traçado do Infracworks acompanhando curvas de níveis em outro local	31
Figura 20: Posicionamento dos poços de visita com cotas muito maiores do que o levantamento topográfico	32
Figura 21: Tubulação passando por propriedade privada.....	32
Figura 22: Tubulação passando por propriedade privada em outro local.....	33
Figura 23: Mapeamento dos pontos de incompatibilidade.	33
Figura 24: Posicionamento dos pontos de perfuração	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Investimentos necessários para universalização do saneamento básico.....7

Quadro 2: Números da coleta e tratamento de esgoto8

SUMÁRIO

RESUMO	1
ABSTRACT	2
LISTA DE FIGURAS	3
LISTA DE QUADROS	4
1 INTRODUÇÃO	4
2 OBJETIVOS	6
2.1 Objetivo geral	6
2.1 Objetivos específicos	6
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
3.1 Saneamento básico no Brasil	7
3.2 Esgotamento Sanitário	8
3.3 BIM - Modelagem de informação da construção	13
3.3.1 O que é BIM?	13
3.3.2 Vantagens do BIM	13
3.3.3 Fundamentos do BIM	15
3.3.4 Processo do projeto	16
3.3.5 Fluxograma	17
3.3.6 BIM no Brasil	18
4 METODOLOGIA	21
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1 Início do projeto piloto	27
5.1.1 QGIS	27
5.1.2 Infraworks	29
5.1.3 Sistema de Esgotamentos Sanitário	34
6 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

O Building Information Modeling (BIM) é uma ferramenta que permite representar todo o ciclo de vida de uma construção, isto é, desde o planejamento inicial até o acompanhamento da obra, proporcionando interoperabilidade entre os envolvidos no processo construtivo, podendo minimizar incompatibilidades e proporcionando outras vantagens (NUNES, 2016).

A construção civil passa por uma grande problemática não só no Brasil, como também em vários outros países. É importante destacar que atualmente há um alto impacto ambiental, porque tem uma altíssima geração de resíduos, além disso o concreto é o segundo material mais usado no mundo (ISTO É, 2012). Outrossim, é importante destacar também a busca de construções mais enxutas, eficientes e econômicas, além de tecnologias e até formas de conseguir fazer marketing.

Outro entrave que perdura boa parte da história do Brasil é a situação do saneamento básico, pois ainda hoje a situação é preocupante. Mesmo com o projeto do governo brasileiro de universalizar o saneamento básico, os investimentos atuais são muitos inferiores ao que deveriam ser feitos. Vale ressaltar que ainda hoje mais de 94 milhões de pessoas não têm o esgoto coletado e sofrem com problemas de saúde devido às condições que estão sujeitas (SNIS, 2020)

Ao usar o sistema BIM em projetos de saneamento básico pode tornar realidade o aumento gradativo de regiões que têm todo seu esgoto coletado e tratado, pois as construções podem ser mais econômicas, mais rápidas, mais eficientes, entre outras vantagens garantidas por essa ferramenta (AUTODESK, 2022).

Contudo, grande parte das empresas atuantes no Brasil não usam essa ferramenta, logo deverão passar por um período de transição a fim não só de aprender, mas também manter um fluxo de trabalho em todos os projetos que serão feitos. Trabalhar em BIM consiste em mudanças em toda a cadeia produtiva da empresa, influenciando em todas as decisões projetuais (ABDI, 2017).

A implantação de um fluxo BIM é essencial para todo projeto feito com essa metodologia, portanto neste trabalho foi comparado um projeto real de um sistema de esgotamento sanitário (no povoado do município de Nossa Senhora de Lourdes/SE, Escurial) com um recomendado pela literatura, comparando cada etapa e analisando se realmente é exequível, as dificuldades encontradas e os benefícios vistos na prática.

Nesse projeto foi feito um fluxo BIM, mostrando desde a decisão inicial de implantar essa metodologia até a fase de projeto. Sendo assim, foi definido um planejamento (definindo quais softwares usar, se precisaria de algum equipamento, alinhando treinamentos etc.). Os softwares usados foram o QGIS e Infracad, sendo detalhado todo o processo de levantamento de dados e resultados obtidos com o uso deles.

Entretanto, por ser um projeto em andamento, não foi possível analisar todo o fluxo, ficando as etapas com o civil 3d e com o Revit fora do conteúdo analisado neste trabalho. Desta forma, propõe-se estudos nessas etapas restantes a fim de se verificar se o plano de implantação foi seguido como um todo e demonstrar outros pontos positivos e/ou negativos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a Implantação de um fluxo BIM no sistema de esgotamento sanitário no município de Nossa Senhora de Lourdes, no estado de Sergipe.

2.1 Objetivos específicos

- Avaliar a estratégia de implantação de um fluxo BIM no sistema de esgotamento sanitário no município de Nossa Senhora de Lourdes, localizado em Sergipe;
- Avaliar as dificuldades encontradas em qualquer etapa do processo construtivo para a implantação dessa metodologia.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, serão mostrados todos os conceitos necessários para o entendimento do trabalho, mostrando tanto a parte do saneamento básico quanto da ferramenta BIM.

3.1 Saneamento básico no Brasil

O saneamento básico é um direito humano e regulamentado no Brasil pela Lei nº 11.445 de janeiro de 2007, estabelecendo o Plano Nacional de Saneamento Básico - PNSB. Este aborda as diretrizes a serem seguidas nas quatro vertentes do saneamento, sendo elas: drenagem urbana; coleta e destinação adequada dos resíduos sólidos; tratamento e distribuição de água; coleta e tratamento de esgoto (BRASIL, 2007). Neste trabalho, o objeto de estudo são as duas últimas vertentes.

Contudo, a universalização do saneamento não é uma realidade próxima. Segundo estudos feitos pela Go Associados em 2022, ao analisar os dados fornecidos pela Associação e Sindicato Nacional das Concessionárias Privadas de Serviços Públicos de Água e Esgoto (ABCON SINDCON), foi possível estimar que o investimento necessário para a universalização é de R\$ 753 bilhões (maior do que o previsto pelo Marco Legal do Saneamento).

Este valor é para os custos correntes de dezembro de 2018. Se analisado para dezembro de 2020, ao utilizar o IGP-DI da FGV, resulta em R\$993 bilhões necessários. O Marco Legal do Saneamento almeja essa universalização em 2033, então para que isso seja necessário precisaria investir por ano cerca de R\$73,7 bilhões, realidade muito distante dos investimentos que vêm acontecendo no Brasil. Esses resultados podem ser vistos em resumo no quadro 1 (Go associados, 2022).

Quadro 1: Investimentos necessários para universalização do saneamento básico

	Correntes	Dez/2020
Universalização	R\$ 753.000.000.000	R\$ 993.441.213.600
SNIS 2019	R\$ 15.638.005.986	R\$ 19.851.834.025
SNIS 2020	R\$ 13.639.101.904	R\$ 16.059.108.213
Resta Investir	Não se aplica	R\$ 957.500.271.361
Investimento Anual	Não se aplica	R\$ 73.653.867.028

Fonte: KPMG e SNIS. Elaboração: GO Associados.

Os números sobre tratamento de esgoto são preocupantes, pois segundo o SNIS 2020 quase 100 milhões de brasileiros não têm rede de esgoto. As diferenças de cobertura são ainda mais acentuadas quando levamos em consideração as regiões brasileiras (Quadro 2).

Quadro 2: Números da coleta e tratamento de esgoto

REGIÃO	COLETA	TRATAMENTO
NORTE	2,3 milhões (cerca de 13,1%)	21,4% do esgoto da região
NORDESTE	16,9 milhões (cerca de 30,3%)	34,1% do esgoto da região
SUDESTE	71,4 milhões (cerca de 80,5%)	58,6% do esgoto da região
SUL	14,3 milhões (cerca de 47,4%)	46,7% do esgoto da região
CENTRO-OESTE	9,7 milhões (cerca de 59,47%)	58,5% do esgoto da região

Fonte: Trata Brasil

É importante destacar que a carência de investimento em água e esgoto afeta substancialmente a saúde, educação e produtividade dos brasileiros. Em 2017, houve mais de 167 mil internações e 1.898 óbitos no Brasil em decorrência de doenças de veiculação hídrica. (DATASUS,2020).

A construção civil está passando por um processo de transformação, pois a realidade atual almeja construções cada vez mais enxutas - buscando o menor impacto ambiental possível, com um curto prazo, baixo investimento e outras características impostas por um mercado cada vez mais competitivo. Isso tem feito com que softwares sejam introduzidos cada vez mais no mercado. Desta forma, a implementação do BIM (Building Information Modeling) em obras de infraestrutura se mostra uma alternativa que deve ser cada vez mais comum. É importante salientar que essa filosofia é muito mais que um software, devendo ser adaptado na empresa todo o processo construtivo (ABDI, 2017).

3.2 Esgotamento Sanitário

O sistema de esgotamento sanitário compreende a coleta e transporte da água residuária, o tratamento e conclui com a destinação final - depois da água residuária ser tratada e atender os padrões de potabilidade. Desta forma, também é fundamental fazer um estudo aprofundado das características do local, pois dá o suporte necessário para um melhor projeto.

Inicialmente é preciso fazer uma concepção do projeto, ou seja, estabelecer todas as diretrizes, parâmetros e definições necessárias e suficientes para caracterização completa do sistema a ser projetado (ABNT, 1986).

Identificar e quantificar todos os fatores que vão influenciar o sistema de esgoto são essenciais, devendo ter um levantamento topográfico; características do corpo hídrico; dados meteorológicos; aspectos socioeconômicos; ponderar a legislação e normas vigentes; analisar plano diretor etc. Além disso, fazer um diagnóstico do sistema existente é fundamental, como foi comentado anteriormente. Estabelecer os parâmetros básicos do projeto também é essencial para essa etapa de definição de premissa (ALEM SOBRINHO, 1999).

É importante decidir o corpo receptor, a localização da estação de tratamento de esgoto (ETE) e do sentido do escoamento, buscando caminhos que evitem cortes de terra desnecessários e priorize escoamentos gravitacionais. Além disso, deve-se fazer uma estimativa de custo de implantação e operação a fim de adotar um sistema que viável para a região (CRESPO, 1997).

A última etapa é escolher a alternativa mais adequada levando em consideração os aspectos sociais, econômicos e ambientais. Além do mais, deve-se estabelecer as diretrizes gerais de projeto e estimar a quantidade de serviço que devem ser executados na fase de projeto. Quanto aos componentes de um sistema de esgotamento sanitário, seguem alguns dos itens mais comuns segundo ALEM SOBRINHO (1999):

- A rede coletora é a canalização que recebe e conduz o esgoto dos edifícios. Sendo assim, há o coletor predial que é uma tubulação que liga diretamente o sistema de esgoto predial com a rede coletora. Além disso, é importante destacar também que a rede coletora de esgoto é composta por coletores secundários e coletores tronco. Estes conduzem o esgoto proveniente dos coletores secundários. Já os outros recebem diretamente das ligações prediais;
- O interceptor é o conjunto de canalização que recebe coletores ao longo do comprimento;
- O emissário é a canalização que conduz até uma estação de tratamento ou até mesmo algum tipo de lançamento;
- O sifão invertido é uma solução adotada para superar algum obstáculo que a canalização pode enfrentar;
- O corpo de água receptor é onde será destinada o esgoto tratado;

- Estação de tratamento é o sistema que vai tratar a água residuária antes do lançamento.

Vale ressaltar que o esgoto tratado não só pode ser lançado em um corpo hídrico, mas também para várias outras destinações. Exemplo disso é a irrigação, uso para limpeza ou até consumos que precisem de uma maior qualidade da água. Para cada uso tem-se que consultar o padrão de potabilidade.

