



Ministério da Educação  
Fundação Universidade Federal do Maranhão  
Cidade Universitária Dom Delgado  
Centro de Ciências Exatas e Tecnologia  
Coordenação do Curso de Engenharia Civil



**ARIEL POLICARPO DE CARVALHO LIMA**

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE FERRAMENTAS DE PROJETOS DE  
SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS: ESTUDO COMPARATIVO DE UM  
EMPREENDIMENTO POPULAR UTILIZANDO O SISTEMA CAD VERSUS  
MODELAGEM BIM**

São Luís – MA  
2019

**ARIEL POLICARPO DE CARVALHO LIMA**

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE FERRAMENTAS DE PROJETOS DE  
SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS: ESTUDO COMPARATIVO DE UM  
EMPREENHIMENTO POPULAR UTILIZANDO O SISTEMA CAD VERSUS  
MODELAGEM BIM**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Maranhão, como requisito para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil

Orientador: Dr(a). Solange da Silva Nunes Boni

Coorientador: José Melo Cunha Neto

São Luís – MA  
2019

CARVALHO LIMA, Ariel Policarpo de

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE FERRAMENTAS DE PROJETOS DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS: ESTUDO COMPARATIVO DE UM EMPREENDIMENTO POPULAR UTILIZANDO O SISTEMA CAD VERSUS MODELAGEM BIM / ARIEL POLICARPO DE CARVALHO LIMA POLICARPO.

- São Luís, 2019.

68 p.

Coorientador(a): José Melo Cunha Neto Melo

Orientadora: Solange da Silva Nunes Boni. TCC (Graduação - Engenharia Civil) -- Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019.

1. Bim. 2. Custo. 3. Incompatibilidade. 4. Tecnologia.  
I. Melo, José Melo Cunha Neto. II. Silva, Solange da Silva Nunes Boni. III. Título.

Trabalho de Conclusão de Curso de autoria de Ariel Policarpo de Carvalho, intitulada **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE FERRAMENTAS DE PROJETOS DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS: ESTUDO COMPARATIVO DE UM EMPREENDIMENTO POPULAR UTILIZANDO O SISTEMA CAD VERSUS MODELAGEM BIM /**, apresentada como requisito para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_, defendida e aprovada pela banca examinadora abaixo assinada:

---

Solange da Silva Nunes Boni  
Orientadora

---

José Melo Cunha Neto  
Coorientador

---

Fábio Dieguez Barreiro Mafra  
1º examinador

---

Rachid Santos Maluf  
2º examinador

São Luís – MA  
2019

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por estar sempre comigo até mesmo quando eu menos mereci, por conceder inúmeras graças, por me perdoar e principalmente por não desistir de mim.

À minha família, especialmente à meu pai: Antenor, por ser o exemplo de homem que eu busco ser, e minhas mães: Rita e Rosilene, por sempre cuidarem de mim, mesmo quando fui malcriado, meus irmãos: Caio, Thalles, Tafarel, Paula e Pamela por aturar as minhas zoeiras e sempre estarem ao meu lado me incentivando e a minha namorada Miriany, por estar comigo nas horas mais difíceis, pelas piadas sem graça que me fazem sorrir quando as vezes ninguém mais consegue e por ser essa pessoa incrível.

Aos meus amigos, especialmente à turma do Manoel Beckman, que me acompanha desde o ensino médio até os dias de hoje, alguns desde o ensino fundamental. Aos amigos da UFMA que trilharam essa caverna do dragão chamada Universidade Federal.

Aos grupos pelo qual participei e me agregaram um valor imenso, além de me darem amigos que levo até hoje: Jorge, Herlandio, Lucas, Protázio, Victor e Kassyo, e a Milênio Engenharia, onde cultivei amizades que levarei para a vida inteira.

Aos meus mentores, Sr. Marcos e Mello, que pacientemente, me ensinaram, e me motivaram, e agradeço a minha orientadora pela paciência e grandes ensinamentos, tenho a certeza de que se não fossem seus prazos e cobranças, esse trabalho não ficaria pronto a tempo, assim como a todos aqueles que me incentivaram de qualquer forma a busca crescente pelo conhecimento.

Pouco conhecimento faz com que as pessoas se sintam orgulhosas. Muito conhecimento, que se sintam humildes. É assim que as espigas sem grãos erguem desdenhosamente a cabeça para o Céu, enquanto que as cheias as baixam para a terra, sua mãe.

(Leonardo da Vinci)

## RESUMO

Com o passar dos tempos, percebe-se expressivas mudanças socioeconômicas e de competitividade que vem ocorrendo no ramo da construção civil no Brasil. O desenvolvimento das tecnologias computacionais proporcionou muitas vantagens na produção de projetos e, como essas tecnologias estão em constante desenvolvimento, é preciso avaliar quais são mais efetivas para cada processo específico na engenharia. Uma pesquisa bibliográfica foi realizada para reforçar a importância da tecnologia BIM no processo de concepção de projeto e construção de uma edificação. Buscou-se avaliar as vantagens e desvantagens do uso de BIM, para fundamentar esta avaliação foi feito um estudo comparativo entre a tecnologia CAD e tecnologia BIM. Uma coleta de dados do projeto inicial foi realizada para permitir a modelagem da residência usando a tecnologia BIM, desta forma o trabalho aplica a tecnologia BIM em um projeto residencial do programa “Minha Casa Meu Maranhão”, do governo do estado. Posteriormente os projetos hidrossanitários e arquitetônico foram modelados através do software Revit, onde foi realizado a compatibilização de projetos, verificando-se as imperfeições e sugestões de melhorias através do software Navisworks. Concluiu-se com este estudo a importância de se atentar a fase de projeto, pois é neste momento que a correção sai em menor custo em relação as demais. Por fim, apontou-se os benefícios e vantagens dos projetos desenvolvidos na modelagem de informação da construção.

**Palavras-Chave:** Tecnologia; Bim; Incompatibilidade e Custo.

## ABSTRACT

Over time, we notice significant socioeconomic and performance changes that are occurring in the construction industry in Brazil. The development of computational technologies offers many advantages in project production and, as these technologies are constantly being developed, it is necessary to evaluate which ones are most effective for each specific engineering process. A bibliographic research was conducted to reinforce the importance of BIM technology in the process of project design and construction of an edition. Search and evaluate as advantages and advantages of the use of BIM, to base this evaluation was made in a comparative study between the CAD technology and the BIM technology. An initial project data collection was performed to allow modeling of the home using BIM technology, or the work applies BIM technology to a residential project of the state government's "Minha Casa Meu Maranhão" program. Subsequently, the water and architectural projects were modeled using Revit software, where a project compatibility was performed, as imperfections and suggestions for improvements using Navisworks software. We concluded with this study about the importance of paying attention to the project phase, because at this moment the correction comes out at the lowest cost compared to others. Finally, select the benefits and advantages of projects developed in building information modeling.

**Keywords:** Technology; Bim; Incompatibility and Cost.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Custo do empreendimento na etapa de projeto x Custos de execução .....	18
<b>Figura 2</b> - Nível de influência do custo da edificação.....	19
<b>Figura 3</b> - Relação entre esforço de projeto e tempo .....	27
<b>Figura 4</b> – Ciclo de vida da infraestrutura.....	29
<b>Figura 5</b> - Visão geral dos modelos 3, 4, e 5d.....	30
<b>Figura 6</b> - Ifc uma extensão global.....	31
<b>Figura 7</b> - Interoperabilidade.....	32
<b>Figura 8</b> - Imagem de uma família de paredes com superfícies integrantes.....	33
<b>Figura 9</b> - Processo de trabalho em CAD.....	36
<b>Figura 10</b> - Trabalho colaborativo.....	36
<b>Figura 11</b> - Fluxograma BIM. ....	39
<b>Figura 12</b> – Comparação entre o Tempo-Esforço do processo tradicional de produção de projeto e do processo BIM.....	39
<b>Figura 13</b> – Planta baixa, projeto base desenvolvido no AUTOCAD. ....	45
<b>Figura 14</b> - Planta baixa geral de instalação hidráulica, projeto inicial, software AutoCad.....	46
<b>Figura 15</b> -Detalhamento do projeto instalação hidráulica, projeto inicial, software AutoCad...	47
<b>Figura 16</b> - Planta baixa do projeto instalação sanitária, projeto inicial, software AutoCad.....	47
<b>Figura 17</b> - Planta baixa, projeto base desenvolvido no REVIT.....	49
<b>Figura 18</b> - Planta baixa, sugestão de projeto. ....	49
<b>Figura 19</b> - Planta baixa, onde foi gerado os cortes AB e CD. ....	50
<b>Figura 20</b> - Vistas da edificação em estudo.....	51
<b>Figura 21</b> - Renderização da edificação .....	52
<b>Figura 22</b> - Planta baixa geral modificada de instalação hidráulica.....	54
<b>Figura 23</b> - Isométrico Hidráulico .....	55
<b>Figura 24</b> – Planta baixa geral modificada de instalação sanitária .....	59
<b>Figura 25</b> - Isométrico sanitário .....	59
<b>Figura 26</b> - Isométrico 1, Hidrossanitário 1 .....	60
<b>Figura 27</b> – Isométrico 2, Hidrossanitário 2.....	60
<b>Figura 28</b> - Utilização do comando Clash Detective para verificar interferências .....	61
<b>Figura 29</b> - Interface do comando Clash.....	62

<b>Figura 30</b> - Resultados do teste de colisão do comando Clash Detective .....	62
<b>Figura 31</b> - Incompatibilidade detectada pelo Autodesk Navisworks Detective .....	63
<b>Figura 32</b> - Interferência do forro com a caixa d'água.....	63
<b>Figura 33</b> - Conflito de fácil resolução .....	64
<b>Figura 34</b> - Conflito de fácil resolução .....	64

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> - Origem dos problemas patológicos na construção civil.....	20
<b>Quadro 2</b> - Finalidades e recursos do software Navisworks .....	35
<b>Quadro 3</b> - Diferenças entre AutoCad e Revit.....	40
<b>Quadro 4</b> - Área do empreendimento.....	46
<b>Quadro 5</b> - Quantitativo de materiais resultantes da modelagem arquitetônica.....	53
<b>Quadro 6</b> - Quantitativo de esquadrias.....	53
<b>Quadro 7</b> - Quantitativo de madeiramento.....	54
<b>Quadro 8</b> - Levantamento de Conexões utilizadas na modelagem Hidráulica.....	56
<b>Quadro 9</b> - Quantitativo de tubo rígidos.....	57
<b>Quadro 10</b> - Quantitativo de tubo rígidos .....	57
<b>Quadro 11</b> - Quantitativo de Conexões para Esgoto .....	58

## LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
REVIT	É um software BIM para arquitetura, urbanismo, engenharia e design
BIM	Modelagem da Informação da Construção
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
CAD	Desenho Assistido Por Computador
IFC	Formato de Exportação de Arquivos BIM
2D	Duas Dimensões
3D	Três Dimensões
4D	Quatro Dimensões
5D	Cinco Dimensões
6D	Seis Dimensões
7D	Sete Dimensões
M.C.A	Metro de Coluna d'Água

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>16</b>
1.1.1	Objetivo Geral .....	16
1.1.2	Objetivos específicos.....	16
<b>1.3</b>	<b>Justificativa.....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1</b>	<b>Definição de Projeto .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2</b>	<b>Concepção de projetos .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3</b>	<b>Desenvolvimento de Projetos Hidráulicos E Sanitários.....</b>	<b>22</b>
2.3.1	Sistema Hidráulico .....	22
2.3.2	Sistema Sanitário.....	24
<b>2.4</b>	<b>Fase de Projeto.....</b>	<b>25</b>
<b>2.5</b>	<b>BIM.....</b>	<b>26</b>
2.5.1	Dimensões do Bim .....	29
2.5.2	O IFC e a Interoperabilidade .....	31
2.5.3	Software Revit.....	32
<b>2.5.4</b>	<b>O Bim e a Parametrização dos Modelos.....</b>	<b>32</b>
2.5.5	Templates .....	34
<b>2.6</b>	<b>Software Navisworks.....</b>	<b>34</b>
<b>2.7</b>	<b>Compatibilização de Projetos.....</b>	<b>35</b>
<b>2.8</b>	<b>Decreto Bim.....</b>	<b>37</b>
<b>2.9</b>	<b>Plataforma CAD .....</b>	<b>38</b>
<b>2.10</b>	<b>AutoCAD X Revit .....</b>	<b>38</b>

<b>2.11</b>	<b>Principais Benefícios e Usos do Bim .....</b>	<b>41</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização do Estudo de Caso .....</b>	<b>44</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E ANÁLISES .....</b>	<b>48</b>
<b>4.1</b>	<b>Modelagem Arquitetônica do Empreendimento .....</b>	<b>48</b>
<b>4.2</b>	<b>Modelagem Hidrossanitária da Edificação .....</b>	<b>54</b>
<b>4.2</b>	<b>Modelagem Sanitária .....</b>	<b>57</b>
<b>4.3</b>	<b>Compatibilização de Projetos .....</b>	<b>61</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>65</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>66</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos tempos, percebe-se expressivas mudanças socioeconômicas e competitividade que vem ocorrendo no ramo da construção civil no Brasil, fato este que tem levado a busca das melhorias nos projetos. Segundo o Centro de Tecnologia de Edificações – CTE (2015), a construção civil passa a contar com uma nova demanda de clientes, estando estes mais exigentes quanto a elaboração de projetos, a prazos, custos e eficiência do produto final.

A representação gráfica da edificação mais usual em projeto, ainda é via desenho bidimensional 2D, prevalecendo a metodologia CAD, que não é muito precisa, por representar objetos e propriedades fixas que geram repetições quanto à necessidade de modificação no projeto, ocasionando perda de tempo e dinheiro tanto na fase de projeto quanto na execução. Inserido nesse contexto, este trabalho tem como objetivo a modelagem paramétrica de um projeto existente do autocad para o revit ,remodelando na ferramenta BIM, um projeto residencial elaborado pelo programa "Minha Casa Meu Maranhão".

A utilização do BIM no Brasil teve um impulso do governo federal, após assinar no dia 17 de maio de 2018 um decreto para a criação de estratégias, que visam a disseminação da tecnologia BIM.

O presente trabalho contemplou uma revisão bibliográfica relativa aos conceitos da metodologia BIM, além da elaboração da modelagem dos projetos arquitetônico, hidráulico e sanitário, usando a compatibilização, que é uma das características chaves do BIM. Foi feita uma análise das interferências entre os projetos elaborados e utilizando-se do software Navisworks, onde foi previsto uma proposta para as irregularidades encontradas e no final discutiu-se a viabilidade do uso dos programas e os benefícios que o BIM pode proporcionar para a elaboração de projetos.

## **1.1 Objetivos**

### 1.1.1 Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo principal a modelagem de uma residência do programa “Minha Casa Meu Maranhão” com o uso de software em plataforma BIM, bem como analisar a eficiência do modelo BIM em comparação com a ferramenta CAD.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar a modelagem paramétrica de um projeto existente do autocad para o revit.
- Analisar a eficiência do modelo BIM em comparação com a ferramenta CAD na elaboração dos projetos arquitetônico e hidrossanitário.
- Avaliar resultados e analisar as possíveis vantagens que podem ser alcançados com o uso do Bim, como a elaboração automática de quantitativos de materiais, e a atualização automática de plantas, vistas e cortes.
- Compatibilizar os projetos com o uso do Nawisworks da Autodesk, para uma análise das interferências e possíveis reajustes.

## 1.2 Justificativa

A Construção Civil sempre foi objeto de críticas devido, aos altos custos e baixa produtividade. A causa disso é o fato de que até o século 20 havia um elevado número de obras públicas e poucas exigências relacionadas à qualidade. Os clientes eram pouco acostumados e despreparados para exigir os seus direitos. As construtoras conseguiam obter grandes lucros, pois repassavam facilmente os custos aos clientes através dos produtos (LORENZON; MARTINS, 2006).

O modelo atual de planejamento e execução de obras de construção civil tornou-se ultrapassado ao longo das décadas. É necessário modificar-se as formas de gerenciamento, e tecnologias da construção, que se mostram obsoleto. O BIM emerge nesse cenário a fim de quebrar a fragmentação existente no setor, permitindo a integração entre as diferentes disciplinas de projetos e a fim de reduzir interferências que muitas vezes são identificadas e corrigidas apenas no canteiro de obras, devido ao de modelo de compatibilização ineficaz feito a olho nu através da sobreposição de projetos (VOLPATO, 2015).

Desse modo, a motivação para este trabalho em frente ao cenário atual que o setor da construção civil vem passando, a necessidade de mudança e inovação que a metodologia BIM pode auxiliar nesse processo de adaptação, trazendo mais produtividade e tornando o processo mais eficiente como um todo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Definição de Projeto

O projeto é a fase de planejar, representar e simular o produto final que se deseja obter, ele serve como principal guia para a execução. A representação gráfica é a mediação entre os pensamentos de um projetista com o executor e com todos os envolvidos no empreendimento. Sendo assim é de suma importância que a o ato de projetar tenha em mente que aquela representação será interpretada e executada por uma ou mais equipes. (Lyrio,2015, p.18)

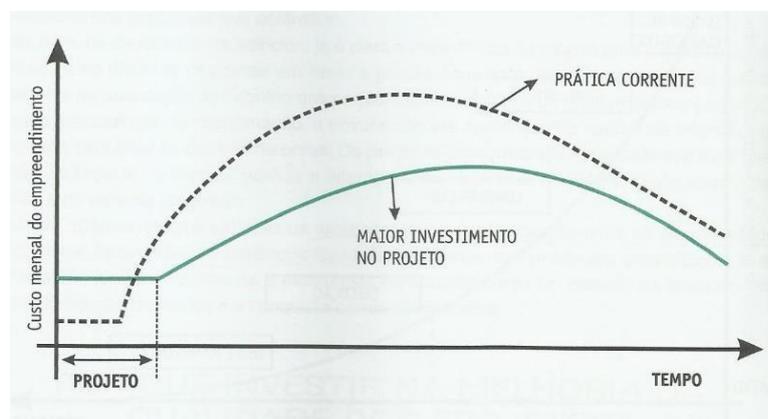
Para Campestrine et al., (2015) projeto é “a fase que antecede a execução das obras que se iniciam normalmente após a definição do estudo de viabilidade técnica-econômica”.

O aperfeiçoamento da metodologia de concepção de projetos, vem se difundindo a cada dia, esse processo visa interação dos envolvidos na construção civil, desde o projetista até o executor. Nesta fase, as principais patologias verificadas em sistemas prediais ocorrem por erros na concepção da edificação, erros de dimensionamento, especificação equivocada de materiais ou ausência de detalhamento dos materiais empregados e falta de detalhamento construtivo de pontos críticos. (GNIPPER, 1993)

Conforme MELHADO (2005), quando a etapa de projeto é pouco valorizada, ocorre perdas durante a execução dos projetos que geram prejuízos no decorrer da obra, através de problemas patológicos atribuídos a falhas de projeto. Se esta fase fosse mais valorizada, haveria menos custos com retrabalhos durante a execução e conseqüentemente menos custos para corrigir patologias, advindas de projetos mal executados, conforme é exemplificado no Gráfico 1.

A Figura 1, apresenta o valor total da obra que está diretamente ligado ao projeto, visto que, quanto maior o investimento na fase de desenho menor será o custo da obra.

Figura 1- Custo do empreendimento na etapa de projeto x Custos de execução

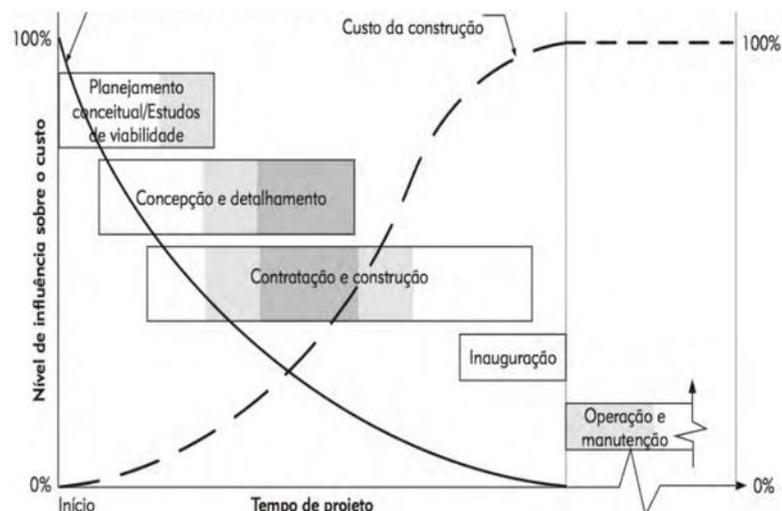


Fonte: Melhado (2005)

Na etapa de projeto, o custo de alterações é muito menor e a capacidade de intervenção no produto final é muito maior. Quando se avalia o custo de alteração na fase de execução, percebe-se que é mais elevado, pois representa desperdício de materiais e mão-de-obra, além da possibilidade de atrasos no planejamento da obra. (Miguel ,2010).

A tecnologia BIM facilita o trabalho simultâneo de múltiplas disciplinas de projeto e exige que as colaborações entre o arquiteto, o empreiteiro e outras disciplinas de projeto ocorram mais cedo dentro do processo de projeto, pois o conhecimento fornecido pelos especialistas é de uso mais intenso (EASTMAN et al., 2014). E quanto mais cedo o BIM for utilizado no processo de projeto, maior será a sua influência sobre os custos do empreendimento, conforme demonstrado no Figura 2:

Figura 2- Nível de influência do custo da edificação



Fonte: Eastman et al, (2014, p.116).

Conforme Abrantes (1995 apud BALEM, 2005), as alterações realizadas na etapa de execução da obra, não previstas em projetos geram gastos complementares que possivelmente podem comprometer o desenvolvimento da edificação, por isso deve-se atentar para fase inicial de projeto onde permite que sejam feitas as devidas correções, evitando assim maior desperdício de tempo. Quadro 1, demonstra as origens de problemas na construção civil e seu percentual de distribuição patológico. De acordo com a referida tabela, observa-se que na fase de projeto as complicações podem atingir até 60% dos problemas patológicos, ou seja ela representa um valioso investimento que futuramente trará retornos proveitosos para a obra.

Quadro 1 - Origem dos problemas patológicos na construção civil

ORIGENS DO PROBLEMA	INDICE PERCENTUAL %
Projeto	60,0
Construção	26,4
Equipamentos	2,1
Outros	11,5
TOTAL	100,0

Fonte: (ABRANTES,1995 apud BALEM, 2005) (Adaptado)

Segundo a NBR 13.531 (ABNT, 1995, p.4), o projeto básico é definido como “Etapa opcional destinada à concepção e a representação das informações técnicas da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, ainda não completas ou definitivas, mas consideradas compatíveis com os projetos básicos das atividades técnicas necessárias e suficientes à licitação (contratação) dos serviços de obra correspondentes.” A mesma norma ainda define projeto executivo como sendo a “Etapa destinada à concepção e à representação final das informações técnicas da edificação e dos seus elementos, instalações e componentes, completas, definitivas, necessárias e suficientes à licitação (contratação) e à execução dos serviços de obra correspondentes”.

O termo projeto é muito utilizado e entendido na construção civil brasileira de diferentes maneiras, a depender do momento e contexto. Segundo Amorim e Gonçalves (1997) o projeto:

- representa um processo de criação;
- um elemento de diálogo com os responsáveis pela execução;
- documento que permanece para análise futura de problemas.

Para Melhado e Agopyan (1995), os principais fatores que influenciaram na evolução do processo de construção foram a utilização da tecnologia, a qualificação e especialização profissional.

Desse modo, pode-se notar que o projeto é um retrato da necessidade do ser humano de abandonar construções com base apenas em conhecimentos empíricos da execução e adotar uma forma de garantir a segurança e funcionalidade de um determinado empreendimento.

## 2.2 Concepção de projetos

A Norma Brasileira – Elaboração de projetos de edificações - atividades técnicas - NBR 13531-95 da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1995, p. 4) define as oito fases da projeção, que vão ser subdivido nas seguintes partes a seguir:

### Levantamento

Consiste na coleta de informações de referência, que descrevem as condições pré-existentes para instruir a elaboração do projeto.

### Programa de necessidades

Determinação das exigências de caráter prescritivo ou de desempenho (necessidades e expectativas dos usuários) a serem feitas pela edificação a ser concebida.

### Estudo de viabilidade

Por meio do Estudo de Viabilidade, as várias soluções possíveis são analisadas, de forma a selecionar aquela que melhor, de um ponto de vista técnico e econômico, atenda às necessidades da população.

### Estudo Preliminar

É destinado à concepção e à representação do conjunto de informações técnicas iniciais e aproximadas, necessários à compreensão da configuração da edificação, podendo incluir soluções alternativas.

### Anteprojeto

É a concepção e à representação das informações técnicas provisórias de detalhamento da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, necessárias ao inter-relacionamento das atividades técnicas de projeto e suficientes à elaboração de estimativas aproximadas de custos e de prazos dos serviços de obra indicados.

### Projeto Legal

Etapa destinada à representação das informações técnicas necessárias à análise e aprovação, pelas autoridades competentes da edificação e de seus elementos e instalações, com base nas exigências legais (municipal, estadual, federal), e à obtenção do alvará ou das licenças e demais documentos indispensáveis para as atividades de construção.

### Projeto Básico

Etapa opcional destinada à concepção e à representação das informações técnicas da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, ainda não completas ou definitivas,

mas consideradas compatíveis com os projetos básicos das atividades técnicas necessárias e suficientes à licitação (contratação) dos serviços de obra correspondentes.

#### Projeto para Execução

Etapa destinada à concepção e à representação final das informações técnicas da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, completas, definitivas, necessárias e suficientes à licitação (contratação) e à execução dos serviços de obra correspondentes.

Segundo Jorge Mikaldo Jr, (2008) a integração entre todos os envolvidos é fundamental para um produto final melhor. Sendo assim fica clara a necessidade de um conhecimento multidisciplinar, capacidade de gerenciar processos e integrar os profissionais.

### **2.3 Desenvolvimento de Projetos Hidráulicos E Sanitários**

Segundo Gnipper (2010), pode-se definir projeto hidráulico sanitário, como sendo um conjunto de componentes das edificações destinados a conduzir, armazenar e distribuir água potável para o consumo humano, permitir sua utilização adequada, c

oletar os correspondentes efluentes e destiná-los a um sistema público de coleta ou dispô-los em forma e em local apropriados, ou ainda proporcionar o seu reuso no próprio edifício. Também se destinam a captar, transportar e dispor adequadamente as águas pluviais incidentes, com ou sem o seu aproveitamento para usos não potáveis no seu edifício.

#### 2.3.1 Sistema Hidráulico

Uma instalação predial de água fria é formada por um conjunto de tubulações, equipamentos, reservatórios e dispositivos, destinados ao abastecimento dos aparelhos e pontos de utilização de água da edificação, em quantidade suficiente, mantendo a qualidade da água fornecida pelo sistema de abastecimento. (PEREIRA, 2017)

O sistema de instalações hidráulicas é composto por vários dispositivos, como tubos, conexões, válvulas, reservatórios, medidores, peças de utilização e outros componentes que vão surgindo com o avanço tecnológico para aumentar a eficiência do mesmo. Tal sistema tem como objetivo básico suprir os usuários de uma edificação com água potável necessária para suas atividades, sendo elas higiênicas, fisiológicas e domésticas diariamente (CEO, 2018).

A norma que fixa as exigências e recomendações relativas a projeto, execução e manutenção da instalação predial de água fria é a NBR 5626, da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). De acordo com a norma, as instalações prediais de água fria devem ser

projetadas de modo que, durante a vida útil do edifício que as contém, atendam aos seguintes requisitos:

- Fornecimento de água contínuo para utilização dos usuários e em quantidade suficiente para cada atividade a ser desenvolvida;
- Armazenamento do maior volume de água ao menor custo possível minimizando os efeitos decorrentes da interrupção do funcionamento do sistema de abastecimento público;
- Limitação de pressões e velocidades como indicados na norma técnica, assegurando a maior durabilidade das instalações, evitando vazamentos e ruídos nas tubulações e aparelhos de utilização;
- Proporcionar conforto aos usuários, prevendo peças de utilização adequadamente localizadas, de fácil operação, com vazões satisfatórias e atendendo às demais exigências do usuário.

Com relação aos parâmetros hidráulicos, a NBR 5626:1998 faz as seguintes recomendações para o dimensionamento:

Pressão Máxima:

- Em condições estáticas (sem escoamento), a pressão da água em qualquer ponto de utilização da rede predial de distribuição não deve ser superior a 400 kPa (40,00 mH<sub>2</sub>O).

Pressão Mínima:

- Para que as peças de utilização tenham um funcionamento perfeito, necessitam de uma pressão mínima de serviço que varia entre 5 kPa a 10 KPa. o
- Velocidade Máxima de Fluxo:
- As tubulações devem ser dimensionadas de modo que a velocidade da água, em qualquer trecho de tubulação, não atinja valores superiores a 3 m/s

É de suma importância tomar cuidados para que as instalações de água fria não conduzam água com padrão de potabilidade comprometido, de forma a não ocasionar risco para a saúde humana.

### 2.3.2 Sistema Sanitário

A norma brasileira que trata de instalações de esgoto sanitário, a ABNT NBR 8160:1999, define que o sistema de esgoto sanitário tem por função básica coletar e conduzir despejos provenientes do uso adequado dos aparelhos sanitários a um destino apropriado.

Ao projetar uma instalação de esgoto sanitário para uma edificação deve-se considerar alguns pontos importantes para garantir o bom funcionamento da rede e a não contaminação da água potável. Um projeto de instalações de esgoto, segundo a ABNT NBR 8160:1999, deve atender os seguintes requisitos:

- Garantir a proteção dos sistemas de suprimento de água e de equipamentos sanitários a fim de não contaminar a água e não comprometer o consumo da mesma, logo os sistemas de água fria e de água pluvial não podem ter qualquer tipo de ligação;
- Permitir o rápido escoamento dos despejos sem que haja vazamentos ou acúmulo dos mesmos ocasionando o entupimento dos encanamentos;
- Impedir que os gases formados no interior da rede alcancem os aparelhos de utilização, impossibilitar que corpos estranhos, como animais, entrem no interior do sistema de esgoto sanitário e impedir que os despejos introduzidos nos esgotos acessem o subsistema de ventilação;
- Garantir que os componentes que formam a rede de esgoto sejam facilmente inspecionáveis e que os aparelhos sanitários sejam fixados com peças que facilitem sua retirada para eventuais manutenções.