O esgoto, que geralmente é conduzido por condutos livres, contém uma grande quantidade de sólidos orgânicos e minerais. Desta forma, é preciso de órgãos acessórios para minimizar entupimentos. Logo, a partir de uma certa distância (geralmente explicitada no plano diretor) e em curvas, por exemplo, é importante ter esse mecanismo (ALEM SOBRINHO, 1999). A seguir, seguem algumas opções desses órgãos acessórios:

- Terminal de limpeza (TL): é um dispositivo que permite introduzir o equipamento de limpeza. Ele pode ser posicionado na cabeceira (início) de condutores a fim de substituir os poços de visitas - geralmente mais caros (ABNT NBR 9649, 1986);
- Caixa de passagem (CP): é uma câmara sem acesso que geralmente é posicionada em pontos de curvas, mudanças de declividade e/ou material (ZAMBON, 2015);
- Tubo de inspeção e limpeza (TIL): além da limpeza, pode-se introduzir o equipamento para limpeza, mas não permite a passagem de operadores (ABNT NBR 9649, 1986);
- Poço de visita é uma câmara visitável, permitindo a passagem do operador a partir de uma tampa móvel, destinada a manutenção (ABNT NBR 9649, 1986);

O tipo de traçado vai depender das características do local, devendo ser analisado principalmente os dados topográficos buscando sempre escoamentos que seguem o sentido da força gravitacional. Sendo assim, o traçado pode ser perpendicular ao curso d'água, sendo usado geralmente em cidades que têm cursos d'água atravessando; em leque em que os coletores troncos correm pelos fundos de vales ou pela parte mais baixa da bacia, sendo usadas em terrenos acidentados; traçado radial ou distrital em que a cidade é dividida em setores em que são criados pontos baixos onde são dirigidos os esgotos (Alem Sobrinho e Tsutiya, 2000).

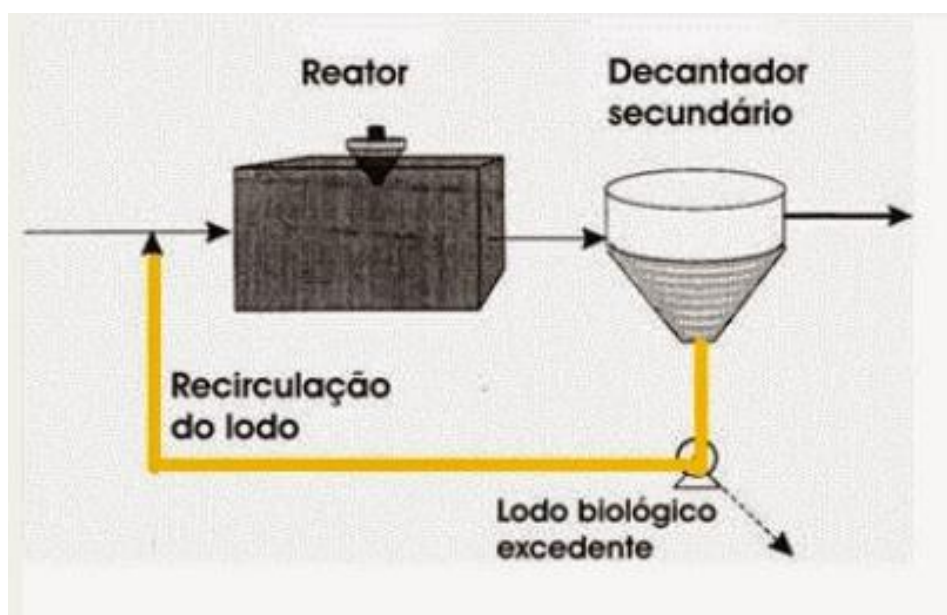
Uma estação de tratamento de esgoto geralmente é composta por um tratamento preliminar, em que a água residuária passa por um gradeamento, caixa de areia (desarenador) e

pela Calha Parshall (que vai controlar a vazão). Posteriormente há um tratamento primário em que o decantador primário remove os sólidos suspensos (CRESPO,1997).

Em seguida, uma ETE pode ter tratamento secundário, em que através de um processo biológico a matéria orgânica é removida. O processo pode utilizar O_2 (aeróbicos) ou não (anaeróbicos). O primeiro tem uma maior produção de lodo do que o segundo e geralmente necessita de uma maior energia elétrica no processo. Além disso, produz menos odores. Pode-se citar como tratamento secundário os sistemas de lodo ativado, Reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA), lagoas de estabilização (NUNES, 2014).

O processo do lodo ativado é aeróbico, utilizando oxigênio na reação. Consiste na oxidação da matéria orgânica, onde há uma concentração da biomassa proveniente do retorno do lodo decantado. Este participa da reativação das reações bioquímicas na remoção da matéria orgânica. Vale ressaltar que é necessário descartar a mesma quantidade de biomassa produzida, sendo o lodo excedente. Esse processo pode ser visualizado na figura 1 e tem uma altíssima eficiência, podendo chegar a 95% de remoção de matéria orgânica (VON SPERLING, 2002).

Figura 1: Processo do lodo ativado

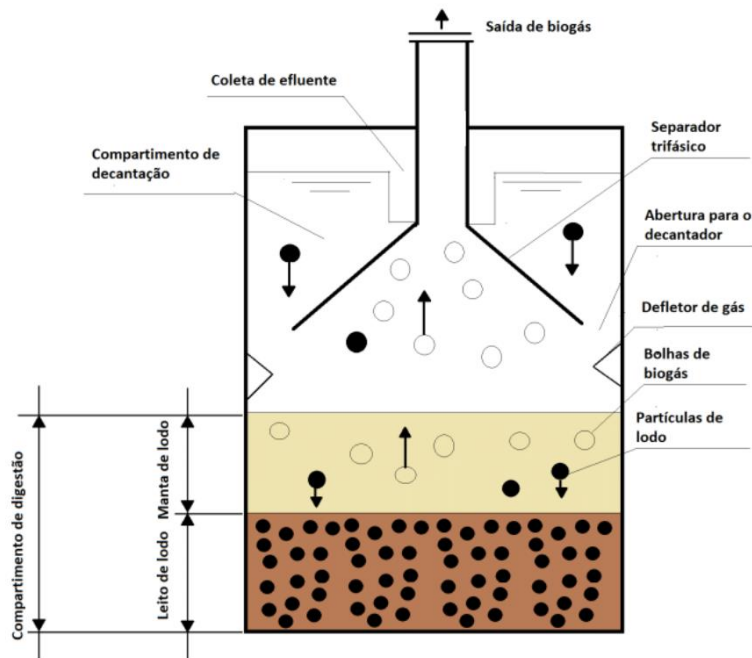


Fonte: BIOTRAKTI, 2015.

O Reator anaeróbio de fluxo ascendente (RAFA), também é conhecido por DAFA, não utiliza do oxigênio na reação biológica. O esgoto entra no reator pela parte inferior (como mostra a figura 2) e após o processo forma uma biomassa com alta atividade biológica. Esse reator tem uma eficiência de 65% na remoção de matéria orgânica, sendo recomendado para

tratamento de esgotos domésticos, abatedouros, frigoríficos, usinas de açúcar, entre outros (NUNES, 2014).

Figura 2:Reator UASB



Fonte: Elaborado a partir de Brasil (2015b) e Chernicharo (2007)

O sistema de lagoas de estabilização tem uma operabilidade e manutenção muito simples, além de ser um sistema com baixo investimento. Entretanto tem a desvantagem de precisar de uma grande área disponível. Pode ser um processo tanto anaeróbico quanto aeróbico dependendo do tipo escolhido, podendo ser: Lagoa facultativa; Lagoa anaeróbia seguida de lagoa facultativa; Lagoa anaeróbia seguida de lagoas facultativa e de maturação; Lagoa facultativa seguida de lagoa de maturação (VON SPERLING, 2002).

Já no tratamento terciário acontece a desinfecção que tem por objetivo remover os organismos patogênicos antes da disposição final. Desta forma, pode ser feita com cloração, ozonização (através do ozônio) e ultravioleta, por exemplo. Posteriormente a água é conduzida para o destino final.

A escolha deve levar em consideração as características do local, como área disponível, topografia, questões socioeconômicas, entre todos outros parâmetros já discutidos.

3.3 BIM - Modelagem de informação da construção

3.3.1 O que é BIM?

Segundo Eastman, “BIM é uma tecnologia de modelagem associada a um conjunto de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de edificações”. Essa ferramenta permite representar virtualmente todo o ciclo de vida de uma construção, desde o planejamento, passando pelo projeto, construção e até mesmo possíveis alterações depois de construído.

Já para o decreto nº 9.983/2019 (Brasil, 2019), 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).

É importante destacar que o BIM não é um conceito atual, pois há mais de 30 anos Chuck Eastman apresentou o conceito no então AIA Journal. Contudo, mesmo com o mercado exigindo cada vez mais essa tecnologia, a implantação dela ainda passa por bastante entraves, não sendo tão difundida como deveria (ABDI, 2017).

3.3.2 Vantagens do BIM

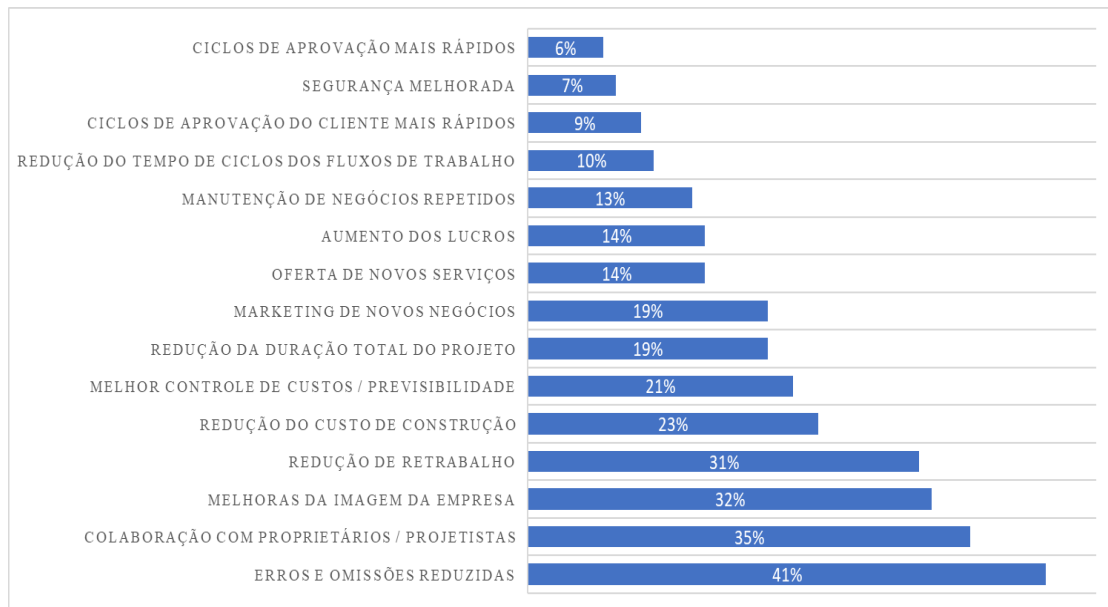
O BIM permite um aumento da eficiência, contribuindo para construções mais enxutas. Desta forma, é possível ter construções mais rápidas, como menor descarte de resíduos, mais sustentáveis, entre outros pontos positivos. Vale ressaltar que essa ferramenta permite um trabalho multidisciplinar, podendo prever possíveis erros e corrigi-los ainda na fase de projeto (AUTODESK, 2022).

Com essa ferramenta é possível fazer estudo de viabilidade - podendo nem começar construções que podem ser inviáveis; projetos tanto de arquitetura quanto das engenharias; planejamento e gerenciamento de obras; executar a obra e até mesmo fazer serviços de manutenção. É importante salientar que uma alteração no projeto já altera tudo que estiver relacionado a ele, como plantas relacionadas, quantitativos e cálculos, por exemplo (ABDI, 2017).

Contratantes foram entrevistados através de um estudo feito por MacGraw-Hill e foi possível analisar quais as vantagens comentadas e qual o percentual de contratantes que aborda determinado benefício, como mostra a figura 3. Percebe-se que a grande maioria aborda a

redução de erro nos projetos, maior colaboração com proprietários e projetistas, melhoras na imagem da empresa, redução do custo de produção, entre outras vantagens.