Segundo Macintyre (1996), o sistema de esgoto sanitário é dividido em duas seções bem distintas, sendo a primeira chamada de esgoto primário e a outra de esgoto secundário. O esgoto primário é compreendido na seção conectada ao coletor público, englobando as tubulações, dispositivos e aparelhos sanitários em que há a presença de gases provenientes desse coletor. Já o esgoto secundário é a seção desconectada do coletor público, compreendendo as tubulações, dispositivos e aparelhos sanitários que não tem contato com os gases derivadas desse coletor.

A norma ABNT NBR 8160:1999 menciona critério que devem ser levadas em consideração na elaboração do projeto e execução do mesmo. O projeto deste subsistema não deverá permitir a entrada de esgoto sanitário na tubulação de ventilação, sendo necessário que as canalizações tenham um aclave mínimo de 1%, pois se porventura qualquer líquido venha entrar na tubulação, ele irá escoar por gravidade retornando para o ramal de esgoto ou descarga, no qual originou-se.

Outros critérios que a referida NBR recomenda são:

- Os elementos do sistema de esgoto sanitário devem apresentar declividade constante para que os efluentes escoem por gravidade, no qual é recomendado uma declividade mínima de 2% para tubulações inferiores a 75 mm e 1% para tubulações superiores a 100 mm;
- As mudanças de direção horizontal devem ser limitadas a curvas de no máximo 45° e as mudanças de direção vertical a no máximo 90°.

## **2.4 Fase de Projeto**

As falhas nos Sistemas Prediais Hidráulicos (SPH) também têm em grande parte origem na etapa de projetos, em particular na falta de compatibilização dos SPH com outros subsistemas.

De forma geral o projeto é direta ou indiretamente ligado a patologias da construção civil e no Brasil isto se acentua, tendo em vista que a etapa de projetos é constantemente tratada com descaso. Grandes melhorias podem ser obtidas na qualidade da construção apenas como reflexo da qualidade dos projetistas, pois é na fase de projeto que as decisões que terão maior impacto nos custos, velocidade e qualidade do empreendimento serão tomadas. Os projetos também estão diretamente ligados à especificação de materiais e, portanto, a durabilidade de um produto e possíveis custos adicionais de manutenção.

Conforme Grunau (1988) *apud* Soares (2010):

Uma das principais causas de patologias são falhas de projeto uma vez que muitas empresas optam pela elaboração do projeto de forma rápida e superficial visando dar início às obras o quanto antes possível, levando os profissionais a tomarem decisões imediatas no canteiro de obras, de forma impensada e emergencial, podendo com isso, ocasionar grandes falhas no processo. Quando elaborados, muitas vezes os projetos são fontes de patologias por falta de compatibilidade entre os mesmos ou falta de especificação adequada dos materiais a serem empregados.

## 2.5 BIM

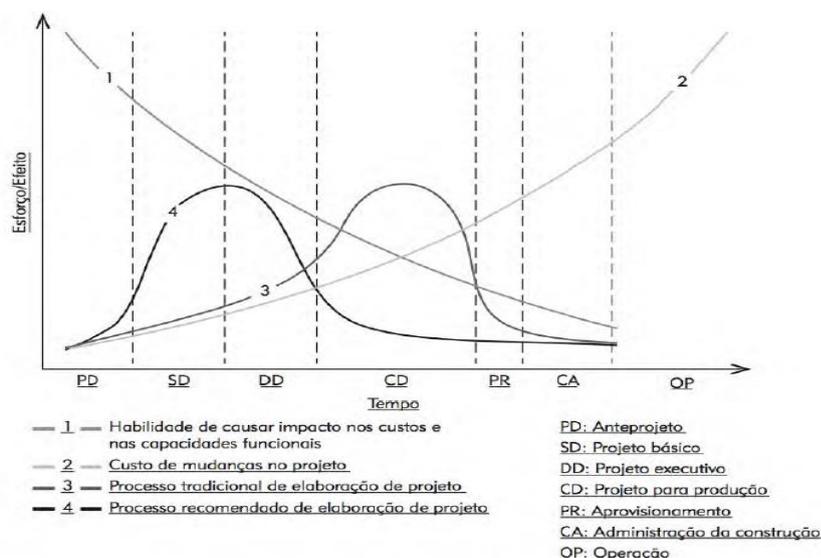
O BIM (Building Information Modeling) ou Modelagem da Informação na Construção, é um processo mais eficiente de planejar, projetar, construir e gerenciar empreendimento por meio de modelos computacionais inteligentes. É uma nova forma de abordar o projeto e documentação para a construção, por meio da modelagem e gestão não apenas de desenhos, mas também de informação. Onde se permite a geração automática de desenhos e relatórios, análise de projeto, simulação de programação, gestão de instalações e, a construção de informações mais precisas para tomadas de decisão e, conseqüente, uma melhor construção de edifícios (BENTLEY, 2010).

A Plataforma BIM envolve uma modelagem tridimensional para informar e comunicar as decisões do projeto, design, visualização e simulação. A compatibilização é uma das características chaves do BIM, permitindo verificar ação de interferências, a possibilidade de realização de simulação de desempenho, a elaboração automática de quantitativos de materiais, a atualização automática de plantas e cortes a partir da mudança do modelo e de cronograma e as conseqüentes reduções de conflitos, retrabalhos, prazos, riscos e despesas (ANDRADE; RUSCHEL, 2009; CHECCUCCI; PEREIRA; AMORIN, 2013; CRESPO; RUSCHEL, 2007).

A plataforma BIM difere da plataforma CAD pelo fato de não só apenas documentar, mas também de conceber informações da modelagem (quantitativo de materiais, tipos de materiais, e etc.). Visto que, permite se usufruir dos elementos paramétricos, contribuindo assim para o aumento da produtividade e racionalização do processo, além de possuir uma vasta base de dados (CRESPO, 2007). Os softwares que apenas apresentam modelos 3D, não são softwares em plataforma BIM, uma vez que, permitem apenas visualização gráfica do modelo (EASTMAN, 2014).

A capacidade de automatização padronizada do BIM, resulta em ganho de tempo para elaboração de documentos para a construção. A Figura 3, ilustra a relação entre o esforço de projeto e tempo.

Figura 2 - Relação entre esforço de projeto e tempo



Fonte: Eastman, (2014, p.169).

De acordo com a Figura 3, pode-se constatar que, a linha 3, representa a forma tradicional de se projetar, levando em consideração que, o esforço gerado na etapa CD é bastante considerável se comparado com o processo de concepção de projeto com uso da plataforma BIM, representado pela linha 4. Qualquer mudança de projeto no processo tradicional implicará no aumento de gastos que é gradativo a cada etapa de projeto. Para Eastman (2014, p.153), “o diagrama enfatiza os impactos iniciais de projeto, sobre a funcionalidade geral, custos e benefícios do empreendimento [...]”.

Os clientes estão cada vez mais exigentes quanto a prazos, custos e eficiência do produto final. Segundo o Centro de Tecnologia de Edificações – CTE (2015), a fim de atender com eficiência ao aumento da escala de negócios e as novas demandas de clientes na construção, as empresas deverão remodelar a forma a gerir e aperfeiçoar seus resultados, desempenho e produtividade.

Para Farr et al. (2014), o impacto do BIM é maior na fase conceitual de um projeto, por suportar uma maior integração e melhor avaliação para decisões de design inicial. Na sequência, o impacto aborda o nível de construção da modelagem, detalhamento, especificações e estimativas de custos, e finalmente, a integração de serviços de engenharia e suporte em novas informações de fluxos de trabalho e integração colaborativa.

Portanto, mais do que uma inovação para o mercado, a disseminação do BIM deve se constituir como uma estratégia de governo para alavancar a industrialização do setor da construção

e, com isso, obter resultados significativos em termos de produtividade, sustentabilidade, controle, transparência e otimização da alocação de gastos públicos com obras.

Para Eastman et al. (2008) a modelagem paramétrica e interoperabilidade, duas das principais tecnologias presentes na BIM, as diferenciam dos sistemas de CAD tradicionais. A primeira permite representar os objetos por parâmetros e regras associados à sua geometria, bem como incorporar propriedades não geométricas e características aos objetos. Já a interoperabilidade é uma condição para o desenvolvimento da prática integrada.

O método apresenta benefícios significativos, em relação à agilidade de prazo para entrega de edifícios com maior qualidade e melhor desempenho. A ferramenta BIM, uma vez operada em sincronia com as partes relacionadas do projeto (proprietário, arquiteto, engenheiro e construtor), reduz erros e omissões de projeto e modificações em obra, acarretando em um processo de entrega mais eficiente e confiável, que reduz o prazo e propicia um empreendimento menos oneroso (Eastman et al., 2014).

Segundo Florio (2007), apesar de serem significativas as representações dos desenhos CAD tradicionais, os modelos convencionais contêm poucas informações úteis para quantificar e classificar os elementos para construção, pois os mesmos não contêm informações inerentes aos elementos construtivos tais como portas, janelas, escadas e lajes, pois não podem ser computados pelo programa gráfico. No caso da BIM, as informações são computáveis porque a modelagem é composta por:

- geometria dos elementos que compõem o edifício, onde os atributos são armazenados, exibindo suas configurações em três dimensões e, desta forma, com maior quantidade de informação que os modelos CAD tradicionais;
- elementos paramétricos que são interconectados e integrados espacialmente, onde as alterações realizadas, automaticamente, repercutem em todo o projeto;
- um processo que tende a diminuir os conflitos entre os elementos construtivos, para facilitar a compreensão da articulação entre esses elementos, facilitar as revisões aumentando a produtividade.

Segundo Sena (2012), um projeto feito em BIM diferencia-se do tradicional por ser constituído em geral de um único arquivo que simula a construção real. Este modelo teria todas as informações necessárias e dele poderia se extrair vistas, cortes e detalhes do projeto. Outro ponto importante é que o modelo BIM pode receber contribuições simultâneas de todos os envolvidos no

projeto, uma grande vantagem sobre o modelo tradicional que exige uma transferência lenta e burocrática entre os projetistas das diferentes disciplinas.

### 2.5.1 Dimensões do Bim

A utilização do BIM nos projetos possuem diferentes níveis, dependendo dos interesses dos gestores, o emprego do BIM 3, 4, 5, 6 e 7D potencializa as vantagens competitivas com relação às práticas tradicionais na indústria da construção, pois permitem uma maior integração dos processos envolvidos durante a vida útil do empreendimento, como pode ser ilustrado pela Figura 4.

Figura 4- Ciclo de vida da infraestrutura



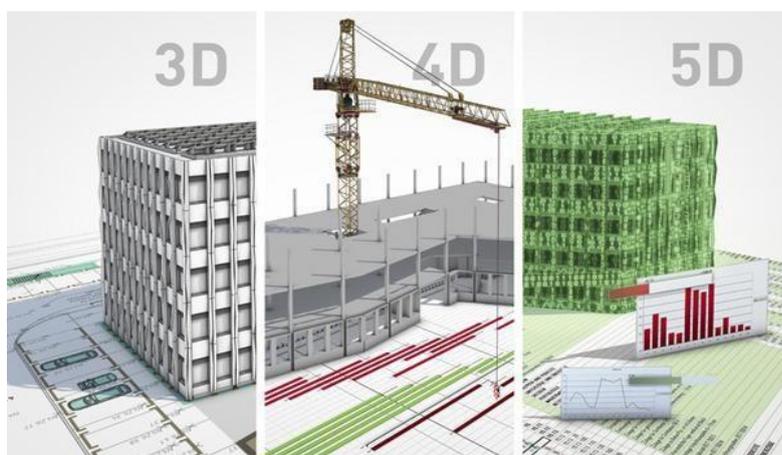
Fonte: Autodesk Infra Brasil (2016)

O objetivo principal do BIM 3D é a elaboração do projeto em três dimensões utilizando por exemplo o Revit, no BIM 4D a finalidade é a vinculação desse modelo 3D ao planejamento da obra. O planejamento pode ser realizado em sistemas computacionais para essa finalidade, como por exemplo no Primavera ou no Microsoft Project. E então, utiliza-se outros softwares capazes de atribuir cada etapa desse planejamento à modelagem 3D. O resultado é uma animação gráfica sequencial da obra, o que facilita o entendimento e acompanhamento do projeto.

Enquanto que o BIM 5D é uma extensão do BIM 4D em que informações dos custos são incluídos conforme a modelagem dos elementos. Assim, o processo de orçamento se torna mais fácil, pois templates (modelos) podem ser criados e atribuídos para repetições de serviços em novos projetos, o que contribui para que o orçamento final da obra seja realizado de forma mais rápida.

A Figura 2 apresenta uma visão geral das modelagens vistas até o momento. O BIM 3D é ilustrado pelo o desenho da edificação. No BIM 4D, o planejamento é vinculado ao modelo 3D. E por último, informações de custos são incluídos na modelagem 5D.

Figura 5 - Visão geral dos modelos 3, 4, e 5D



Fonte: Tekla (2016)

O desenvolvimento tecnológico de novos hardwares, especialmente de dispositivos de mão e de computadores portáteis, está contribuindo para a aproximação entre o mundo virtual do BIM com o mundo físico da construção. No BIM 6D, o modelo virtual é realimentado conforme as alterações ocorrem in loco. Quando se trata de uma edificação já em uso, a utilização do BIM 6D por meio de bancos de dados, contribui para um maior controle da manutenção e da garantia dos equipamentos.

E por último, o objetivo do BIM 7D é de auxiliar na execução de análises da eficiência energética do empreendimento. A utilização da tecnologia 7D pode resultar em uma estimativa mais completa e precisa ainda nos estágios iniciais do processo de design. São também realizadas medições e verificações durante a ocupação dos edifícios, e os procedimentos são melhorados por meio de lições aprendidas em instalações de alta performance. Esses modelos de simulação contribuem para uma redução geral no consumo de energia, visando assim, a elaboração de projetos mais sustentáveis.

As diferentes possibilidades de aplicação do BIM em projetos, as quais são representados pelas versões de 3 ao 7D, sugere que o processo está em expansão. Muitos autores afirmam que a transformação que o BIM traz para a indústria da construção é um caminho sem volta. Pode-se dizer que é algo semelhante ao que aconteceu no passado quando engenheiros, arquitetos e demais profissionais da área começaram a utilizar programas CAD com maior frequência, enquanto que os projetos desenhados à mão se tornavam cada vez mais escassos.

## 2.5.2 O IFC e a Interoperabilidade

Segundo Eastman et al. (2008), o IFC (Industry Foundation Classes - formato de exportação de arquivos BIM ) foi desenvolvido para criar uma vasta seleção de representações do Bim, para serem intercomunicadas entre diversos programas computacionais de uma mesma suite, os projetistas conseguem ter acesso instantâneo ao modelo completo. Assim, falhas vão sendo corrigidas e o projeto final se torna um produto com maior qualidade e pode ser executado de maneira eficiente e sem retrabalho.