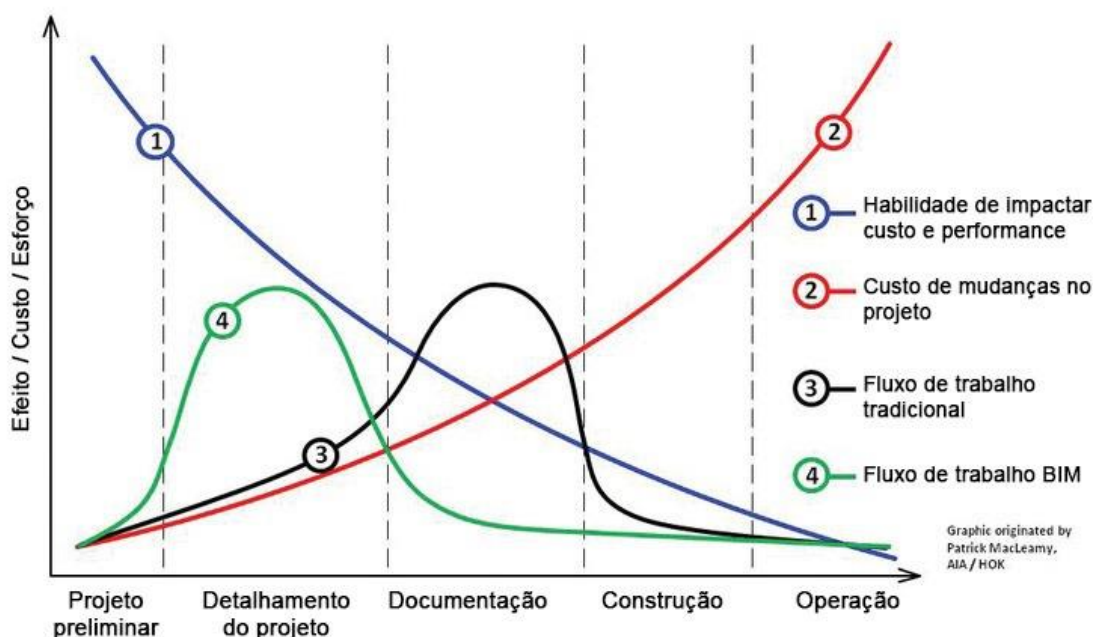
Figura 3: Percentual de contratantes que citam os benefícios do BIM para as empresas deles



Fonte: Adaptado de MacGraw-Hill, opus cit.

A curva de McLeamy demonstra também vantagens de se utilizar o BIM, como é possível observar na figura 4:

Figura 4: Curva de McLeamy relacionando esforço x tempo



Fonte: ENGENHARIAEETC, 2015

Analisando a curva de McLeamy, percebe-se a relação entre esforço e impacto, como é mostrado na figura 4. Sendo assim, pode-se perceber que a capacidade de influenciar no custo e funcionalidade é um gráfico descendente, então quanto mais cedo perceber o erro, maior será a capacidade de fazer essas alterações (PORTOBELLO, 2022)

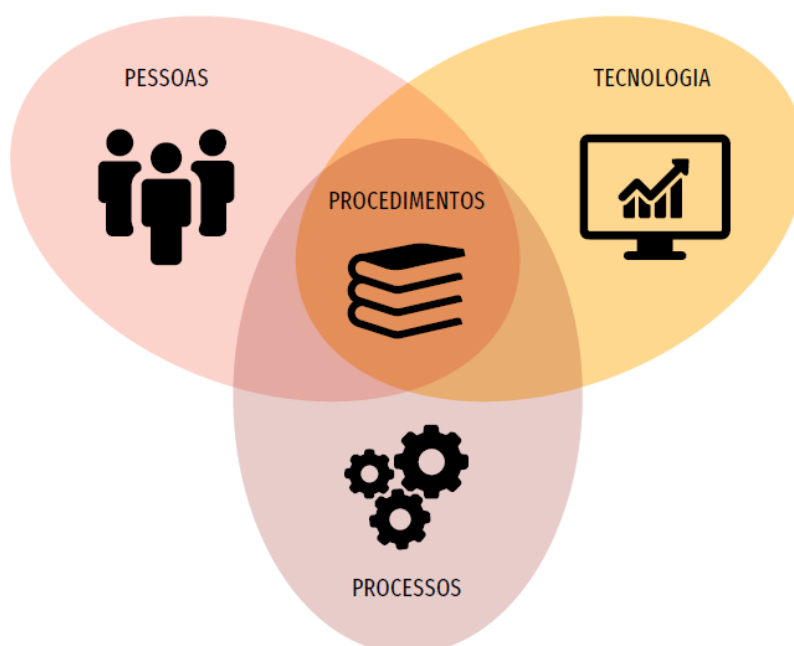
Fazendo uma análise agora do custo para fazer possíveis alterações, tem-se que é um gráfico ascendente. Desta forma, à medida que vai avançando o processo construtivo, o esforço para fazer as mudanças cresce. Desta forma, o custo vai ficando cada vez maior.

Portanto, com as figuras 3 e 4, pode-se perceber que o uso do BIM contribui para maiores lucros, menor impacto ambiental, projetos melhores e mais rápidos, menor tempo de execução de projetos (com ciclos de aprovação mais rápidos), maior capacidade de alteração do projeto, entre outras vantagens que faz essa metodologia ser diferente de um projeto tradicional.

3.3.3 Fundamentos do BIM

Toda modelagem BIM é 3D, contudo a recíproca não é verdadeira. Portanto, compreender os fundamentos dessa tecnologia é fundamental para a implantação dela. Desse modo, é preciso entender que para adotar essa metodologia é preciso mudar toda a cadeia de processos da empresa, baseado em 3 pilares principais: tecnologia, pessoas e processos - como é abordado na figura 5.

Figura 5: Fundamentos do BIM



Fonte: ABDI, 2017 - Adaptado de SUCCAR

A parte tecnológica envolve toda a estrutura necessária para que o BIM opere, desde as máquinas e equipamentos disponíveis, os softwares que são possíveis obter, a internet, segurança de dados, treinamento dos usuários, por exemplo (ABDI, 2017).

Quanto às pessoas é preciso destacar que a implantação do BIM causa uma mudança em toda a estrutura da empresa, logo é preciso que haja um diálogo entre todos os colaboradores. É fundamental que tenha uma estratégia de implantação e que esta se enquadre a realidade da empresa. Os envolvidos devem ser capacitados a identificar as melhorias, a atualizar sempre os dados, se comunicar ao máximo com os responsáveis pelas outras disciplinas a fim de ter uma melhor solução para o projeto, entre outras boas práticas. Portanto, não adianta todo o investimento iniciar para adotar o BIM se os profissionais não utilizam como deve ser utilizado essa filosofia (ABDI, 2017).

Esse procedimento abrange tanto os novos processos internos que a empresa deve adotar quanto os processos interempresariais. Compreende o plano de trabalho, como o fluxo de trabalho, o cronograma, o método de comunicação, a definição de funções, o sistema de concentração de dados, entre outros (ABDI, 2017).

3.3.4 Processo do projeto

Inicialmente é feito um modelo-base. A partir deste é possível ter uma interoperabilidade com outras disciplinas não só do mesmo software BIM, como também outros. Isso é possível através do esquema de dados IFC (Industry Foundation Class), que dita os requisitos para esses objetos virtuais (ABDI, 2017). Vale ressaltar que o IFC é um formato de dados neutros que possibilita essa comunicação com diferentes softwares.

Outro conceito importante que deve ser destacado é o LOD - Level Of Development, ou seja, Nível de Desenvolvimento. Antes de fazer o projeto é preciso estar alinhado com o cliente qual a qualidade que o modelo precisa atingir, podendo variar do LOD 100 (representação mais genérica), passando por níveis cada vez mais específicos e chegando ao 500, que é uma verificação feita em campo - as built (UTILIZANDO BIM, 2017).

Como já visto, o processo de produção não finaliza após a modelagem, porquanto é preciso verificar possíveis interferências. Estas são chamadas de Clashes e após identificadas deve ser analisada o nível de interferência e quais os responsáveis para fazer o ajuste necessário. Essa incompatibilidade pode ser pelo fato de: alguma distância mínima não ser respeitada (soft clash); componentes que estão se chocando (hard clash); e elementos que podem ter uma colisão

ao passar do tempo (time clash). Alguns softwares fazem essa detecção automática, como é o caso do Navisworks, programa da Autodesk (ABDI, 2017).

Além desse software citado, há vários outros que utilizam a metodologia BIM, como é o caso do Revit, ArchiCAD, CypeCad, QiBuilder, Infracore, BIM 360, entre outros.

3.3.5 Fluxograma

Como já abordado, a implantação do BIM acarreta mudanças em todo processo de produção. Desta forma, é conveniente iniciar com um projeto piloto (pode até ser um projeto fictício, mas se for um real que há certa folga do prazo é mais interessante) e só depois expandir para toda empresa.

É fundamental que haja um fluxograma de trabalho a fim de compreender qual estratégia será utilizada para o projeto. Sendo assim, deve ser definido as metas com o projeto, por exemplo: redução do prazo, menos perdas, menos resíduos etc. Esse *roadmap* deve levar em consideração todos os fundamentos já citados, como pessoas, tecnologia, processos e procedimentos. Um exemplo desse fluxograma está ilustrado na figura 6:

Figura 6: Fluxograma de trabalho



Figura 10: Exemplo de roadmap. Fonte: GDP.

Fonte: ABDI, 2017.

Depois da decisão da diretoria de usar a metodologia BIM, tem-se que fazer um levantamento dos recursos tecnológicos atuais da empresa (ABDI, 2017). Sendo assim, torna-se importante as seguintes verificações:

1. Fazer análise de quais softwares tem disponíveis e quais serão precisos. Deve-se também analisar economicamente quais poderão ser adquiridos.
2. Adquirir um servidor para o sistema de armazenamento de arquivos, pois o fluxo de dados é muito elevado.
3. Adquirir sistema dedicado de controle e distribuição de arquivos internos;

4. Assinar sistema conjunto para backup de arquivos para arquivos do público externo;
5. Analisar rede interna (cabeamento, roteadores etc.);
6. Analisar sistema de backup interno e externo;
7. Assinar sistema de coordenação BCF (preferencialmente) para comunicação e coordenação;
8. Fazer upgrade de discos e de placas de rede.
9. Melhorar computadores - investindo em melhores processadores, SSD, placas de rede etc. - de acordo com as demandas.

Feito isso, é preciso que todos os colaboradores estejam cientes da importância do BIM e estejam engajados para praticar as boas práticas. Todos devem entender o plano de implantação a fim não só segui-lo, como também sugerir alterações. Esse plano deve conter a aquisição dos softwares e equipamentos que serão adquiridos. Além disso, é imprescindível o treinamento da equipe, não só na questão dos aplicativos, mas também comportamentais. É importante que todos entendam a importância do trabalho em equipe para o BIM. Desta forma, designar as pessoas qualificadas para as funções necessárias é uma etapa essencial. Exemplo disso é a função do BIM manager, dos(as) arquitetos(as), projetistas em geral, devendo estes serem qualificados da melhor forma para terem boas práticas no projeto (BIM EXPERTS, 2019).

O projeto piloto é a próxima etapa, devendo este passar por avaliação, verificando se realmente é a melhor solução, se há incompatibilidade com a norma ou entre disciplinas, entre outras verificações. Vale ressaltar que caso precise de alguma alteração, a ferramenta BIM pode mudar tudo automaticamente, ou seja, os quantitativos, as informações do projeto (como cota, elevação, cortes) já atualizam. As mudanças devem ser registradas (atualizar sempre o banco de dados) e os responsáveis por cada disciplina devem estar cientes do processo (ABDI, 2017).