A McGraw Hill Construction estimou ainda que 3,1% dos custos dos projetos são relacionados apenas com problemas de interoperabilidade entre softwares. O IFC é uma extensão universal, demonstrado na Figura 6 que através dessa extensão permite os profissionais integre as disciplinas envolvidas, podendo realizar alterações nos dados do protótipo de acordo com o projeto específico de maneira colaborativa e ágil, permitindo o fluxo integrado de informações em tempo real no processo de produção do projeto.

Figura 6 - Ifc uma extensão global



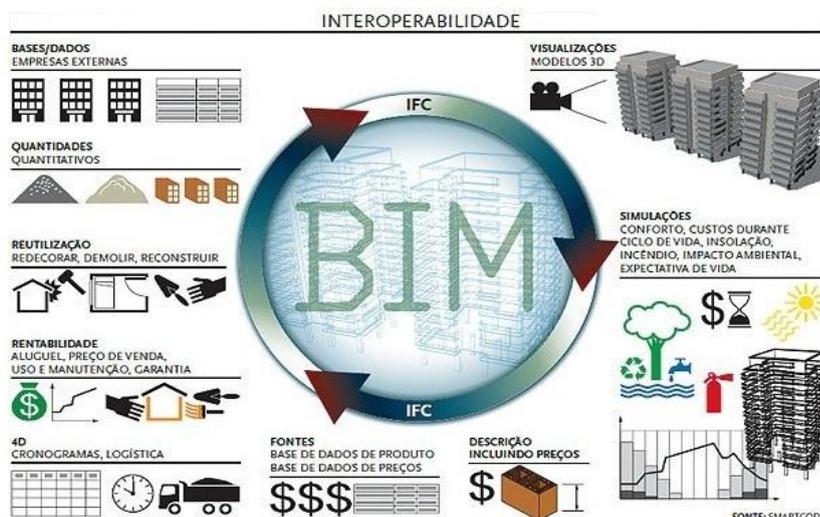
Fonte: ProcessoBim (2018)

Andrade e Ruschel (2009) ressaltam que a interoperabilidade reduz a duplicidade de informações e esforços facilitando a fluidez do fluxo de trabalho entre as interdisciplinaridades permitindo a troca rápida de informações durante o projeto a um nível satisfatório.

A Figura 7 nos remete a vários profissionais atuando de forma conjunta em um mesmo projeto. Todas as áreas desde arquitetura e instalações até o setor financeiro e de gerenciamento de

segurança podem trabalhar em um só ambiente. Desta forma, a troca de informações neste mesmo formato é indispensável.

Figura 7 - Interoperabilidade



Fonte: Revista AU, julho/2011

### 2.5.3 Software Revit

O Revit foi elaborado pela Autodesk e fornecido para o uso em 2002, se tornou líder no mercado para o uso em projetos de arquitetura por ser o mais conhecido, e permitir a realização de simulações de análises de energia e de cargas (EASTMAN et al, 2018). Segundo Eastman et al (2018), “O Revit é uma família de produtos integrados que atualmente inclui o Revit Architecture, o Revit Structure, e o Revit MEP [...]”.

O Revit é um software BIM que trabalha baseado em princípios paramétricos, e possui uma vasta biblioteca de famílias em suas diversificadas disciplinas (arquitetura, hidro sanitário e elétrico), as bibliotecas são elaboradas por terceiros (fabricantes das matérias, arquitetos e design). Tais famílias permitem ser editadas tanto em dimensão quanto em informações relativas do material (propriedades térmicas, físicas, e de identidade).

### 2.5.4 O Bim e a Parametrização dos Modelos

Para Ayres (2009) existem tipos diferentes de parâmetros: os que são capazes de armazenar informações sobre as formas dos elementos, posição, dimensões e os que armazenam características dos elementos como material, requisitos legais, preço, fabricante etc.

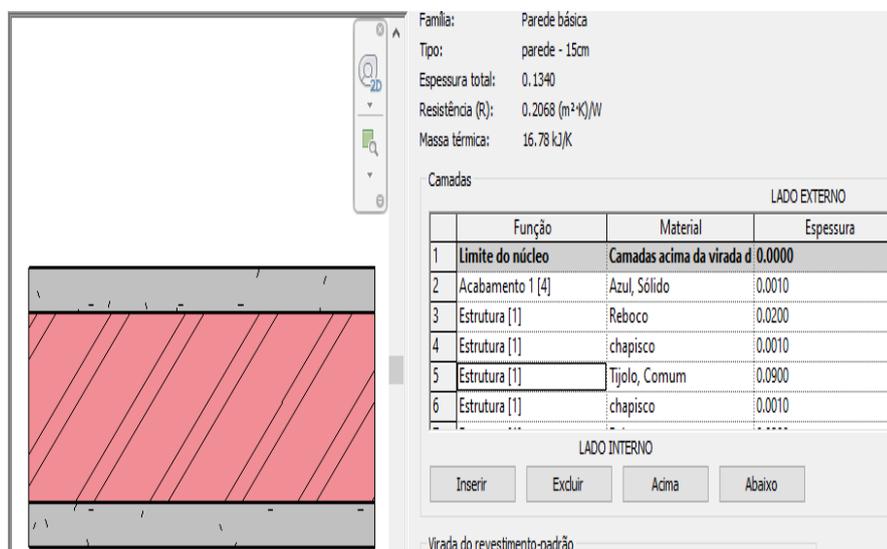
A modelagem paramétrica dita à geometria dos objetos podem conter uma gama de propriedades conforme o projetista necessitar, por exemplo, a representação gráfica de uma parede deixa de ser apenas uma linha e passa a ser um elemento .

De acordo com Eastman et al. (2008), objetos paramétricos possuem formas geométricas ligadas a regras e dados, estas regras modificam automaticamente a geometria dos objetos ao serem inseridos no modelo, bem como os objetos tem capacidade de se ligar e agregar uma inúmera quantidade de informações e atributos. Além disso, o usuário ainda pode desenvolver e modelar seus propios objetos paramétricos.

Nos sistemas CAD-BIM, os componentes do edifício são objetos digitais codificados que descrevem e representam os componentes do edifício real. Por exemplo, uma parede que é um objeto com propriedades de paredes e age como uma parede, ou seja, o objeto é representado por dimensões como comprimento, largura e altura além de possuir atributos parametrizáveis como materiais, finalidade, especificações, fabricante e preço (CRESPO E RUSCHEL, 2007).

Uma forma de entendermos como funciona a modelagem paramétrica é examinando a estrutura de uma “família” de paredes, como observado na Figura 8, que apresenta a imagem de uma parede com seus atributos, gerados de forma parametrizada, ou seja, nos softwares BIM, o desenho é "inteligente". Ao desenhar a parede, o projetista deve atribuir-lhe propriedades - tipo de blocos, dimensões, tipo de revestimento, fabricantes etc., que são salvas no banco de dados. A partir dele, é armazenando as características e informações dos elementos como dimensões e a composições das camadas constituídas de pintura, reboco e chapisco.

Figura 8 - Imagem de uma família de paredes com superfícies integrantes



Fonte: Autor (2019)

### 2.5.5 Templates

Vale salientar que Softwares que trabalham na linguagem BIM permitem também o trabalho com templates específicos para cada disciplina, como arquitetura, hidráulica, estrutura ou instalações elétricas, esses templates são modelos pré-formatados e vazios que possuem parâmetros iniciais, de forma análoga as famílias, estes parâmetros iniciais podem variar e conter inúmeras informações previamente adicionadas.

Essa ferramenta evita que para todo arquivo novo tenha que inserir a configuração do projeto, assim economiza tempo na produção projetual. A partir dele vem pré-configurado as dimensões da família de parede do template facilitando a modelagem dessa estrutura e reduzindo o tempo, ou seja, aumentando a produtividade. Sendo assim, devem ser estruturados para manter o trabalho organizado e reduzir distorções entre projetos de diferentes equipes, sendo importantes aliados à eficiência produtiva.

## 2.6 Software Navisworks

O Navisworks é um software desenvolvido pela Autodesk que permite a integração dos profissionais de engenharia, arquitetura e construção, através de um modelo completo de projeto. Este modelo possibilita a vinculação da arquitetura e engenharia (arquitetônico, estrutural, elétrico e hidro sanitário), desenvolvidos pelos profissionais habilitados de cada área específica em único modelo de projeto, ao qual será analisado e comprovado a existência de quaisquer interferências entre as modalidades anexadas, sendo assim possível controlar os resultados do projeto (AUTODESK, 2018).

Esse software fornece ferramentas avançadas, para simulação e poderosos recursos para ajudá-lo a comunicar melhor as informações do projeto. Dados de projetos multidisciplinares criados em ampla escala de aplicativos de modelagem de informações de construção (BIM), projeto de plantas de processo pode ser combinados em um único modelo de projeto integrado. Recursos de tabela completa, custo, animação e a visualização auxiliam os usuários a demonstrar a intenção do projeto e a simular a construção, a fim de ajudar a aprimorar a visão e a previsibilidade. A navegação em tempo real é combinada com um conjunto de ferramentas de revisão para suportar a colaboração entre a equipe do projeto

O quadro 3 permite compreender que o software Navisworks se sobressai se comparado ao método tradicional de compatibilização de projetos, sendo que no método de contabilização

tradicional são sobrepostos os projetos, impresso ou no próprio AutoCad, o que dificulta a visualização e a detecção de possíveis interferências.

Quadro 2 – Finalidades e recursos do software Navisworks

Produtos	Navisworks
Ferramentas	Ferramenta com base em modelos 3D inteligentes
Coordenação	Permite interação com os softwares, AutoCad, Revit e Repcap
Análise	Detecta conflitos e coordena modelos de projeto
Funcionalidade	Funcionalidade de fácil aprendizado
Combinação	Agrega dados em um único modelo
Representação	Simulação e animação do modelo

Fonte: Adaptado de Autodesk (2018)

A junção de disciplinas no software Navisworks só é possível graças a modelagem paramétrica dos elementos, pois identifica o tipo de elemento a ser inserido e a que disciplina ele pertence (componente estrutural, arquitetônico, elétrico ou hidro sanitário.). Desta forma, o software realiza as análises a partir de dados resultantes de cada disciplina, que são agregados e verificado se a sobreposição entre os mesmos.

## 2.7 Compatibilização de Projetos

Apesar do grande avanço tecnológico da produção de projetos alcançado pela construção civil nos últimos anos ainda é comum, a prática da execução de um projeto sem que haja uma compatibilização das disciplinas do mesmo, podendo trazer inúmeros fatores negativos que vão desde o retrabalho até a má qualidade da edificação.

Para Rodriguez e Heineck (2001) a compatibilização deve ocorrer em diversas etapas do projeto analisando uma integração geral das soluções e até mesmo uma análise geométrica das mesmas.

A Figura 9, representa o processo de colaboração de projetos, no qual existe uma ordem sequencial de atuação de cada disciplina. Inicialmente desenvolvia o projeto arquitetônico, logo após pela estrutura, e só com o estabelecimento das soluções dessas disciplinas as demais começava seus trabalhos. Esse andamento se repetia a cada nova fase do projeto.

Figura 9 - Processo de trabalho em CAD



Fonte: Guia Asbeabim (2015)

Esse processo resultava em incompatibilidades frequentes, somente detectadas em análises específicas de compatibilização de projetos que ocorriam sempre ao final dos trabalhos.

O processo BIM permite a colaboração demonstrada na Figura 10 em que diversos projetistas conseguem ter acesso instantâneo ao modelo completo. Assim, falhas vão sendo corrigidas e o projeto final se torna um produto com maior qualidade e pode ser executado de maneira eficiente e sem retrabalho. O que faz com que a compatibilização ocorra em grande parte, ao longo do processo.

Figura 10 - Trabalho colaborativo



Fonte: Guia Asbeabim (2015)

Para Picchi (1993), compatibilizar projetos representa sobrepor vários projetos e identificar as interferências, assim como reunir os diversos projetistas envolvidos para resolver as interferências encontradas.

A organização dos modelos, os responsáveis pela modelagem de cada componente da construção, o local onde os modelos serão armazenados e como os modelos estarão articulados deverão ser acordados nos procedimentos de colaboração, para se aproximar ao máximo do ideal do processo BIM.

A compatibilidade é definida como atributo do projeto cujos componentes dos sistemas ocupam espaços que não conflitam entre si e, além disso, que possui dados compartilhados com consistência e confiabilidade até o final do processo de projeto e obra (GRAZIANO, 2003).

Callegari e Barth (2007) dizem que durante o processo de elaboração de projetos a compatibilização permite a troca de informações entre os mesmos, corrigindo e aumentando a eficiência do conjunto. Sendo assim, novos projetos elaborados terão uma menor incerteza construtiva. Esta análise permite a melhoria da qualidade, onde ações corretivas ajudam a aperfeiçoar e melhorar continuamente os sistemas construtivos.

## **2.8 Decreto Bim**

No Brasil, foi instituído o Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018, tornando-se oficializado a Estratégia Nacional para a Disseminação do Building Information Modeling (BIM), com finalidade de proporcionar um ambiente adequado ao investimento desta metodologia e sua disseminação no Brasil.

O uso do Building Information Modelling (BIM) será obrigatório a partir de 2021 nos projetos e construções brasileiras. Para Castro (2019) essa implantação se dará em três fases. Sendo que na primeira, a partir de 2021 que irá englobar os projetos de arquitetura e engenharia para novas construções ou ampliações. Nesse sentido, será obrigatório o uso da metodologia BIM para a elaboração de projetos arquitetônicos, estruturais, hidráulica, elétrica e AVAC, para que deles possam ser extraídos quantitativos e gráficos referente a esses modelos. A partir de janeiro de 2024 começará a segunda fase que é referente à execução direta e indireta desses projetos. Essa fase também irá abranger os itens da fase anterior e ainda orçamentação, planejamento, execução e atualização do modelo no formato “as built”. E por fim, a terceira fase que iniciará a partir de 2028, que torna obrigatório além dos itens observados nas fases anteriores, os serviços de gerenciamento e de manutenção do empreendimento após sua construção, cujos projetos de arquitetura e engenharia e obras tenham sido realizados ou executados com aplicação do BIM.

Segundo estudos da ABDI (2018), a partir do momento em que o BIM for implantado por completo, poderá haver uma redução dos custos totais da obra em até 9,7% e de até 20% dos custos com insumos, e ainda um aumento de 10% na capacidade de produção.

## 2.9 Plataforma CAD

Segundo Pacheco et al ( 2017, p.19), o software AutoCad foi arquitetado e cedido ao uso pela Autodesk por volta de 1982, porém, houve uma mudança de paradigmas do desenho técnico: popularizando-se os softwares que permitiam representar os mesmos objetos de forma digital e com precisão maior: os softwares CAD [...]", tal argumento favorece ao entendimento que, o CAD proporcionou a evolução da forma de representação de desenho técnico, visto que, a forma utilizada para exibição dos projetos eram tradicionais (feitos a mão), assim obtendo vantagem sobre a forma inicial de projeto. O CAD, do inglês Computer Aided Design, significa em tradução livre "desenho assistido por computador", abrange diversos softwares, tais como: AutoCad, ArchiCad, VectorWorks dentre outros utilizados na engenharia. (PACHECO et al ,2017).