3.3.6 BIM no Brasil

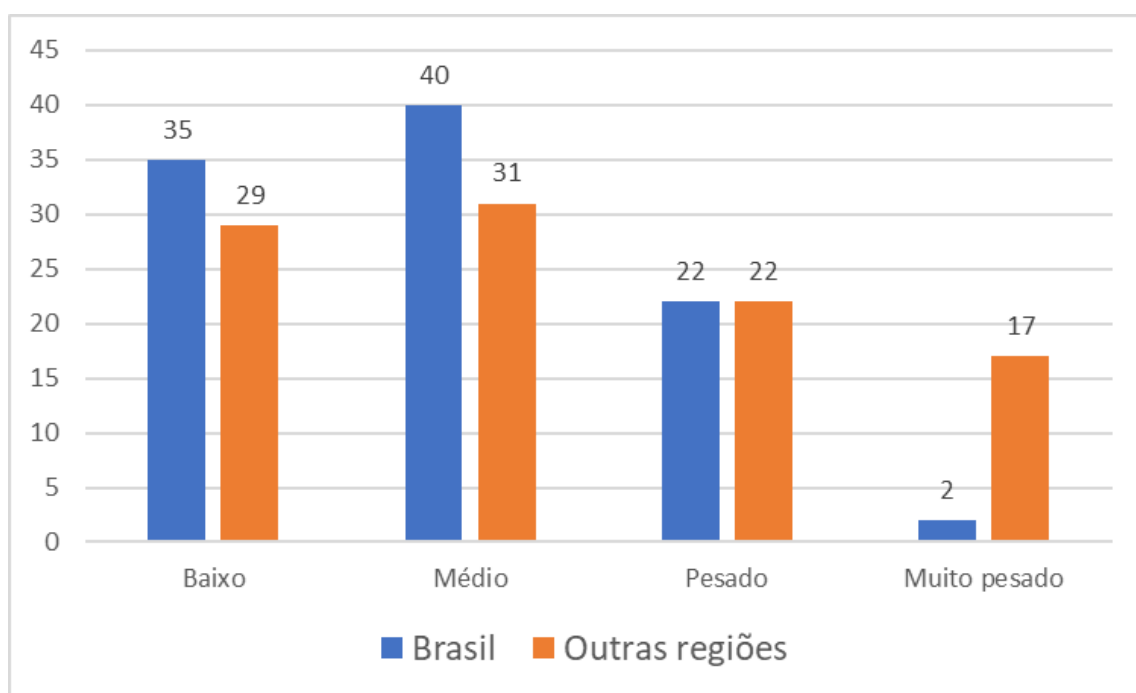
Mesmo diante de todas as vantagens já abordadas, o BIM ainda não é tão difundido como deveria ser. Está havendo de certa forma uma tentativa do governo de fomentar essa universalização. Começou de fato em 2018 com a Estratégia BIM BR, buscando tornar o ambiente mais propício para essa implantação. Depois disso, foi criado o decreto DECRETO nº 10.306 que:

Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling- Estratégia BIMBR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019 (BRASIL, 2020).

O uso do BIM no Brasil é relativamente recente. Experiência com BIM, nível de especialização e implantação são os 3 componentes que compreende o nível de engajamento BIM. Comparando esses parâmetros com as outras regiões do mundo, percebe-se que os usuários do BIM no Brasil são recentes. Sendo 55% de um baixo índice de engajamento e nenhum do nível mais elevado (MacGraw-Hill, 2013).

O nível atual de implantação BIM das empresas construtoras no Brasil se concentra mais nos níveis mais baixos de projeto. Considerando o nível mais baixo (considerado de 15% dos projetos ou menos), médio (15 a 30% dos projetos), pesado (31 a 60%) dos projetos e muito pesado (a partir de 60% dos projetos da empresa), foi possível fazer um gráfico comparativo analisando os mesmos parâmetros abordados anteriormente, como mostra a figura 7. Desta forma, percebe-se que deve melhorar o número de projetos em BIM.

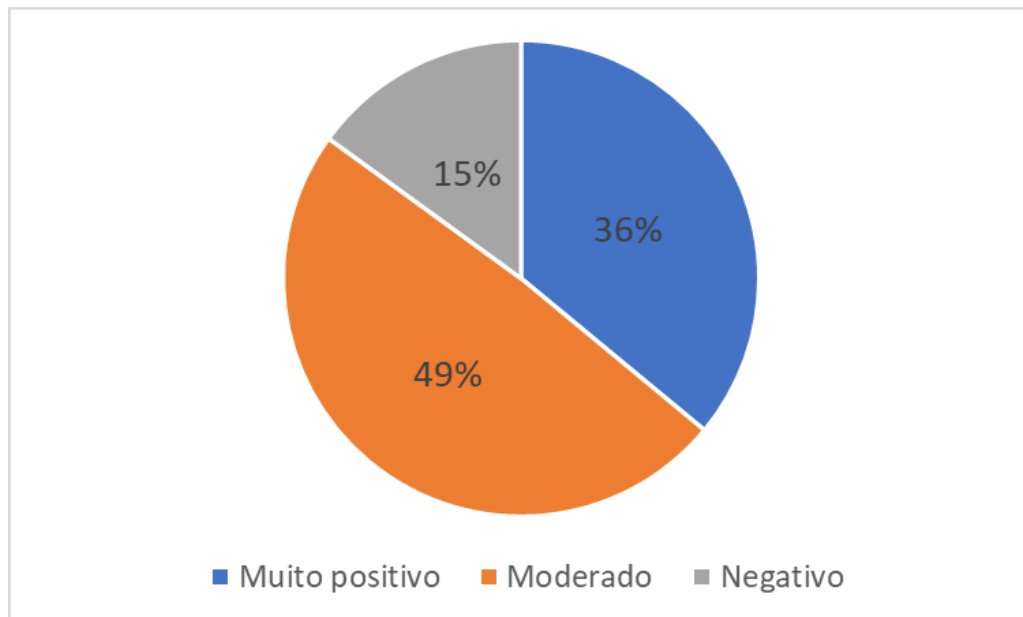
Figura 7: Nível atual de implantação BIM (%)



Fonte: Adaptado de MacGraw-Hill, opus cit.

Os construtores no Brasil também aprovam o retorno do investimento (ROI) ao usar o BIM, pois apenas 15% consideram negativo. Considerando a avaliação de muito positiva até 25% dos casos e moderada acima deste valor, segundo pesquisas também feitas por MacGraw-Hill, foi possível chegar à figura 8.

Figura 8: Avaliação de ROI no BIM



Fonte: Adaptado de MacGraw-Hill, opus cit.

Mesmo considerando viável, ainda falta bastante para o BIM ser implementado da forma ideal. É visível várias dificuldades encontradas no Brasil para implementar de fato essa ferramenta. Em pesquisas feitas por Zhou, Yang e Yang (2019) e Belay et al. (2021), apontaram a questão organizacional e a resistência à entaves para essa adoção e essas características não são diferentes no Brasil.

Mudar toda uma estrutura organizacional para uma novidade é um processo complexo que muitas vezes ou afastam os mais tradicionais ou até mesmo é adotada essa metodologia, porém os colaboradores não entendem a real importância. Sendo assim, há informações descentralizadas, ou seja, nem todo mundo tem acesso à mesma informação. Muitas vezes os dados não são atualizados.

4 METODOLOGIA

O estudo de caso é da implantação de um sistema de esgotamento sanitário no povoado Escurial, município de Nossa Senhora de Lourdes do estado de Sergipe.

A Fundação Nacional de Saúde (FUNASA), no ano de 2020, procurou professores da Universidade Federal de Sergipe para elaboração desses projetos abordados. Desde o contato inicial havia a ideia de realizar o projeto usando a metodologia BIM, pois foi explicado pelos professores as vantagens dessa modelagem.

Além de todas as vantagens executivas e ambientais proporcionadas pelo BIM, como já foi abordado anteriormente, um projeto desta proporção teria uma grande importância para fomentar ainda mais o uso no estado, sendo visto de forma positiva por profissionais da área. Desta forma, no início de 2022 o projeto foi aprovado pela superintendência nacional da Funasa e o recurso foi liberado. É importante destacar que nesse período o mundo estava passando por uma situação pandêmica causada pela COVID-19 e as tratativas tiveram certo retardo.

Logo após o projeto ser aprovado, no mês de janeiro, começaram a serem definidas as estratégias de coleta de informações. Sendo assim, foram realizadas visitas ao povoado Escurial para mapeamento da área de estudo utilizando um VANT (Veículo Aéreo Não Tripulado usados geralmente para fins comerciais e profissionais, diferentemente dos usos comuns do drone).

O objetivo desse mapeamento é gerar imagens aéreas e posteriormente combinar com imagens públicas de satélite, fornecendo informações visuais importantes sobre localização de estruturas (como residências, vias públicas, áreas desabitadas, áreas naturais, corpos hídricos, entre outras) que serão fundamentais para o estudo de traçado.

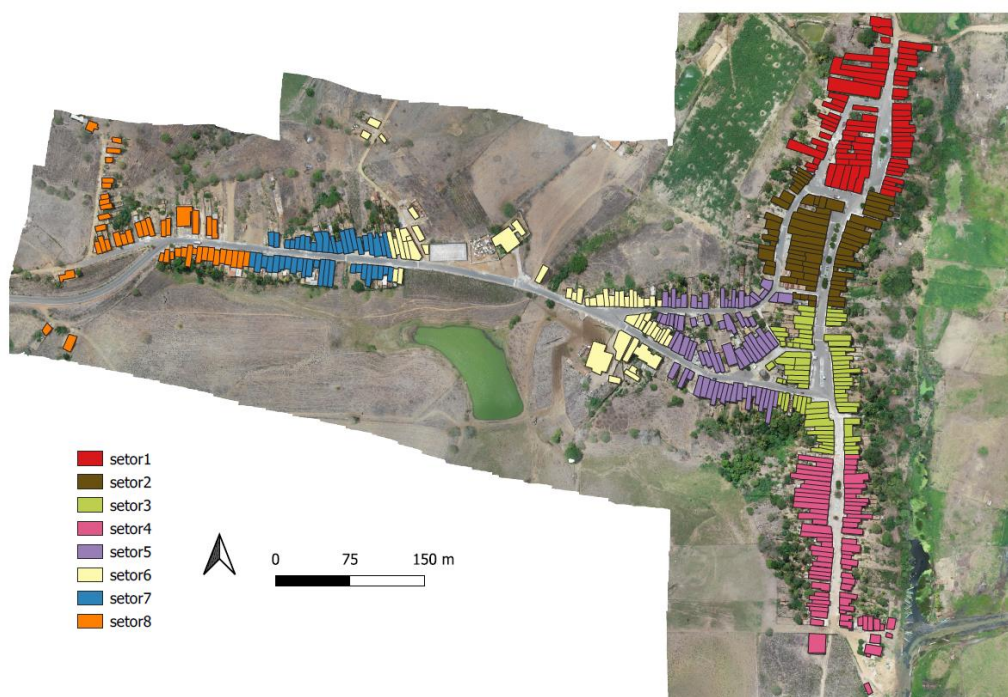
A área de estudo foi dividida em setores, onde cada setor corresponde a certo número de residências. Portanto, foi feita uma análise de como é a estrutura da área da vizinhança, como é possível observar na figura 9. Ao total foram 8 setores, onde a junção de todos corresponde a toda a área de estudo, conforme figura 10.

Figura 9: Setor 1 do mapeamento da área de estudo utilizando o VANT



Fonte: FUNASA (2022)

Figura 10: Todos os setores do povoado Escurial



Fonte: FUNASA (2022)

Ainda nesse mês foi desenvolvido um plano de ação para coletar informações sociais e econômicas do povoado Escurial no município de Nossa Senhora de Lourdes, até porque é essencial entender o sistema de infraestrutura e condições da região (Tsutiya 2006), buscando ter dados de consumo de água, contribuições de esgoto, possibilidades de crescimento populacional e possíveis modificações futuras de hábitos por parte das pessoas locais.

O plano consistiu em desenvolver o questionário socioeconômico (demonstrado na figura 11) e separar as áreas de aplicação destes questionários. O levantamento foi feito no mês de fevereiro deste mesmo ano e, além da pesquisa, também foi realizado o processamento estatístico dos dados obtidos, com estimativas de consumo para o projeto atender não só o presente, como também o futuro da população.

Figura 11: Parte do questionário socioeconômico realizado

Que meios de transporte a comunidade utiliza:

☒ Ônibus ☐ Carro ☐ Moto ☐ Animal ☐ Bicicleta
☒ Barco ☐ Carroça ☐ Outros (especificar): _____

Que animais você possui em casa?

☒ Cachorro ☐ Gato ☐ Cavalo ☐ Pato ☐ Porco ☐ Macaco ☐ Bode
☒ Galinha ☐ Vaca ☐ Ovelha/Carneiro ☐ Outros: _____

De que forma as notícias chegam à comunidade?

☒ Rádio ☐ Jornal ☐ Carro de Som ☐ TV ☐ Revista ☐ Alto Falante
☒ Pessoa a Pessoa ☐ Internet ☐ Outro: _____

13. Conversar com a família até obter as informações sobre ocupação e renda. (citar os aposentados)
Renda aproximada da família: _____

Tipo de moradia. (observação)		Piso	Cômodos
Parede	Telhado		
Barro	Zinco	Terra batida	Sala
Madeira	Amianto	Cimento	Cozinha
Tijolo	Barro	Cerâmica	Quarto
Palha	Palha	Madeira	Banheiro
Lona / Plástico	Lona / Plástico		

14. De onde vem a água que a família utiliza?

☒ Rede Pública ☐ SAAE da Funasa ☐ Rio / Igarapé ☐ Chuva ☐ Fonte / Nascente
☒ Poço feito pelo morador ☐ Outros: _____

15. Como é tratada a água para beber?

☒ Filtrada ☐ Fervida ☐ Clorada ☐ Coada ☐ Usa sem tratar ☐ Tratada no SAAE

16. Que destino é dado ao lixo?

☒ Coleta Pública ☐ Queimado ☐ Joga no Rio/Igarapé ☐ Joga em terreno baldio
☒ Enterrado ☐ Deixa no quintal ☐ Outro: _____

17. Que destino é dado às fezes e urina das pessoas da casa?

☒ Mato ☐ Quintal ☐ Rio / Igarapé ☐ Fossa Seca ☐ Vaso com descarga
☒ Outro: _____

18. Informações adicionais da observação do entrevistador. (Utensílio onde guarda a água para beber. Animais soltos convivendo na moradia (estado de saúde). Limpeza interna e arredores da moradia. Exposição do lixo. Água parada. Esgoto. Fezes. Aparente estado nutricional das crianças e adultos. E outras que julgar importante para o projeto)

Fonte: FUNASA (2022)

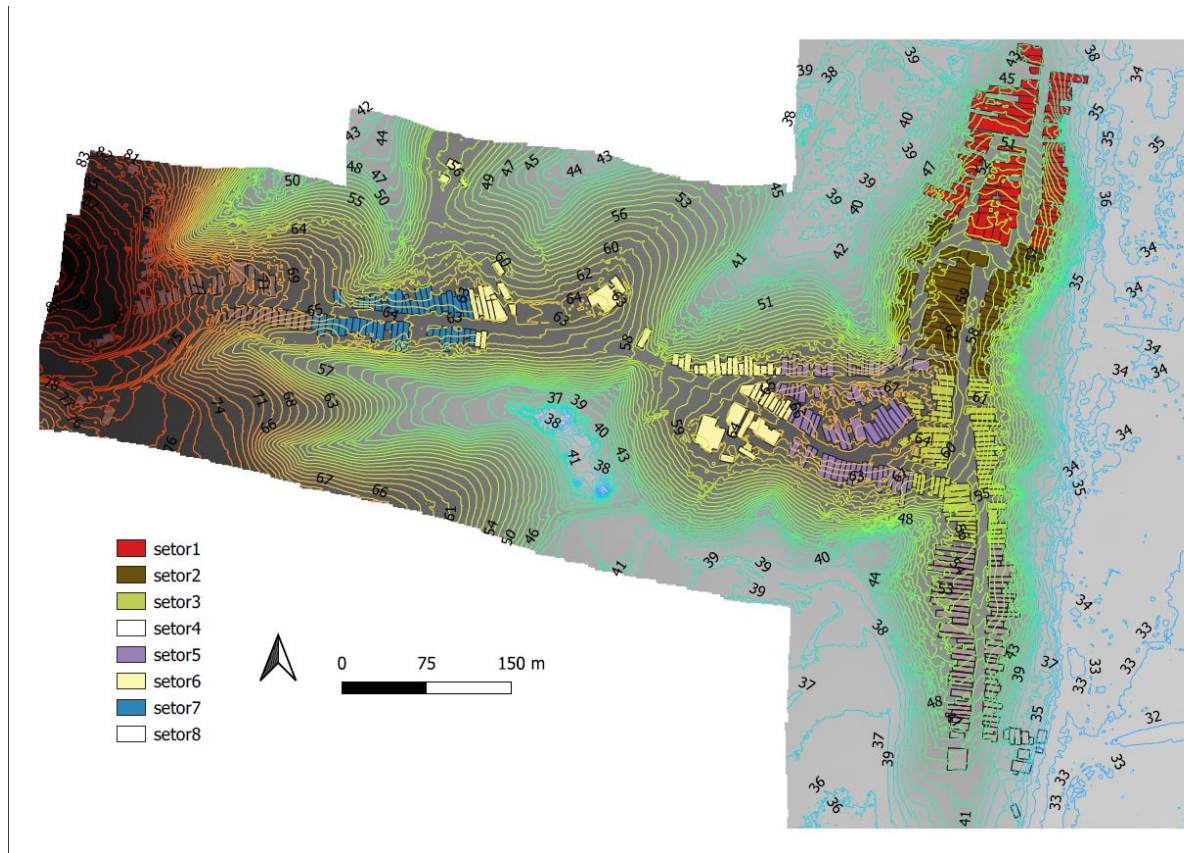
Após essa etapa de entrevista de campo, foram realizadas novas visitas para se obter informações planialtimétricas no mês de março de 2022. Utilizando novamente o VANT, contudo foi acrescido de um equipamento GPS de alta precisão, diferentemente do que foi feito no mês anterior. Desta forma, foi possível adicionar mais informações aos mapas gerados, visto que agora tem informações de elevações.

Esses arquivos têm formato RTK (posicionamento cinemático em tempo real), que garante que o processamento e fornecimento das coordenadas sejam obtidos em tempo real, sem a necessidade de pós-processamento dos dados. Isso faz com que uma estação de referência ofereça correções instantâneas para estações móveis, fazendo com que a precisão obtida chegue ao nível centimétrico.

Desta forma, foram geradas as curvas de nível - mostradas na figura 12 - que são imprescindíveis para o desenvolvimento do traçado da rede de esgoto, do posicionamento de estações elevatórias e da estação de tratamento de esgoto (ETE). Vale ressaltar que o traçado da rede de coleta e transporte de água residual depende do posicionamento da estação de tratamento de esgoto.

Como abordado anteriormente, o ideal é que o esgoto seja transportado até a estação de tratamento por ação da gravidade, evitando o uso de muitas estações elevatórias que consomem energia elétrica para seu funcionamento, devendo serem instaladas apenas em situações adversas. Outrossim, é interessante instalar uma ETE o mais próxima possível do corpo d'água receptor, isto é, onde será lançado o esgoto tratado. Esse estudo foi feito durante os meses de abril e maio de 2022.

Figura 12: Curvas de níveis em todos os setores do povoado Escurial



Fonte: FUNASA (2022)

Foram feitos três possíveis traçados, com três posicionamentos diferentes da possível ETE. É importante analisar situações diferentes para poder escolher a melhor solução para o projeto. Isso é importante para qualquer projeto, mas para um projeto dessa dimensão ter opções é imprescindível.

Ao analisar as características do local, foi possível analisar o tipo de solo da região. Este foi o maior agravante para determinação destes traçados, porquanto é extremamente rochoso e de difícil escavação para posicionamento das tubulações. Outro ponto a ser analisado foi o tipo de sistema de tratamento, sendo optado inicialmente pelo sistema de lagoas (aeróbia + anaeróbia + maturação). Este tipo tem como grande vantagem a facilidade de operação e um menor valor investido quando comparado a outros métodos usuais. Todavia, as lagoas de estabilização ocupam grandes áreas, representando um grande problema para a sociedade atual.

Devido às férias coletivas tanto na Universidade quanto na FUNASA, o projeto passou por uma pausa no mês de junho de 2022, voltando no mês seguinte. Desse modo, em julho foram realizadas novas visitas ao povoado de Escurial para verificar se os possíveis locais para a ETE escolhidos eram viáveis. No entanto, nenhuma opção se mostrou apropriada, porque eram áreas inundáveis que na época em que foi feito o levantamento planialtimétrico estavam

secas. Desse modo, buscou-se um outro local que, no entanto, pertencia a uma área privada, sem disponibilização de imagens aéreas ou informações do terreno, sendo necessário um novo levantamento.

Devido a esses entraves abordados, foi desenvolvido um novo traçado de rede e proposta nova configuração de reatores, optando por um sistema compacto composto por um reator anaeróbico (UASB) e um reator aeróbico (Lodos Ativados). Esta opção pode ser instalada numa menor área, quando comparado com as lagoas. Além do mais, atende também às condições de lançamento de efluentes tratados da resolução CONAMA 430.

Com todas essas informações, o BIM Manager do projeto, professor da UFS, desenvolveu juntamente com a liga Acadêmica de Engenharia Civil, LAINOVA, da universidade, o plano de implantação BIM. Foram definidos os softwares que podem ser usados e em que ordem devem ser usados, sendo escolhidos:

- Qgis: um Sistema de Informação Geográfica (SIG);
- Infracore: software de infraestrutura da Autodesk;
- Civil 3D: software de infraestrutura da Autodesk;
- AutoCAD Map 3D: software da Autodesk;
- Revit: software também da Autodesk.

Para qualificação dos colaboradores do projeto para o bom uso da plataforma BIM, toda a equipe passou por treinamento, iniciando no mês de setembro de 2022 e se estendendo até o mês de outubro. Não foi necessária obtenção de novos equipamentos, visto que as máquinas disponibilizadas pela universidade eram suficientes para a execução dos projetos.

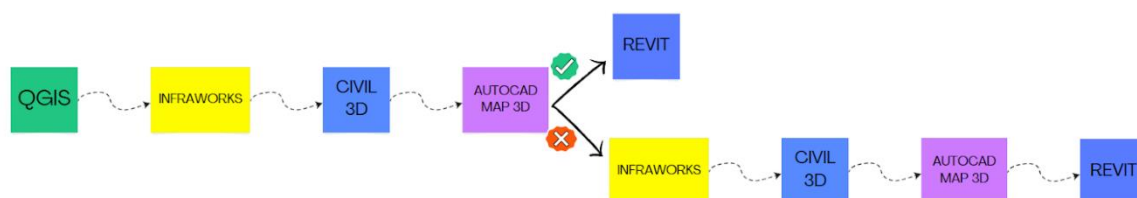
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Início do projeto piloto

Depois de todos os dados levantados - obtidos através das pesquisas de campo e dos levantamentos feitos com o VANT, do desenvolvimento do plano de implantação e do treinamento da equipe, foi possível começar o projeto piloto.

Com o plano de implantação consolidado, iniciou-se as tratativas com a equipe técnica da parte de Saneamento para receber os croquis dos traçados feitos. Sendo assim, foi fundamentado que a ordem de execução seria: a priori passar o croqui para o Qgis, posteriormente passar para o Infracworks, depois para o Civil 3D e o AutoCAD Map 3D. Como certamente teriam ajustes para serem feitos no traçado para contornar algum empecilho, então teria que voltar para o Infracworks para possíveis compatibilizações, retornar ao Civil 3D para detalhamento. Por fim, chegaria ao Revit que foi escolhido para detalhar as estações elevatórias. Esse plano de implantação pode ser visto na figura 13.