O mercado AEC já enfrenta uma renovação que demanda mudanças dos processos, tal como uma mudança de paradigma: alterando a documentação baseada em tecnologia bidimensional para o protótipo paramétrico e fluxo de trabalho colaborativo. Os processos produzidos através de maneira tradicional desencadeiam situações suscetíveis à falha, inconsistência, insegurança e por muitas vezes, produções repetitivas. Tais situações fazem com que haja perda considerável do valor das informações do projeto (Eastman et al., 2014).

## 2.10 AutoCAD X Revit

A escolha do software desejado para se trabalhar, ou seja, elaborar os projetos de arquitetura, engenharia e construção, está efetivamente ligada à sua funcionalidade. Para Eastman et al (2018), "o BIM é um modelo coordenado e rico em informações [...]", através deste argumento pode se compreender que, a aplicação de softwares BIM em escritórios de engenharia, arquitetura e construção, alavancaria o nível de apresentação do projeto, diminuiria o tempo de concepção e possivelmente reduziria os gastos, visto que, o BIM compreende todo o ciclo de vida das edificações, não possíveis em softwares CAD, que apenas geram documentação.

O fluxograma da Figura 11, representa toda a etapa de geração de uma edificação pelo software Revit, compreendendo desde a etapa inicial de projeto até a sua demolição. A primeira etapa atinge as informações resultantes da modelagem 3D, que permitiram o desenvolvimento do cronograma de obra através da denominada modelagem 4D, as informações obtidas a cada etapa são de relevante importância, visto que, cada etapa de modelagem propicia a o surgimento de uma nova modelagem, como e o caso da modelagem 5D que envolve a parte orçamentaria da obra e

sucedem a modelagem 4D. Já a modelagem 6D é responsável pela manutenção e operação da edificação (BALEM, 2005).

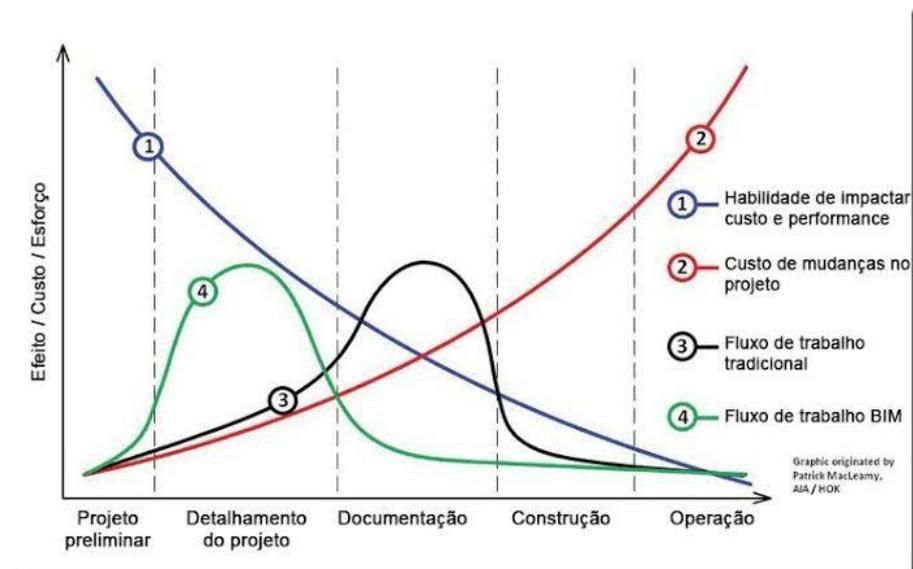
Figura 11 - Fluxograma BIM



Fonte: (AUTODESK REVIT 2016, apud BALEM, 2005)

A Figura 12, conhecido como “Curva de MacLeamy” é focado na construção civil, no qual é possível avaliar a problemática no processo tradicional de elaboração de projeto em face da habilidade de alterações e dos custos de alterações das diversas etapas do projeto. No processo recomendado no gráfico, compatível com o processo BIM, é possível perceber um adiantamento das decisões, ocasionando menores custos nas alterações e maior habilidade de controlar o custo e o escopo do projeto.

Figura 12 – Comparação entre o Tempo-Esforço do processo tradicional de produção de projeto e do processo BIM



Fonte: Adaptado de Curt (2004)

A Autodesk disponibiliza em seu site as principais diferenças entre o Autocad e Revit, e sobre suas finalidades e recursos, que podem ser observadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Diferenças entre AutoCad e Revit

Item	AutoCad	Revit
Documentação	Obtida manualmente.	Obtida automaticamente.
Elaboração de projeto	Processo de concepção de projeto mais lento, devido haver retrabalhos durante esta etapa	Processo de concepção de projeto mais rápido, devido a parametrização de suas famílias.
Fluxo de trabalho	Suporta um fluxo de trabalho de desenho, no qual são criados e editados desenhos individuais de forma independente.	Suporta um fluxo de trabalho de modelagem, em que os itens de engenharia, como desenhos e tabelas, vêm diretamente a partir de um único modelo unificado. As alterações são refletidas em todas as vistas do modelo, e elementos adjacentes/conectados são atualizados automaticamente.
Detalhamento	Menor nível de detalhamento	Maior nível de detalhamento
Apresentação visual	Apresentação visual em forma de desenhos, feitos à base linhas.	Apresentação visual aproximada do real, baseada em objetos paramétricos
Exportação	Não exporta informações de projeto (como por exemplo tabelas de quantitativos).	Exporta informações de modelagem por meio de arquivos txt. (tabelas de componentes sanitários por exemplo).
Suporte a DWG	Suporte nativo a arquivos DWG -suportando um fluxo de trabalho legado em que há inúmeros arquivos DWG	Importar e exportar arquivos DWG

Fonte: Adaptado de Autodesk (2018)

Quando o projeto é desenvolvido buscando-se a qualidade final e resolvendo os problemas de futuras alterações ainda na fase da concepção ou do projeto, os ganhos são enormes. Metodologias de trabalho vêm sendo desenvolvidas para otimizar o processo de correção de falhas na produção de projetos de engenharia. A Engenharia Simultânea é uma metodologia de projeto

que busca a integração de recursos e especialidades objetivando a redução do tempo e do custo de produção e aumento da qualidade do produto final (PERALTA, 2002).

## **2.11 Principais Benefícios e Usos do Bim**

De acordo com McGraw Hill (2009) a maioria dos usuários BIM relata retorno positivo nos seus investimentos feitos. Em troca do tempo e despesas dedicados para fazer a implantação do BIM no seu trabalho, usuários ganham uma variedade de benefícios que podem incluir aumento de produtividade, melhoria da qualidade, aumento de oportunidades para novos negócios e em geral melhores resultados da execução do projeto.

As principais vantagens da metodologia Bim segundo Eastman et al. (2008), são:

Benefícios pré-construção para o cliente:

- a) Preservação da qualidade e do desempenho da construção, viabilizada pelo uso de análises e estudos para constatação se o edifício cumpre os requerimentos funcionais e de sustentabilidade;
- b) São feitos estudos preliminares para estipular a viabilidade do empreendimento utilizando-se de modelos preliminares mais básicos, para gerar estimativas de custos mais confiáveis.

Benefícios de Projeto:

- a) Visualização antecipada e mais precisa de um projeto, com a garantia de que o modelo tridimensional elaborado é confiável e de onde é possível extrair informações precisas sobre qualquer elemento gráfico pertencente ao modelo;
- b) Correções automáticas quando mudanças são feitas no projeto;
- c) Colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas de projeto, evitando erros e omissões na etapa de projeto;
- d) Geração de quantitativos durante a elaboração do projeto;
- e) Melhoria da eficiência e sustentabilidade do modelo;

Benefícios após a construção:

- a) Melhor comissionamento e entrega das informações da instalação, devido à ligação entre as informações levantadas durante o processo construtivo (materiais instalados e manutenção dos sistemas) e o próprio modelo desenvolvido. Com isso, permite-se ao proprietário, ao receber a instalação, gerenciar de forma mais eficiente o empreendimento e se o seu funcionamento está conforme o esperado.

b) Propicia, na conclusão da obra, um “*as built*” bastante fiel à realidade, que servirá de ponto inicial para a operação do local. Além disso, sensores podem ser ligados a elementos específicos do modelo para que alguns parâmetros sejam controlados em tempo real, bem como podem ser instalados sistemas de monitoramento e operação remotos.

### 3 METODOLOGIA

O presente trabalho tem uma metodologia fundamentando-se na proposta de Vergara (2016), quanto aos fins, o trabalho é classificado como bibliográfico, consistindo na coleta de informações a partir de textos, livros, artigos e demais materiais de caráter científico; descritivo, cuja principal finalidade é a análise das características de fatos ou fenômenos; e explicativa, por ser uma tentativa de conectar as ideias e fatores identificados para compreender as causas e efeitos de determinado fenômeno.

No primeiro momento deste trabalho, foi feita uma análise documental dos projetos hidrossanitários e arquitetônico fornecidos pela Secretaria das Cidades como objeto de estudo. Foi necessário observar os projetos cedidos e analisar as suas possíveis interferências, prevendo conflitos e limitações de acesso. Como referência e objeto de estudo adotou-se uma edificação residencial com padrões preestabelecidos do programa “Minha Casa Meu Maranhão”, os quais foram analisadas as interferências de projetos de uma residência popular.

Para a elaboração deste projeto diversas normas e regulamentos na área de projetos necessitaram ser consultados, sendo as principais:

NBR 13532-Elaboração de projetos de edificações - atividades técnicas

NBR 5626 - Instalação predial de água fria

NBR 8160 - Sistemas prediais de esgoto sanitário

Na segunda etapa foi usado a plataforma BIM (Building Information Modelling) no desenvolvimento do projeto, cujos motivos pela escolha desta metodologia foram inúmeros, os quais pode-se citar o tempo reduzido, pois uma vez feita a modelagem, todos os cortes e vistas são gerados simultaneamente à medida que o projeto é alterado, assim também como todas as alterações feitas em portas e esquadrias, dispensando alterações pontuais em cada um dos elementos.

Por fim, após a modelagem dos projetos de instalações hidrossanitário e arquitetônico, foi realizado a compatibilização de projetos, onde foi verificado as imperfeições através do software Navisworks.

### 3.1 Caracterização do Estudo de Caso

O objetivo do estudo de caso deste trabalho é exemplificar o uso do BIM na modelagem e compatibilização de projetos hidrossanitários. Onde Foi apresentado os benefícios da plataforma BIM em relação às formas tradicionais de projeto.

A Empresa A consiste em uma empresa construtora atuante no setor imobiliário residencial desde a incorporação e construção até a comercialização dos imóveis, com foco em empreendimentos voltados ao programa “Minha Casa Meu Maranhão” do Governo Estadual. Sua atuação abrange os dez municípios com menores IDH (Índices de desenvolvimento humano) do Maranhão, mas sua sede se concentra na cidade de São Luís/MA.

Os projetos arquitetônicos e hidrossanitário do programa, foram fornecidos para objeto de estudo pela Secretaria das Cidades, e a modelagem foi realizada através de softwares em plataforma BIM (Revit e Navisworks), da Autodesk. O objeto de estudo é um empreendimento popular de 46,43 m<sup>2</sup>, a qual se subdivide em seis ambientes, sendo eles: dois quartos, sala, cozinha, banheiro e área de serviço.

Este trabalho expõe a modelagem, que tem como função obter dados (documentação, quantitativo de materiais e componentes utilizados para formular a edificação), ou seja, todas as alterações e compatibilizações são apresentados em tabelas pelo próprio revit, e os projetos precisam estar em conformidade com as normas. Tal modelagem também permite visualizar interferências, visto que, é possível trabalhar alinhando duas disciplinas ao mesmo tempo, evitando assim que futuros erros sejam cometidos.

Para ter visão geral das incompatibilidades do projeto foi anexado o IFC ( Industry Foundation Classes - formato de exportação de arquivos BIM ) , ou seja, um formato a qual permite a interação destes dois softwares, de cada modelagem (arquitetônico e hidro sanitário) ao software Navisworks, para análise e detecção com precisão das anomalias existentes entre os mesmos.



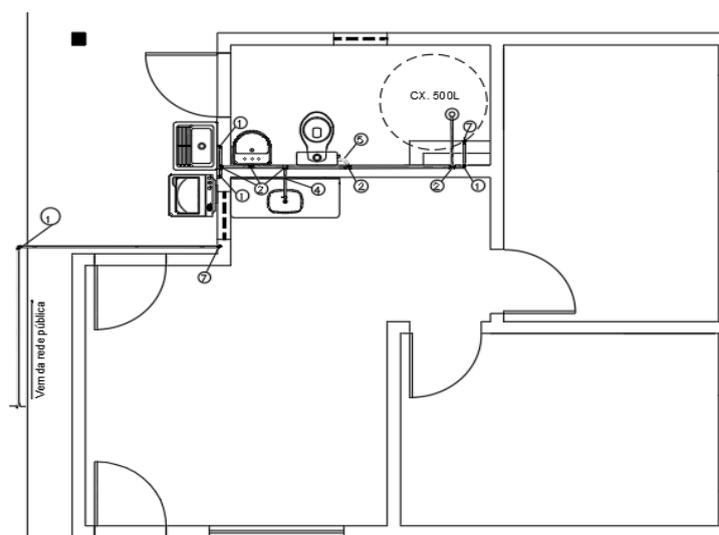
Quadro 4 – Área do empreendimento

MOBILIÁRIO	ÁREA INTERNA (m <sup>2</sup> )
Banheiro	4,08m <sup>2</sup>
Dormitório 1	8,39m <sup>2</sup>
Dormitório 2	8,64m <sup>2</sup>
Cozinha	3,99m <sup>2</sup>
Sala de Estar	10,90m <sup>2</sup>
Área de serviço	4,64m <sup>2</sup>

Fonte: Autor (2019)

Se observa na figura 14 a planta baixa geral do projeto de instalação hidráulica inicial fornecido pela Secretaria das Cidades, feito no software AutoCad.

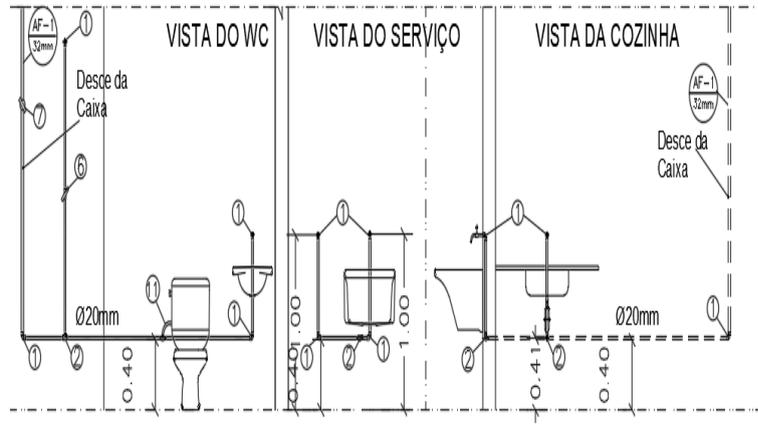
Figura 14 - Planta baixa geral de instalação hidráulica, projeto inicial, software AutoCad



Fonte: Secretaria das Cidades (2019)

A Figura 15 apresenta a vista do projeto hidráulico.