Figura 13: Plano de implantação BIM



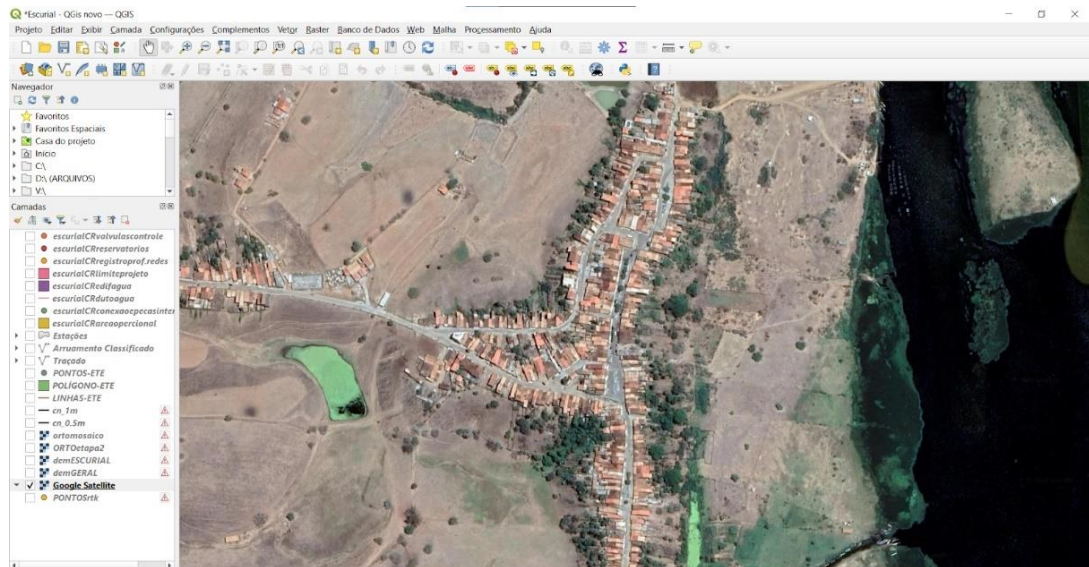
Fonte: Autor (2022)

5.1.1 QGIS

O Qgis é um Sistema de Informação Geográfica (SIG), sendo uma ferramenta que permite a construção de mapas e de geoprocessamento. Ele possibilita a análise de dados geográficos digitais, através de dados de vetores e raster. Desta forma, é possível criar geometrias nos mapas, fazer sobreposição de camadas, georreferenciar (criando sistema de coordenadas, marcos topográficos), analisar uma rede (criando distâncias, por exemplo) entre outras vantagens que fazem este sistema ser interessante ao projeto (Descomplica Qgis, 2021).

Após receber os dados (base rtk) do levantamento do VANT com o GPS de alta precisão, foi possível exportar esses dados para o Qgis. Este sistema tem visualização do Google satélite, como mostra a figura 14.

Figura 14: Mapa QGIS

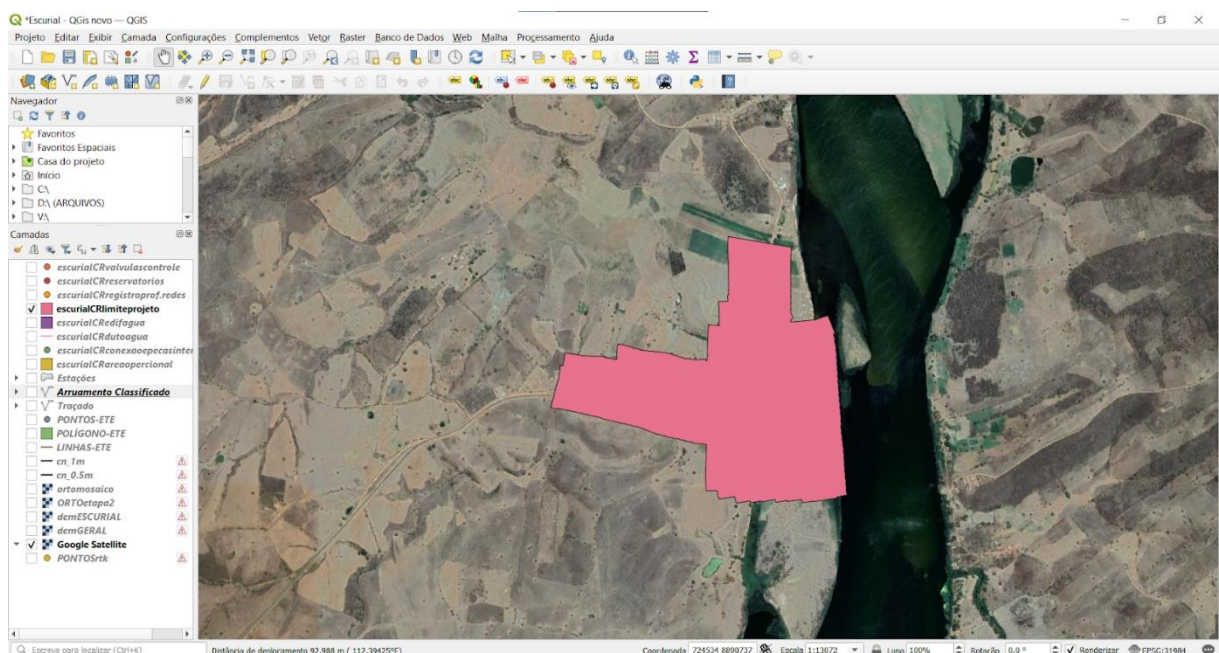


Fonte: Autor (2022)

Os elementos criados foram feitos sobrepondo o mapa. Vale ressaltar que é preciso criar camadas para a análise no software para cada grupo de elementos que vão ser feitos, pois, assim, é possível analisá-los separadamente ou em conjunto.

Inicialmente foi criada uma camada para delimitar a área de estudo, como mostra a figura 15.

Figura 15: Delimitação da área de estudo

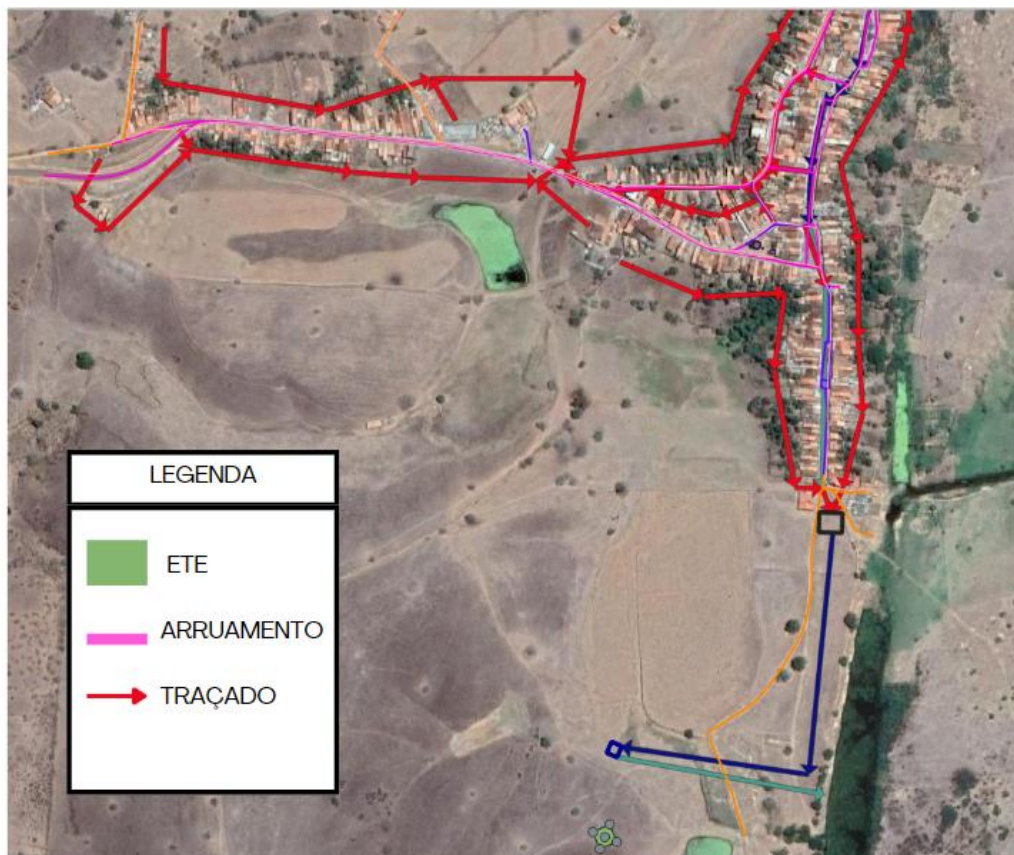


Fonte: Autor (2022)

Feito isso, pôde-se fazer o arruamento, o traçado (mostrando o sentido de escoamento), posicionamento inicial da estação de tratamento, entre outros elementos com camadas

diferentes, sendo possível fazer o traçado inicial de forma virtual do sistema de tratamento de esgoto de Ecurial, como pode ser visualizado na figura 16.

Figura 16: Traçado do sistema de tratamento de esgoto no QGIS



Fonte: Autor (2022)

5.1.2 Infraworks

O software Infraworks, da Autodesk, permite a modelagem de elementos de infraestrutura, tornando possível verificar conceitos adotados no projeto, por meio do fornecimento de dados necessários como cotas, curvas de nível, bem como da visualização da solução adotada e sua viabilidade. Tais características permitem uma melhor análise do modelo.

Desta forma, essa ferramenta foi escolhida devido a agilidade em fazer a concepção do traçado, a interoperabilidade com as disciplinas, o ótimo desempenho nas etapas de planejamento, entre várias outras vantagens. Vale ressaltar que esse software não entrega o nível de detalhamento que um projeto de sistema de esgotamento sanitário necessita, mas as qualidades mencionadas e a compatibilidade com outros softwares com maior detalhamento (como o Civil 3D) são características muito interessantes.

O arquivo do QGIS (formato. qgz) é compatível com o Infracad. Assim, foi feita a exportação para analisar o traçado de forma mais precisa, podendo confrontar a topografia da área de estudo com o traçado a ser feito. As curvas de níveis, cotas, as residências, o arruamento, entre outros elementos da área de estudo podem ser base de dados para essa ferramenta, logo o traçado passou a ter mais parâmetros a serem analisados a fim de evitar problemas futuros na construção. Vale lembrar que incompatibilidades resolvidas nessa fase de projeto têm inúmeros pontos positivos.

Levando-se em consideração que no Infracad é possível importar o shapefile (formato de armazenamento de dados de posição, forma e atributos geográficos), foi feita a importação de cada camada do QGIS de forma separada na execução do projeto. Tais camadas foram utilizadas como bases de dados para geração do modelo. Feito isso, foi possível fazer o traçado das tubulações, como é possível observar na figura 17.

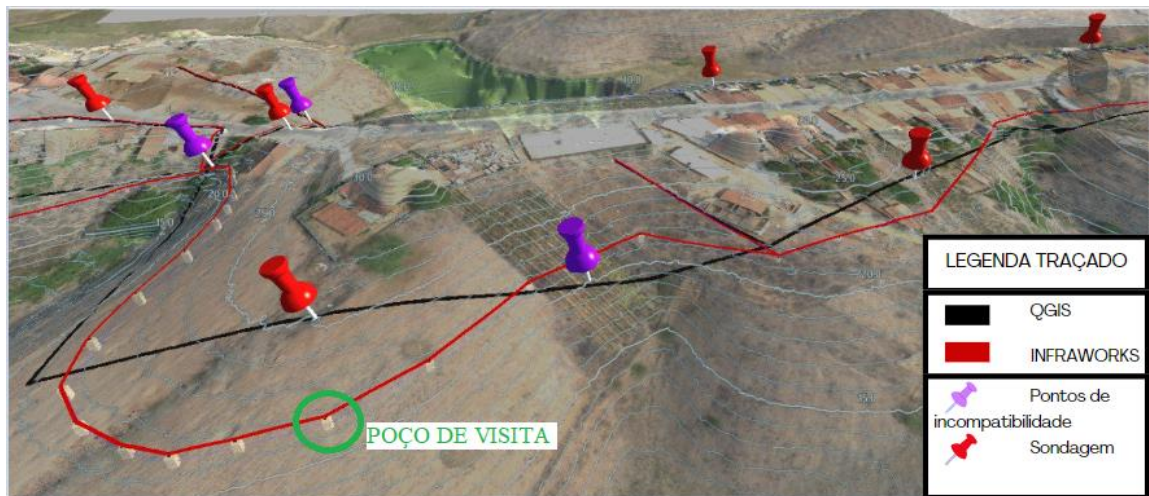
Figura 17: Traçado da tubulação do Infracad e do QGIS



Fonte: Autor (2022)

Nessa etapa buscou-se seguir o traçado do QGIS, como mostra a figura 16, mas, como o Infracad tem um nível de detalhamento maior, é possível visualizar com maior precisão por onde a tubulação está passando. Desta forma, percebe-se interferências, sendo necessário fazer caminhos que acompanham melhor as curvas de níveis a fim de não ter muito corte e aterro (figuras 18 e 19).

Figura 18: Traçado do Infracworks acompanhando curvas de níveis



Fonte: Autor (2022)

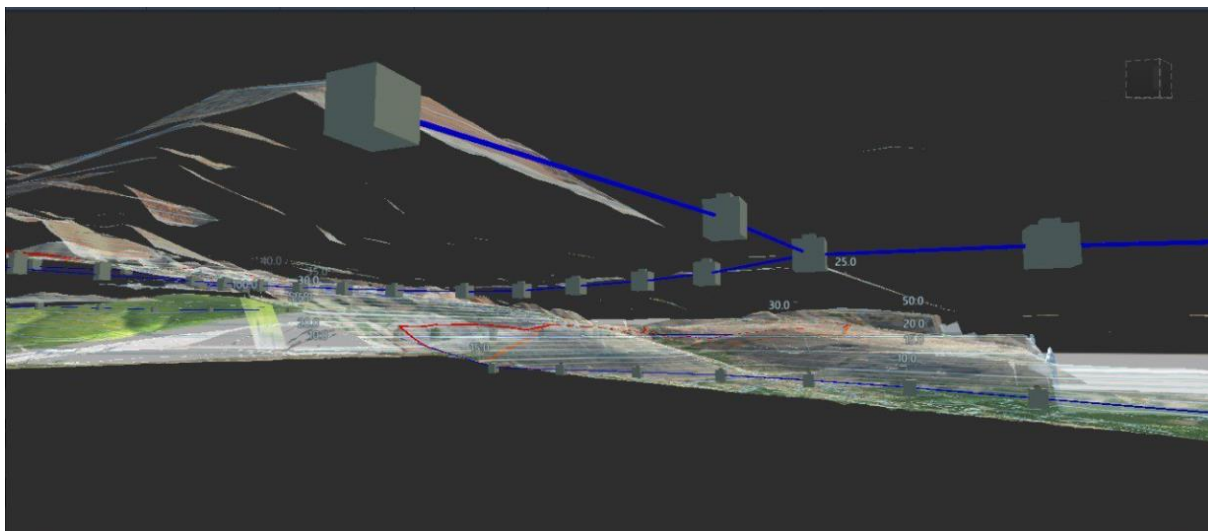
Figura 19: Traçado do Infracworks acompanhando curvas de níveis em outro local



Fonte: Autor (2022)

Juntamente com as tubulações, foram posicionados os poços de visita, como foi indicado na figura 17. Vale ressaltar que um erro encontrado ainda na fase de projeto foi o posicionamento dos PVs, pois estes haviam sido cadastrados numa cota muito maior do que o terreno, como pode ser observado na figura 20.

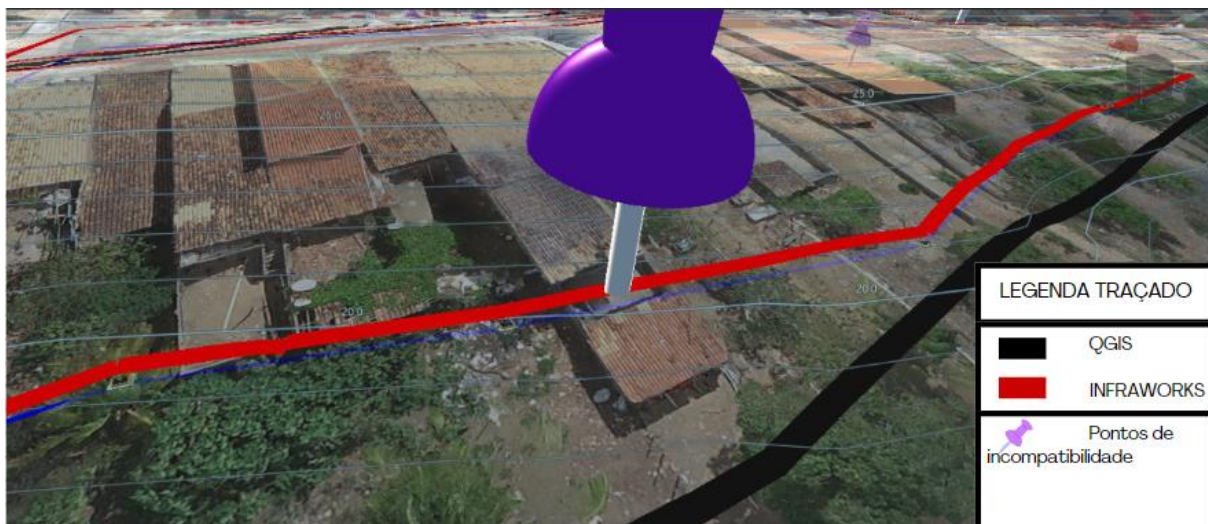
Figura 20: Posicionamento dos poços de visita com cotas muito maiores do que o levantamento topográfico



Fonte: Autor (2022)

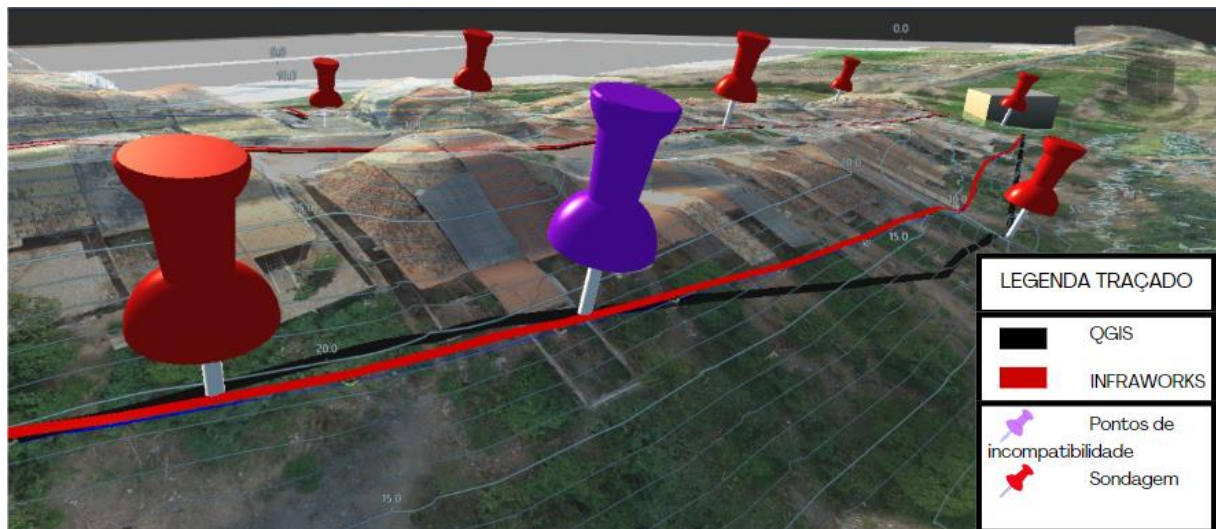
Além dos problemas mostrados, outra incompatibilidade analisada foram os traçados passando por residências / lugares particulares, como pode-se analisar nas figuras 21 e 22. Nesses casos buscou-se sempre contornar para o traçado não passar por essas propriedades a fim de causar menos transtornos à população.

Figura 21: Tubulação passando por propriedade privada



Fonte: Autor (2022)

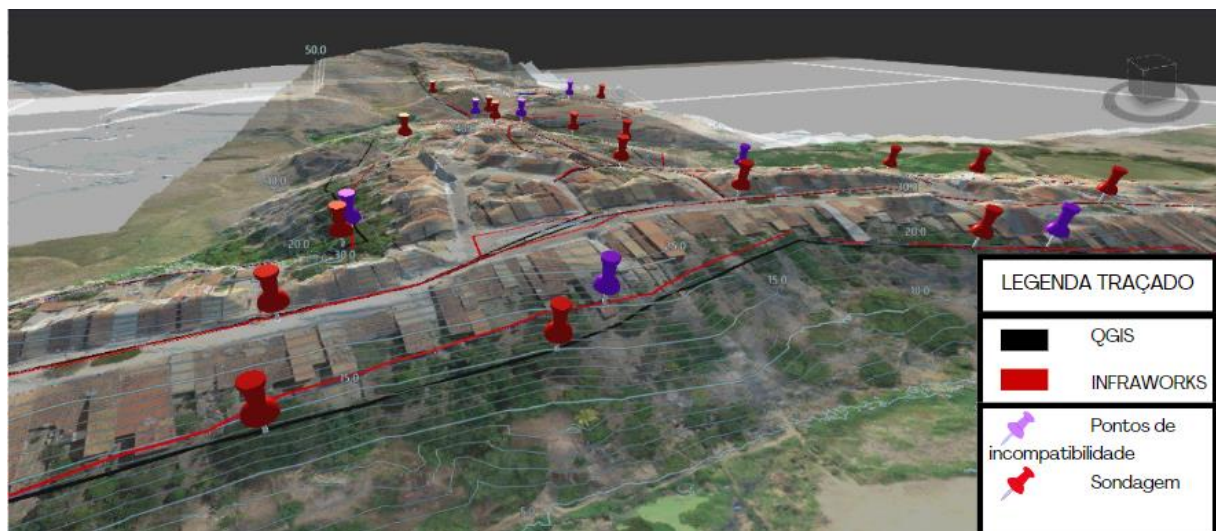
Figura 22: Tubulação passando por propriedade privada em outro local.



Fonte: Autor (2022)

Sempre que foi possível identificar uma incompatibilidade, o ponto foi destacado com o pino roxo. Além da problemática de passar por propriedades privadas, foram verificadas outras como: alturas elevadas a serem vencidas, lugares que necessitam de muito aterro, locais com possibilidade de solo rochoso, entre outras. Foi feito, então, um mapeamento, indicado na figura 23, objetivando um traçado que melhor se adeque à realidade do município estudado.

Figura 23: Mapeamento dos pontos de incompatibilidade.