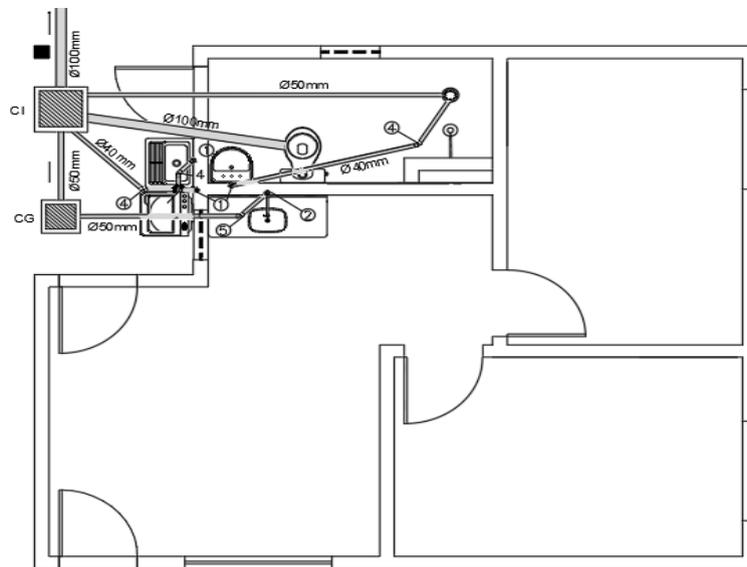
Figura 15- Detalhamento do projeto instalação hidráulica, projeto inicial, software AutoCad



Fonte: Secretaria das Cidades (2019)

A Figura 16 apresenta a planta baixa geral do projeto inicial de instalação sanitária desenvolvido no software Autocad.

Figura 16 - Planta baixa do projeto instalação sanitária, projeto inicial, software AutoCad



Fonte: Secretaria Das Cidades (2019)

## **4 RESULTADOS E ANÁLISES**

A primeira modelagem realizada foi a arquitetônica, através da mesma foram obtidas as documentações e os quantitativos de materiais utilizados para essa fase de projeto. Após realizar a modelagem foi constatado algumas alterações de dimensões e buscou melhorias no projeto existente em prol de um ambiente mais agradável e acessível para os usuários.

A segunda etapa do trabalho foi a modelagem dos projetos hidrossanitários, onde foi modificado em prol de melhorias do projeto inicial.

Após a modelagem dos projetos de instalações hidrossanitário e arquitetônico, foi realizado a compatibilização de projetos, onde foi verificado as imperfeições através do software Navisworks.

Os resultados das modelagens realizadas no software Revit, versão 2019 foram de acordo com as análises descritas nos itens a seguir.

### **4.1 Modelagem Arquitetônica do Empreendimento**

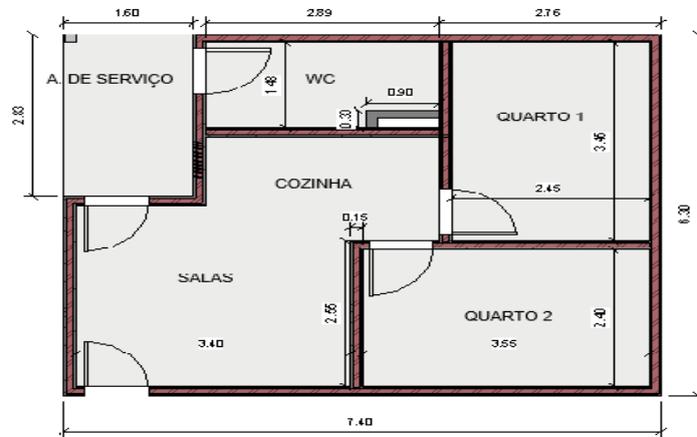
A modelagem arquitetônica, foi desenvolvida com base no projeto inicial, desenhado a partir do software AutoCad, versão 2018 conforme apresentado anteriormente pela figura 13.

A Figura 17, apresenta a planta baixa modelada, o qual constatou-se que existe divergência quanto as dimensões, se comparadas com a planta baixa do projeto base.

Observou-se que o projeto inicial mencionado anteriormente e apresentado pela Figura 13, não levou em consideração a cerâmica, que se encontra no banheiro, ou seja, devia reduzir as dimensões nesses ambientes, o que se nota no banheiro é uma cota de 1,50m, enquanto que o desenvolvido na Figura 17 levou em consideração a cerâmica que ficou 1,48m que é dimensão que se utiliza para compra.

Um projeto bem detalhado é fundamental para o levantamento de materiais, pois durante o pedido de compras com eficiência tem efeitos positivos em todas as partes da obra: reduz custos, aumenta a qualidade, evita atrasos e facilita a vida de quem está no canteiro.

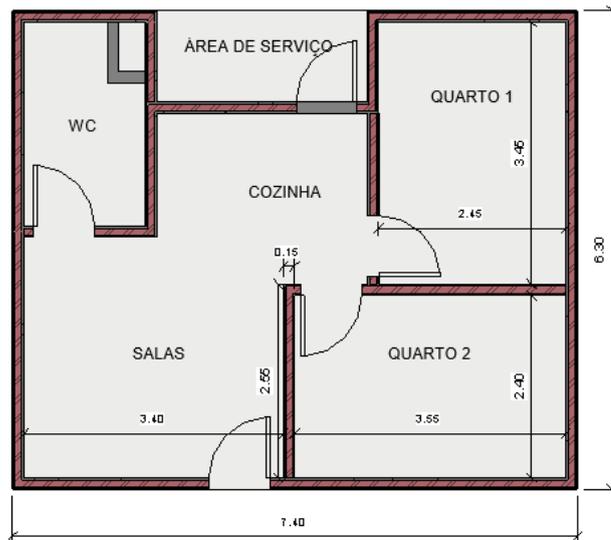
Figura 17 - Planta baixa, projeto base desenvolvido no REVIT



Fonte: Autor (2019)

Constatou-se que durante a modelagem arquitetônica, e concepção de projetos de ambientes busca-se sempre uma organização espacial para um melhor aproveitamento de espaços. É possível observar que o banheiro possui acesso somente pela área de serviço, uma possível sugestão do projeto inicial da Figura 13, para uma melhor readequação dos ambientes, foi a substituição do banheiro com a área de serviço, onde se observa na figura 18, ficando mais ergonômico e acessível para os usuários.

Figura 18 - Planta baixa, sugestão de projeto

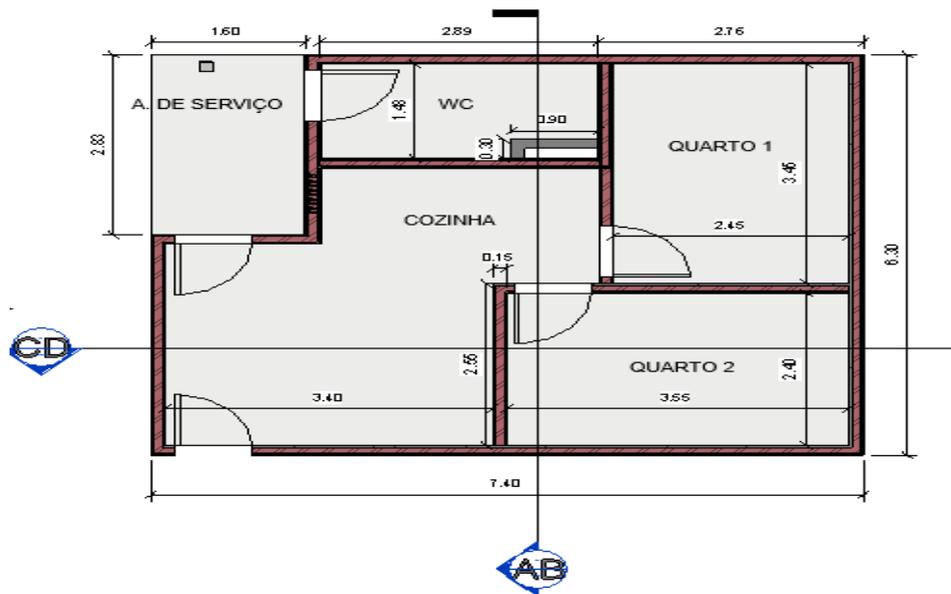


Fonte: Autor (2019)

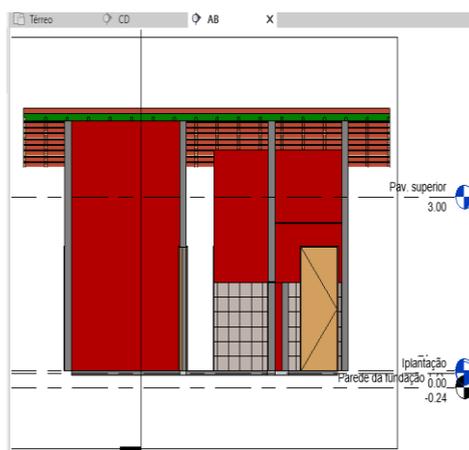
Através da modelagem arquitetônica, permitiu-se obter a documentação de projeto de forma automática (planta baixa, cortes, vistas e etc.), que possibilitou o avanço da concepção do projeto em menor tempo de trabalho.

Se observa na figura 19 a planta baixa, onde os cortes AB e CD são gerados simultaneamente à medida que o projeto é alterado, assim também como todas as alterações feitas em portas e esquadrias, dispensando alterações pontuais em cada um dos elementos.

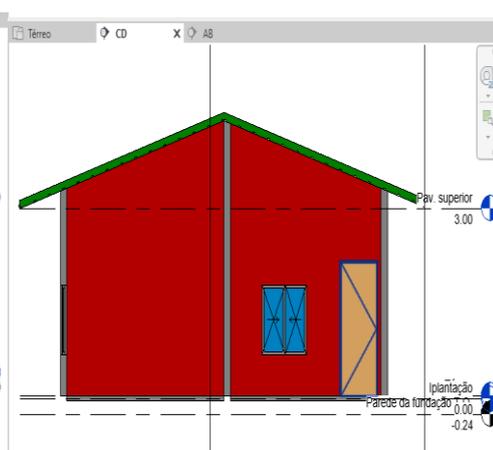
Figura 19 - Planta baixa, onde foi gerado os cortes AB e CD



A-Corte AB



B-Corte CD



Fonte: Autor, (2019)

Em sequência foram geradas as vistas de forma instantânea, como se nota na figura 20, gerados simultaneamente à medida que o projeto é alterado.

Figura 20 - Vistas da edificação em estudo

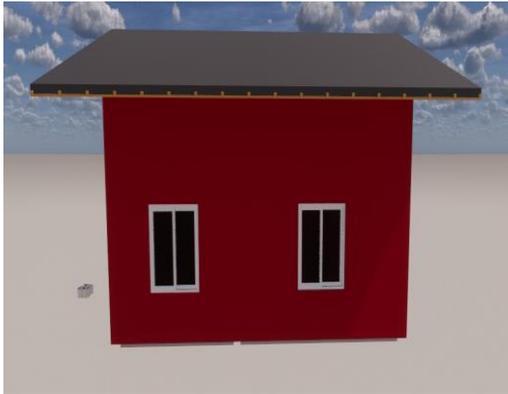
A-Elevação lateral Oeste



B-Elevação Lateral Leste



C - Elevação Lateral Leste



D - Elevação lateral norte



Fonte: Autor (2019)

Em seguida na figura 21 foi feito a renderização, que é um processo que permite uma maior riqueza de detalhes, onde pode definir um tipo de textura para os objetos existentes, cor, Diferenças entre AutoCad e Revit onde apresenta, transparência, reflexão, localizar um ou mais pontos de iluminação, perspectiva do plano, as sombras e a luz dos objetos.

Figura 21 - Renderização da edificação



Fonte: Autor (2019)

Após a etapa de concepção de projetos, gerou-se tabelas de documentações e o quantitativo de materiais utilizados na fase de projeto executivo. De tal forma, pode-se ter noções relativamente precisas dos materiais que serão gastos em uma obra, e inclusive de custos, ainda durante as etapas de projeto.

O quantitativo de materiais foi gerado automaticamente em forma de tabelas e exportado em formato TXT, para uso no software Microsoft Excel (ver Quadros 5, 6 e 7).

No Quadro 5 foi gerado o quantitativo de materiais da modelagem arquitetônica. Ressalta-se que são vários os tipos de tabelas que podem ser criados: tabelas de quantidades, tabelas de materiais, também se pode mudar a aparência das tabelas, especificar a ordem e o tipo de propriedades a serem exibidas.

Quadro 5- Quantitativo de materiais resultantes da modelagem arquitetônica

Levantamento de Materiais de parede		
Nome	Área (m <sup>2</sup> )	Volume(m <sup>3</sup> )
Argamassa	10	0,05
Cerâmica- Piso	41	1,00
Cerâmica- Banheiro e cozinha	10	0,05
Concreto moldado em loco, esp 5cm, piso	41	1,00
Chapisco, esp 0,6 cm	49	1,04
Reboco, esp 2,1cm	49	1,04
Emboço esp	10	0,05
Tinta vermelho brilho esp 0,3cm	49	1,04

Fonte: Autor (2019)

O Quadro 6 apresenta o quantitativo de esquadrias com parâmetros de quantidade, bem como a descrição.

Quadro 6 - Quantitativo de esquadrias

Esquadrias	Descrição	Quantidade (und)
Janelas de correr - 1x1.10 m	Janelas de correr 2 painéis	3
M fixo - 0.40 x 0.60m	Cobogó	1
Portas 0.80x2.10 m	M_folha única	5
Caixa de porta	Caixa de porta	5

Fonte: Autor (2019)

O Quadro 7 apresenta o quantitativo do madeiramento com parâmetros de comprimento, nome e contador.

Quadro 7 - Quantitativo de madeiramento

Madeiramento		
Nome	Contador	Comprimento
ripa	30	8.15
caibro	36	5.05
terça	4	8.15
barrote	2	8.15

Fonte: Autor (2019)

#### 4.2 Modelagem Hidrossanitária da Edificação

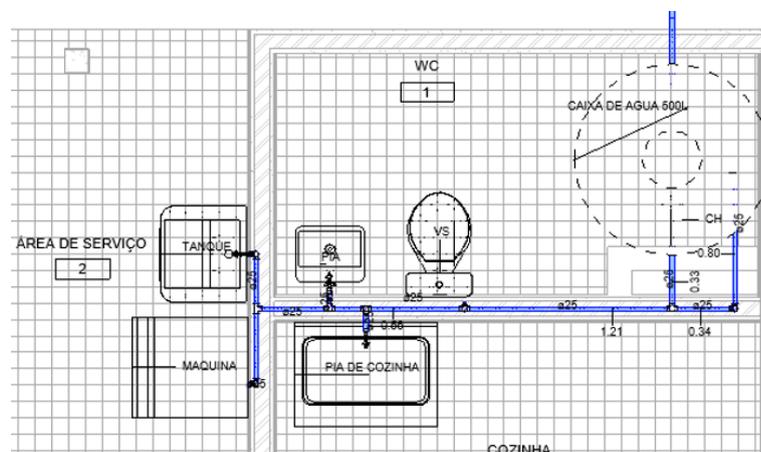
A modelagem hidrossanitária foi desenvolvida com base no projeto inicial, desenhado a partir do software AutoCad. A modelagem arquitetônica em BIM foi inserida no modelo Hidro sanitário em forma de vínculo, permitindo assim a junção dos mesmos e facilitando a concepção do projeto sem eventuais interferências entre o modelo arquitetônico, hidráulico e sanitário.

Após a conclusão da modelagem foi verificado a existência de imperfeições entre os sistemas e posteriormente foram obtidos os dados resultantes da modelagem.

Cabe ressaltar que a modelagem hidráulica foi elaborada através do projeto inicial apresentado anteriormente pela Figuras 14 e 15.

A Figura 22 apresenta a planta baixa modificada, a partir do projeto cedido o qual constatou-se falta de informações de comprimento das tubulações e detalhamento da caixa de água.

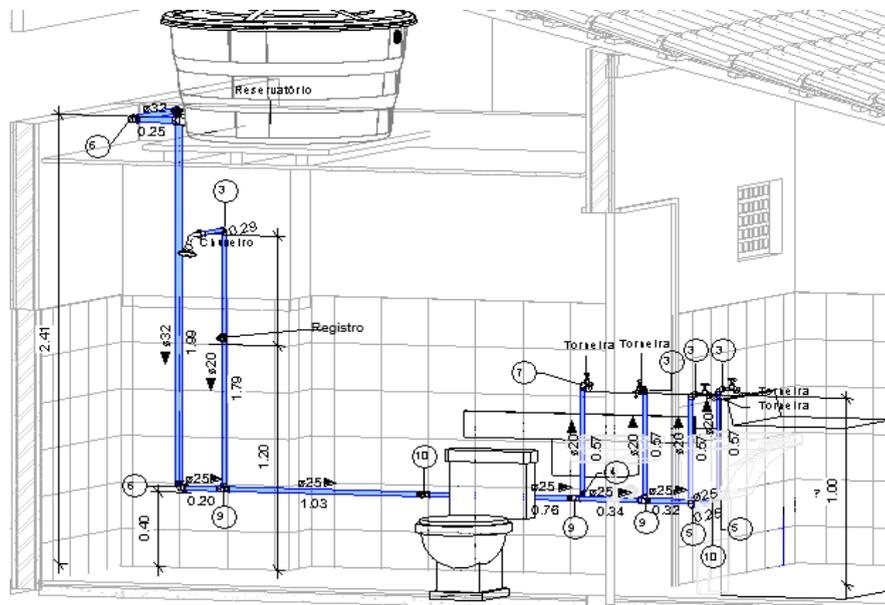
Figura 22 - Planta baixa geral modificada de instalação hidráulica



Fonte: Autor (2019)

A Figura 23, apresenta o isométrico do sistema da instalação hidráulica, onde permite ao projetista trabalhar em três dimensões aumentando o detalhamento do projeto.

Figura 23- Isométrico Hidráulico



Fonte: Autor (2019)

As conexões consideradas pelo software são da linha Tigre e as mesmas são padronizadas de fábrica em atendimento as normatizações, pois possuem um código de identificação gerado pelo fabricante o que facilita na compra dos materiais. O Quadro 8 apresenta o levantamento de conexões, o qual foi gerado automaticamente pelo software, tornando assim o trabalho rápido se comparado ao software tradicional da Autodesk, AutoCad.

Quadro 8 - Levantamento de Conexões utilizadas na modelagem Hidráulica

Levantamento das conexões			
Quantidade	Descrição	Linha	Código
3	Joelho 90° Soldável 20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável	1
10	Joelho 90° Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável	2
1	Tê de Redução Soldável 32x25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável	3
5	Tê Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria – TIGRE	Soldável	4
1	Adaptador Soldável com Anel para Caixa d'Água 32mm, PVC Branco, Água Fria – TIGRE	Soldável	5
10	Bucha de Redução Soldável Curta 25x20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável	6
1	Luva Soldável e com Bucha de Latão 20 x 1/2", PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	Soldável	7

Fonte: Autor (2019)

O Quadro 9 apresenta o quantitativo de tubos rígidos, com parâmetros de comprimento, diâmetro e descrição.

Quadro 9 - Quantitativo de tubo rígidos

Comprimento (m)	Descrição	Diâmetro (mm)
1,47	Tubo soldável	20
9,68	Tubo soldável	25
2,31	Tubo soldável	32

Fonte: Autor (2019)

## 4.2 Modelagem Sanitária

A modelagem da instalação sanitária utilizando o software Revit, apresentou uma limitação referente as ligações de conexões, dos tubos e componentes de instalação. As conexões, tubos e caixas sifonadas existentes no projeto são da fabricante Tigre, cujas conexões possuem ângulos fixos que limitam e restringem quanto as ligações, ou seja, a mudança de direção só pode ser feita com ângulos de 45 e 90 graus em atendimento a NBR 8160.

A instalação sanitária foi modelada conforme a referida NBR, a qual determina os diâmetros para cada tipo de aparelho sanitário e suas respectivas inclinações, tornando assim o projeto diferenciado do inicial que não detalhava as inclinações dos tubos no projeto executivo.

O processo de modelagem sanitária em BIM permite ao operador conceber projetos sem erros de inclinações, pois o mesmo permite trabalhar em três dimensões e determina o nível de cada elemento, assim obtendo o comprimento exato dos tubos, tornando assim seu maior potencial se comparado com o software AutoCad.

O Quadro 10, apresenta os materiais utilizados na modelagem sanitária, com suas descrições, comprimentos e diâmetros.

Quadro 10 - Quantitativo de tubo rígidos

Comprimento (m)	Descrição	Diâmetro (mm)
4,87	Tubo soldável	40
5,26	Tubo soldável	50
3,48	Tubo soldável	100

Fonte: Autor (2019)

O Quadro 11, apresenta o quantitativo de conexões para o esgoto com parâmetros de quantidade, descrição, sistema e linha.

Quadro 11 - Quantitativo de Conexões para Esgoto

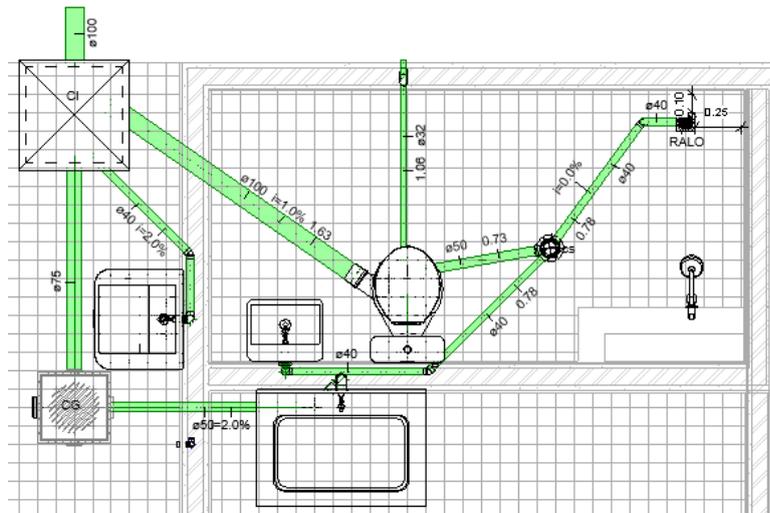
Quantitativo			
Quantidade	Sistema	Descrição	Linha
3	Esgoto	Joelho 45° 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal
5	Esgoto	Joelho 90° 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal
2	Esgoto	Joelho 90° 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal
1	Esgoto	Joelho 90° 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal
2	Esgoto	LUVA SIMPLES 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal
1	Esgoto	LUVA SIMPLES 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	Série Normal

Fonte: Autor (2019)

Os ramais de esgoto e de descarga devem obedecer aos seguintes critérios: as mudanças de direção nos trechos horizontais devem ser feitas com peças com ângulo central igual ou inferior a 45° segundo a norma NBR 8160, o que não se observa na Figura 13, além de ramal de descarga muito comprido que poderiam acarretar transtornos futuros, como à auto-sifonagem.

A Figura 24, apresenta a planta baixa modificada, a partir do projeto recebido o qual constatou-se, irregularidades no traçado. Para melhorar o traçado da ligação entre a caixa sifonada e o ramal de esgoto da pia, foi necessário realizar uma mudança de trajeto do ramal e à adição do ralo seco.

Figura 24- Planta baixa geral modificada de instalação sanitária

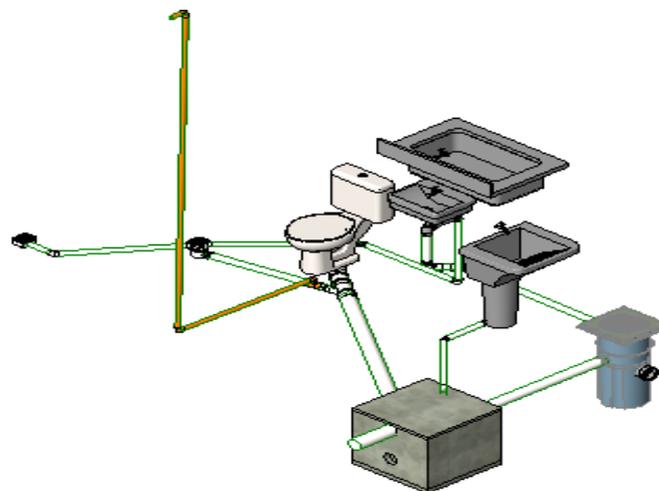


Fonte: Autor (2019)

A Figura 25, apresenta o isométrico do sistema de instalação sanitária, onde permite ao projetista trabalhar em três dimensões, aumentando o detalhamento do projeto, que é fundamental para facilitar a visualização do projeto e execução.

Outro ponto que é importante ressaltar é a falta do tubo de ventilação que segundo a NBR 8160, é de uso obrigatório, sendo a sua função, impedir que os gases provenientes do esgoto migrem para ambientes internos da residência. A Figura 25 mostra o tubo de ventilação que se encontra na cor laranja, com intuito de proporcionar ventilação a tubulação de esgoto mantendo o fecho hídrico, sem a existência desta barreira natural, os gases têm acesso de retorno, ocasionando mau cheiro nos ambientes.

Figura 25 – Isométrico sanitário



Fonte: Autor (2019)

As Figuras 26 e 27, apresentam os isométricos do sistema completo da instalação hidrossanitária, onde permite ao projetista trabalhar em três dimensões aumentando o detalhamento dos projetos.

Figura 26 – Isométrico 1, Hidrossanitário

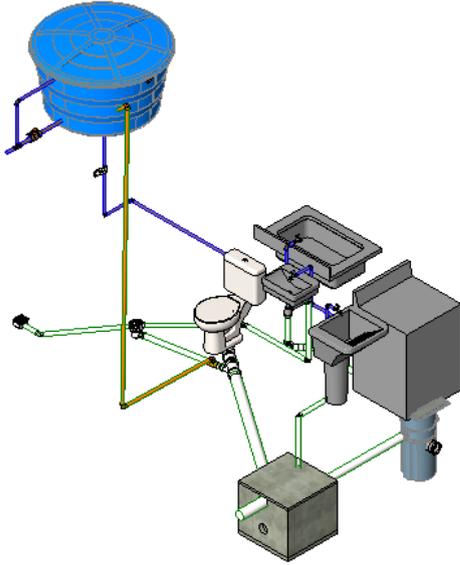
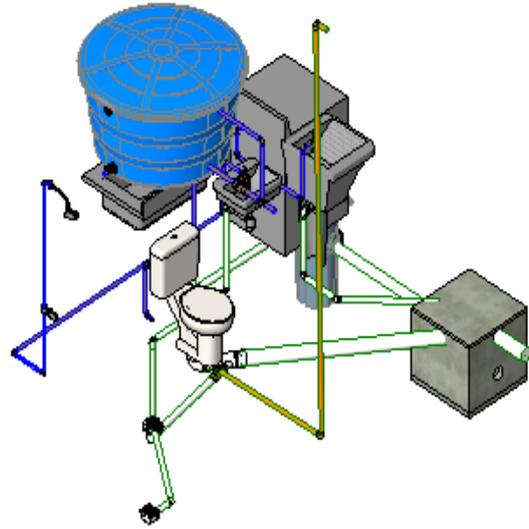


Figura 27 – Isométrico 2, Hidrossanitário



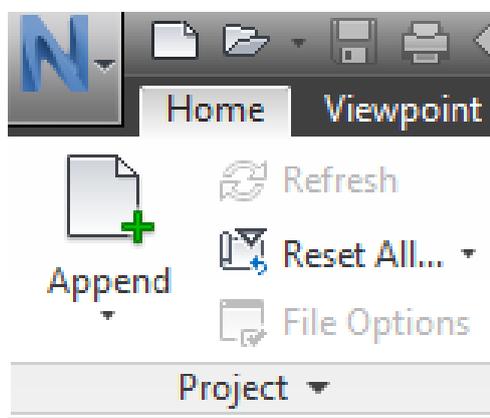
Fonte: Autor (2019)

### 4.3 Compatibilização de Projetos

Depois de realizar as modelagens nos projetos (arquitetônico e hidrossanitário), foi inicializado a verificação de incompatibilidade através da ferramenta Clash Detective, disponibilizada pelo software Navisworks, na qual escolhem-se as disciplinas que deseja confrontar.

Primeiro passo, é acessar à aba Home e utiliza-se o comando Append para carregar todos os modelos elaborados em Revit no programa, como a Figura 25 mostra na tela.

Figura 28 –Utilização do comando Clash Detective para verificar interferências

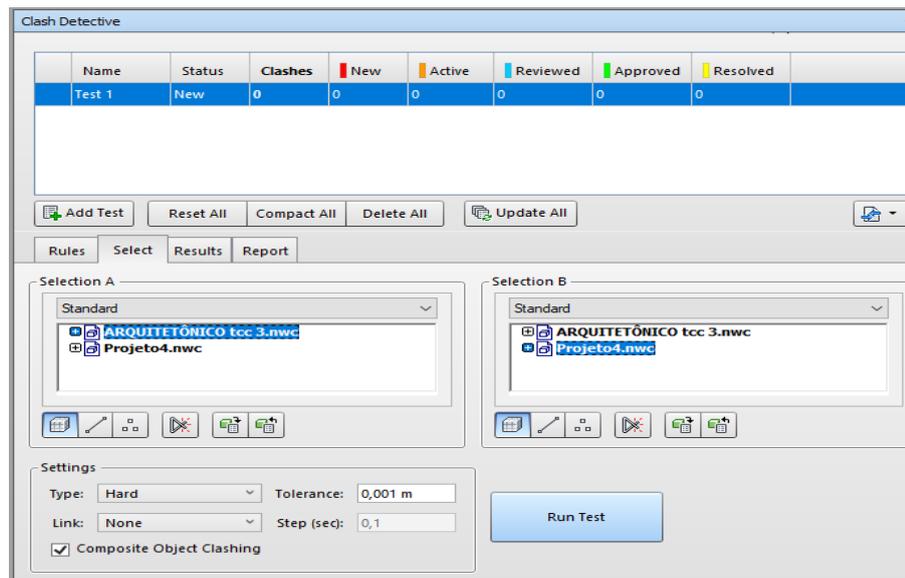


Fonte: Autor (2019)

Com os projetos carregados na plataforma, na aba Home utiliza-se o comando Clash Detective (Detector de Colisão) para verificar as incompatibilidades entre as diferentes disciplinas.