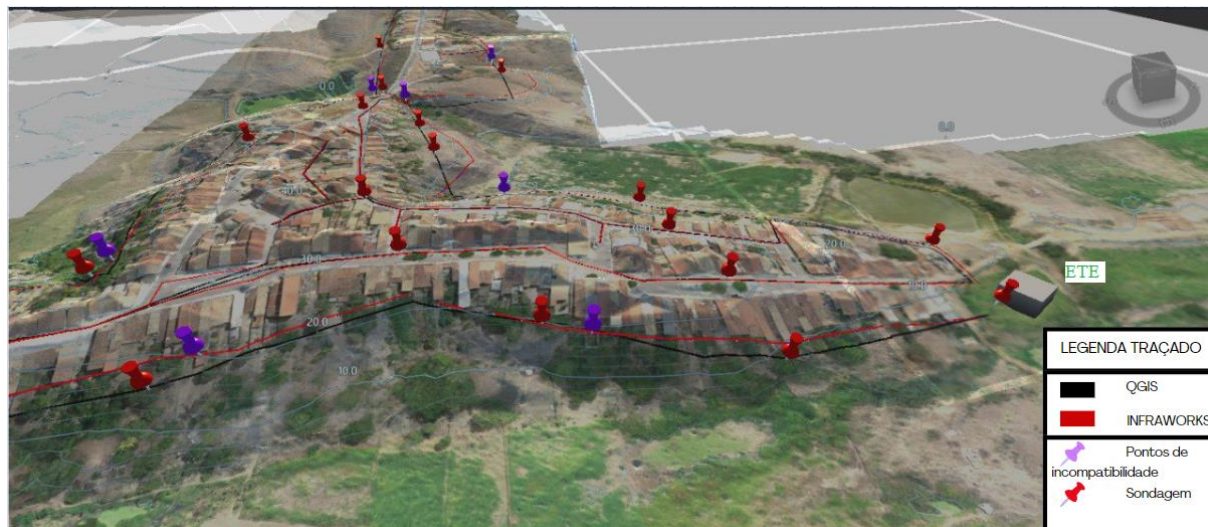


Fonte: Autor (2022)

Outrossim, sabendo da importância de conhecer o solo em que vai estar passando toda a estrutura do sistema de esgotamento sanitário, foram posicionados pontos de perfuração georreferenciados. Sendo assim, buscou um padrão de espaçamento de mais ou menos 165

metros. Ao total, foram definidos 27 pontos iniciais (pontos vermelhos), como pode ser observado na figura 24.

Figura 24: Posicionamento dos pontos de perfuração



Fonte: Autor (2022)

Nesta figura também é possível perceber o posicionamento da ETE. Vale salientar que foi posicionado um ponto de sondagem, pois é neste local que o solo vai ser ainda mais carregado que os outros pontos, visto que a estação de tratamento será instalada, diferentemente dos outros mostrados que são apenas poços de visitas.

5.1.3 Sistema de Esgotamentos Sanitário

Após todos os dados preliminares coletados, foram feitos estudos e adotado inicialmente um sistema de esgotamento sanitário constituído de:

- Tratamento preliminar com grade, desarenador (caixa de areia) e calha parshall.
- Tratamento secundário com uma UASB e Lodo ativado
- Tratamento terciário através de desinfecção por cloração.

A região adotada para a instalação deste sistema é mostrada na figura 23. O projeto da estação de tratamento de esgoto será feito no software Revit, sendo este muito recomendado para fazer esse tipo de construção, porquanto tem um nível muito alto de detalhamento. Nesse âmbito, podem ser feitas plantas baixas, cortes, detalhamento de toda estrutura, e toda documentação necessária para construir.

Por ser um projeto ainda em andamento, não foi possível abordar as etapas do Civil 3D, a volta para o Infraworks para eventuais ajustes e o detalhamento no Revit da estação de tratamento.

6 CONCLUSÃO

A análise da implantação de um fluxo BIM num sistema de esgotamento sanitário, em Sergipe, permitiu comparar o planejamento de um projeto que está em execução com o que a literatura recomenda (como foi mostrado na figura 06).

Desta forma, pôde-se perceber que o fluxograma de trabalho foi bem planejado, se assemelhando ao modelo ABDI, pois tiveram as seguintes etapas:

1. Decisão da FUNASA em fazer o projeto em BIM;
2. Diagnóstico do problema;
3. Ação motivacional através das inúmeras vantagens proporcionadas pelo BIM, como diminuição do impacto ambiental, aumento da eficiência, redução de gastos etc.
4. Desenvolvimento do plano de implantação através do BIM Manager, decidindo quais softwares usar, como deve ser feito o treinamento, analisar se os equipamentos são suficientes, definir passo a passo, entre outras atividades abordadas no trabalho;
5. Iniciar projeto piloto e sempre registrar cada procedimento;
6. Avaliar projeto, processo também ajudado pela metodologia BIM devido a facilidade de alteração, interoperabilidade, interdisciplinaridade e outras características que qualificam o projeto;
7. Consolidação, sendo esta a única etapa não concluída.

Por ser um projeto ainda em execução, as etapas do Civil 3D (responsáveis pelo detalhamento mais aprofundado das tubulações e poços de visitas) e do Revit (para os projetos da estação de tratamento de esgoto), ainda não foram finalizadas.

O sistema de esgotamento sanitário adotado foi o tratamento preliminar com grade, desarenador e calha parshall. Já para o tratamento secundário, foi pensando em uma UASB juntamente com lodo ativado e para o tratamento terciário uma desinfecção por cloração.

A combinação do BIM com o saneamento básico traz benefícios não só para quem executa, mas também para quem vai receber a obra. Construções mais enxutas, rápidas, mais econômicas e com um bom gerenciamento devem ser uma realidade para o Brasil e não apenas visto como algo do futuro.

Intervenções devem ser feitas para que se consiga fazer a universalização do saneamento ser algo mais próximo da realidade, pois mais de 94 milhões de pessoas não têm o esgoto

coletado (SNIS, 2020). Além do âmbito da saúde, resultaria no aumento de produtividade da população, valorização imobiliária, expansão do turismo, renda para empresas e profissionais de toda a cadeia produtiva do saneamento básico etc. Essa mudança pode gerar cerca de 41 bilhões de renda para o país, segundo estudos feitos pelo Instituto Trata Brasil com a consultoria Ex Ante (Clara Velasco, 2022).

Portanto, o BIM pode ser um importante aliado para a universalização do saneamento, tornando esse projeto algo mais palpável. Desta forma, será fundamental ter um bom fluxograma para a implantação do BIM, visto que essa metodologia ainda não é tão disseminada como deveria no Brasil.

Por fim, propõe-se estudos nessas etapas que ainda não haviam sido concluídas na fase de entrega deste trabalho a fim de verificar se o plano de implantação foi seguido como completamente. Além disso, pode ser mostrado como todos os projetos são ajustados ao mesmo tempo à medida que um deles for alterado, atualização de quantitativos, outros exemplos de interferências vistos ainda na fase de projeto, entre outros estudos que permitam a visualização na prática dos benefícios proporcionados pelo BIM.

REFERÊNCIAS

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

A “curva de Macleamy” prova que investir no projeto compensa. **PORTOBELLO**. Disponível em: <https://www.portobelloengenharia.com.br/curva-de-macleamy/>. Acesso em: 05 de nov. de 2022.

ALEM SOBRINHO, P.; TSUTIYA, M. T. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**, 1 ed., São Paulo: Dpto. de Engenharia Hidráulica e Sanitária/USP, 1999.

ALEM SOBRINHO, P.; TSUTIYA, M. T. **Coleta e Transporte de Esgoto Sanitário**, 2 ed., São Paulo: Dpto. de Engenharia Hidráulica e Sanitária/USP, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9648: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9849 - Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

BELAY, S.; GOEDERT, J.; WOLDESENBET, A; ROKOOEI, S. Enhancing BIM implementation in the Ethiopian public construction sector: An empirical study. **Cogent Engineering**. v. 8, p. 1-27, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1886476>. Acesso em: 09 de set. de 2022.

BIM: Entendendo a curva de Macleamy e como funciona basicamente o fluxo de trabalho em BIM. **ENGENHARIAEETC**, 2015. Disponível em: <https://engenhariaeetc.wordpress.com/2015/09/21/bim-entendendo-a-curva-de-macleamy-e-como-funciona-basicamente-o-fluxo-de-trabalho-em-bim/>. Acesso em: 05 de ago. de 2022.

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.

BRASIL. Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling- EstratégiaBIMBR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Brasília, DF, 2020.

CARDOSO, J. L. da S.. Controle de sólidos em Sistema Aeróbio de Lodo Ativado. **Biotrakti**, 2015. Disponível em: <https://biotrakti.blogspot.com/2015/04/controle-de-solidos-em-sistema-aerobio.html>. Acesso em: 14 de nov. de 2022.

CRESPO, P. G. **Sistemas de Esgoto**. Belo Horizonte: Ed. UFMG; Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da Escola de Engenharia, 1997.

DARÓS, J. O que é LOD em um projeto BIM? **Utilizando BIM**. Disponível em: <https://utilizandobim.com/blog/o-que-e-lod-bim/>. Acesso em: 08 de nov. de 2022.

EASTMAN, C. M. et al. **BIM Handbook: a Guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. 1. ed. Hoboken, New Jersey: John Wiley, 2008.

ENTRAVES técnicos e dificuldades de implantação BIM. **BIM Experts**, 2019. Disponível em: [https://www.bimexperts.com.br/post/entraves-tecnicos-e-dificuldades-de-uma-implantacao-bim#:~:text=Falta%20de%20consultor%20t%C3%A9cnico%20\(cultura,rela%C3%A7%C3%B5es%20conflitantes%20e%20n%C3%A3o%20cooperativas.](https://www.bimexperts.com.br/post/entraves-tecnicos-e-dificuldades-de-uma-implantacao-bim#:~:text=Falta%20de%20consultor%20t%C3%A9cnico%20(cultura,rela%C3%A7%C3%B5es%20conflitantes%20e%20n%C3%A3o%20cooperativas.) Acesso em: 08 de nov. de 2022.

ESGOTO. **Trata Brasil**, 2021. Disponível em: <https://www.tratabrasil.org.br/pt/saneamento/principais-estatisticas/no-brasil/esgoto>. Acesso em: 04 de ago. de 2022.

ESTUDO sobre os avanços do novo marco legal do saneamento básico no Brasil. **Trata Brasil**, 2022. Disponível em: https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/09/RELATORIO_COMPLETO_-_Novo_Marco_-_2022.pdf. Acesso em: 05 de nov. de 2022.

INVESTIMENTOS necessários para a universalização do saneamento. **Trata Brasil**, 2021. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/pt/institucional-blog/investimentos-necessarios-para-universalizacao-do-saneamento>. Acesso em: 04 de mai. de 2022.

MACGRAW-HILL. **The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets**. 2014. Disponível em: https://www.icn-solutions.nl/pdf/bim_construction.pdf. Acesso em: 08 de ago. de 2022.

NUNES, J. A. **Tratamento Biológico de Águas Residuárias**, 1 ed., Aracaju. Gráfica Editora J. Andrade. 2014.

NUNES, H. M. **Sistemas de Classificação de Informação da Construção**: proposta de metodologia orientada para objetos BIM. 2016. 122 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

POSICIONAMENTO em tempo real com GPS RTK. **Mundo GEO**, 2010. Disponível em: <https://mundogeo.com/2000/01/01/posicionamento-em-tempo-real-com-gps-rtk/>. Acesso em: 04 de set. de 2022.

QGIS: O que é, o que faz e para que serve? **Descomplica QGIS**, 2010. Disponível em: <https://descomplicaqgis.com.br/qgis-o-que-e-o-que-faz-e-para-que-serve/#:~:text=QGIS%20%C3%A9%20um%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20de,e%20an%C3%A1lise%20de%20dados%20espaciais.> Acesso em: 15 de set. de 2022.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**, 3 ed., São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2006.

TURISMO, impostos, emprego: Universalização do saneamento básico pode gerar R\$ 41 bilhões por ano ao Brasil, diz estudo. **Globo**. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2022/11/07/turismo-impostos-emprego->

universalizacao-do-saneamento-basico-pode-gerar-r-41-bilhoes-por-ano-ao-brasil-diz-estudo.ghml. Acesso em: 08 de nov. de 2022.

VANTAGENS da BIM: Quais são os benefícios da BIM? **Autodesk**. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/solutions/bim/benefits-of-bim#:~:text=QUAIS%20S%C3%83O%20OS%20BENEF%C3%8DCIOS%20DA,de%20trabalho%20e%20melhores%20resultados>. Acesso em: 22 de set. de 2022.

VON SPERLING, M. **Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**, v. 4. Lodos Ativados. 2.ed. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2002.

ZAMBON, R. C.; *et al.* **Sistemas de Esgoto Sanitário**. USP - Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. 2015. 58 p. Disponível em: http://www.phd.poli.usp.br/default.aspx?id=28&link_uc=disciplina. Acesso em: 15 de out. de 2022.

ZHOU, Y.; YANG, Y.; YANG, J.-B. **Barriers to BIM implementation strategies in China**. Engineering, Construction and Architectural Management. v. 26, n. 3, 2019.