A Figura 29 mostra na tela a ferramenta Clash Detective do software aberta, cujo início de utilização deve ser primeiramente criado um novo teste através do comando Add Test. O próximo passo é selecionar os projetos que serão confrontadas, na parte Settings como também pode ser definida a distância de tolerância do programa na identificação de colisões. Com todas as propriedades bem definidas basta clicar no botão Run Test para o programa executar a detecção de colisões.

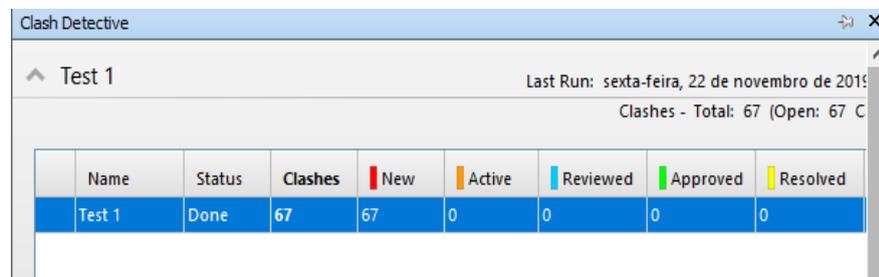
Figura 29- Interface do comando Clash Detective



Fonte: Autor (2019)

A Figura 30 apresenta a tela após o programa rodar o teste exibindo resultados em uma janela, onde mostra o número de interferências entre os projetos hidrossanitários e arquitetônico obtidos no total de 67.

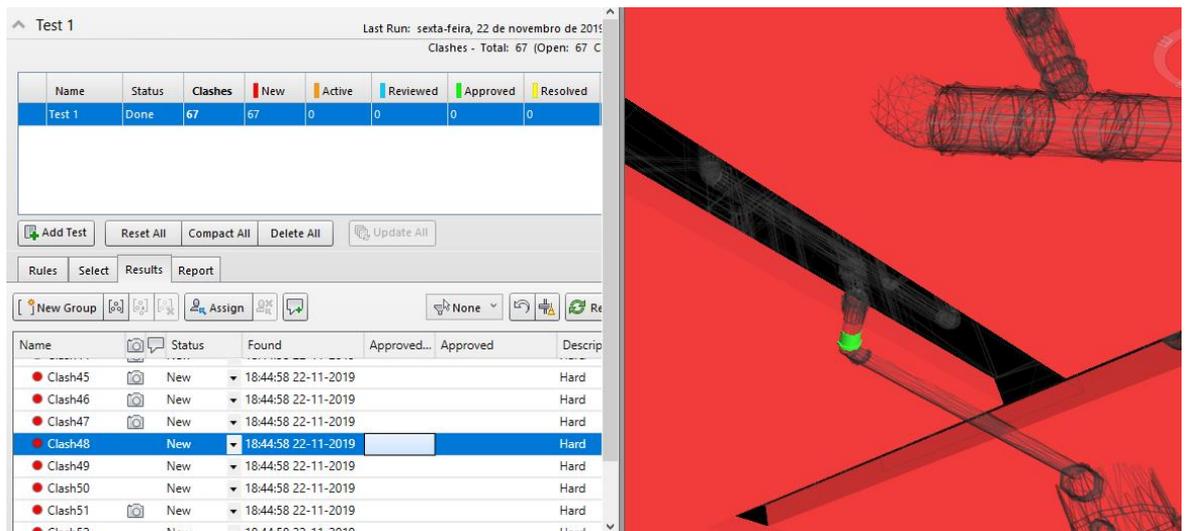
Figura 30 - Resultados do teste de colisão do comando Clash Detective



Fonte: Autor (2019)

Na Figura 31, é feita a seleção da linha que corresponde ao teste, onde exhibe-se uma janela na qual mostra todas as interferências individuais e a proporção da interferência entre os elementos. Clicando no botão Focus on Clash o programa apresenta uma vista tridimensional das interferências, na Figura 31 os elementos estão destacados em verde e o outro em vermelho.

Figura 31 –Incompatibilidade detectada pelo Autodesk Navisworks

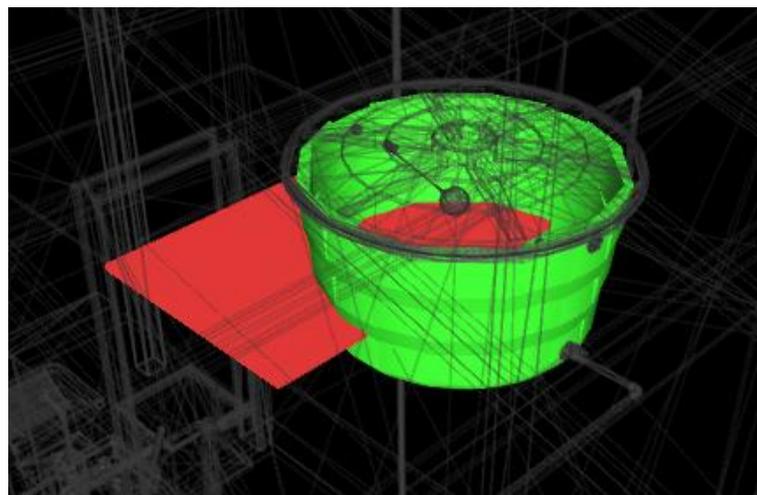


Fonte: Autor (2019)

De acordo com a figura 32, foi verificado pelo Clash Detective a interferência entre os elementos caixa de água e forro, no qual constatou-se que a caixa de água se encontra em um nível de 2,40m, fazendo interferência com o forro que está na altura de 2,50m.

Deve-se verificar as pressões mínimas necessárias ao longo do sistema predial de água fria, em especial aqueles referentes aos pontos de utilização. Constatou-se que a Figura 11 do projeto base não segue o padrão normatizado, onde em qualquer caso, a pressão não deve ser inferior a 10 kPa (1mca), o que não ocorre no ponto de utilização do chuveiro.

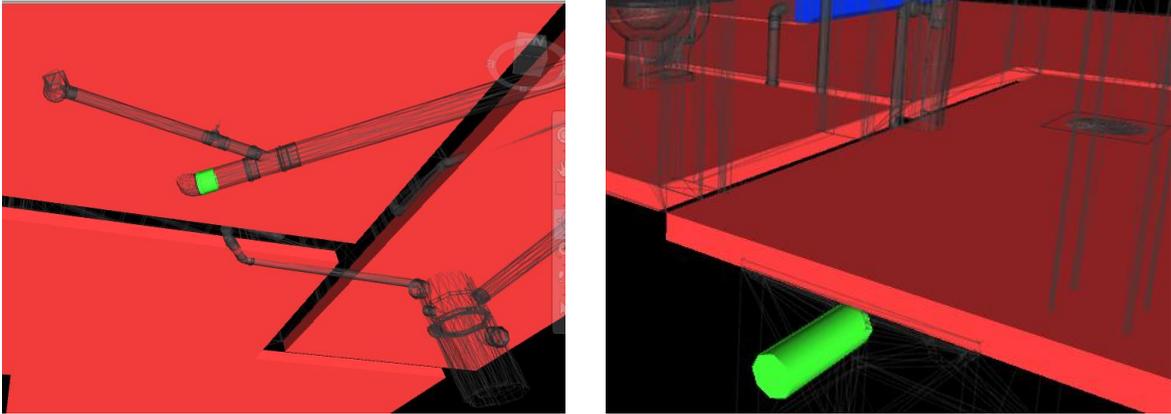
Figura 32 - Interferência do forro com a caixa de água



Fonte: Autor (2019)

As Figuras 33 e 34 mostra na tela, o teste onde foi identificado 67 conflitos, sendo 44 destes de fácil resolução, analisados que a interferência entre os elementos não supera 1cm que foi o valor de precisão no software que utilizamos no teste, sendo recomendado poucos ajustes para a sua adequação.

Figuras 33 e 34 - Conflito de fácil resolução



Fonte: Autor (2019)

## 5 CONCLUSÃO

O objetivo do trabalho foi aplicar a tecnologia BIM em um projeto residencial do programa “Minha Casa Meu Maranhão”, do governo do estado. O processo de concepção da modelagem iniciou-se através da coleta de dados do projeto base, posteriormente, foram coletados e interpretados os dados resultantes da própria modelagem, tendo por consequência a identificação e solução das interferências detectadas.

A modelagem paramétrica e interoperabilidade, são as principais tecnologias da presentes no BIM, no qual diferenciou do sistema CAD tradicional, que possuem poucas informações uteis para quantificar e classificar os elementos de construção. A primeira permitiu representar os objetos por parâmetros e incorporar propriedades e características aos objetos, tendo informações dos elementos construtivos necessárias e dele pode se extrair vistas, tabelas, cortes e detalhes do projeto. Já a interoperabilidade é uma condição para o desenvolvimento da prática em sincronia com as partes relacionadas do projeto (proprietário, arquiteto, engenheiro e construtor), reduz erros e omissões de projeto e modificações em obra, acarretando em um processo de entrega mais eficiente e confiável.

Diante dos estudos apresentados, pode-se concluir que os projetos fornecidos pela metodologia Cad, apresentou falta de informações nos detalhamentos, em contrapartida, foi observado o potencial da tecnologia BIM além de desenvolver projetos bem detalhados, possui uma ferramenta chamada “clash detective” do Navisworks que foi possível analisar todas as interferências através das análises de compatibilidade de projetos, evitando assim possíveis conflitos entre as disciplinas.

Portanto, o BIM é mais que uma inovação para o mercado, a disseminação dessa tecnologia no Brasil a partir do decreto assinado em 2018, constitui-se como uma estratégia do governo federal para alavancar a industrialização do setor da construção e, com isso, obter resultados significativos em termos de produtividade, sustentabilidade, controle, transparência e otimização da alocação de gastos públicos com obras. Algumas empresas já se anteciparam, em troca do tempo e despesas dedicados para fazer a implantação do BIM no seu trabalho, usuários ganham uma variedade de benefícios que podem incluir aumento de produtividade, melhoria da qualidade, aumento de oportunidades para novos negócios e em geral melhores resultados da execução do projeto.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT [Internet]. Institucional. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/>. Acesso em 05 nov 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13532:1995** : Elaboração de projetos de edificações - atividades técnicas Disponível em : <https://www2.unifap.br/arquitetura/files/2013/01/NBR-13532-Projeto-de-Arquitetura-.pdf>. Acesso em 08 nov 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626:1998**: Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro: ABNT, 1998. 41 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8160:1999**: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 1999. 74 p.

ARQ. MIRIAN ADDOR (Brasil) (Org.). Fluxo de Projetos em BIM: Planejamento e Execução. **Guia Asbeabim**, Paraná, v. 2, n. 11, p.7-7, 15 ago. 2015. Disponível em: <<http://www.deamstime.com/free-photos>>. Acesso em: 15 out. 2019.

BALEM, Amanda Forgiarini. vantagens da compatibilização de projetos na engenharia civil aliada ao uso da metodologia BIM. Disponível em: <[http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1\\_2015/TCC\\_AMANDA%20FORGIARINI%20BALEM.pdf](http://coral.ufsm.br/engcivil/images/PDF/1_2015/TCC_AMANDA%20FORGIARINI%20BALEM.pdf)>. Acessado em 09 setembro. 2019.

BARROS, A. J. D. S.; LEHFELD, N. A. D. S. **Fundamentos da Metodologia Científica**. 3ª. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

BARRONI, L. L.; As vantagens da plataforma BIM incluem todo o ciclo de vida do edifício, desde os estudos de viabilidade até a demolição. Edição 208, Julho/ 2011.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS PREDIAIS: ÁGUA FRIA. In: CARVALHO JÚNIOR, Roberto de. **INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS E O**

**PROJETO DE ARQUITETURA.** 7. ed. São Paulo: Blucher, 2013. Cap. 1. p. 22-84.

Disponível em: <<http://files.engecivil-com.webnode.com/200000215-4cbc34db58/Instala%C3%A7%C3%B5es%20Hidr%C3%A1ulicas%20e%20o%20Projeto%20Arquitet%C3%B4nico%20%20Carvalho%20J%C3%BAnior%207%C2%AAedi%C3%A7%C3%A3o1.pdf>>. Acesso em: 23 set. 2018.

**CATÁLOGO TIGRE.** Predial – Catálogo de produtos. Disponível em: . Acesso em: 07 novembro de 2019.

CRESPO, Cláudia. Ferramentas BIM: um desafio para o ciclo de vida do projeto. Disponível em: < [http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gpacc/BIM/referencias/CRESPO\\_2007.pdf](http://www2.pelotas.ifsul.edu.br/gpacc/BIM/referencias/CRESPO_2007.pdf) >. Acessado em: 20 novembro. 2019.

EASTMAN, C. et al. **Manual de BIM:** Um guia de modelagem da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014. 503 p. Tradução de: Cervantes Gonçalves Ayres Filho, Revisão Técnica: Eduardo Toledo Santos.

LEUSIN, Sergio R. A. Novas formas de pensar o processo de projeto e o produto edifício – Modelagem de produto – BIM. In: VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios WBGPPCE, Curitiba, 2007, Disponível em: Acesso em: 13 set. 2019.

MACINTYRE, A. J. Instalações hidráulicas prediais e industriais. 3. Ed. LTC, 1996.

MATTOS, A. D. **BIM 3D, 4D, 5D e 6D.** Blog PINI, São Paulo, dez. 2014. Disponível em: Acesso em:<http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/bim-3d-4d-5d-e-6d-335300-1.aspx> 30 de setembro de 2019.

MELHADO, Silvio B. **Coordenação de Projetos de Edificações.** São Paulo. Ed. O Nome da Rosa. 2005.

MIKALDO JR, Jorge; SCHEER, Sergio. Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea: qual é a melhor solução. Disponível em: <  
<http://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50928/55010> >. Acessado em: 28 ago. 2019.

OLIVEIRA, A.L. **Instalações hidráulicas prediais** – Água fria – Aula 01 da disciplina GCI044 (Sistemas Hidráulicos Prediais). 2018.

OLIVEIRA, A.L. **Instalações hidráulicas prediais** – Água fria – Aula 02 da disciplina GCI044 (Sistemas Hidráulicos Prediais). 2018.

OSTROWSKI, R.A. **Estudo de Caso: O Planejamento e sua Integração com a Metodologia BIM como Ferramenta de Controle da Construção de um Edifício Residencial**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. 137 p.

PEREIRA, CAIO. INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS. **ESCOLA ENGENHARIA**, 2017. DISPONÍVEL EM: [HTTPS://WWW.ESCOLAENGENHARIA.COM.BR/INSTALACOES-HIDRAULICAS/](https://www.escolaengenharia.com.br/instalacoes-hidraulicas/). ACESSO EM: 28 DE SETEMBRO DE 2019.

SALES, H.S. **Compatibilização de Projetos: Estudo de Caso em um Edifício Público**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Acre, 2015. 47 p.