



**CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**PEDRO CAIAN FREITAS OSTERNO**

**BIM E A REALIDADE AUMENTADA APLICADA NO PROJETO  
HIDROSSANITÁRIO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR.**

**FORTALEZA  
2021**

PEDRO CAIAN FREITAS OSTERNO

BIM E A REALIDADE AUMENTADA APLICADA NO PROJETO HIDROSSANITÁRIO  
RESIDENCIAL UNIFAMILIAR.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC)  
apresentado ao curso de Engenharia Civil  
do Centro Universitário Christus como  
requisito parcial para obtenção do título  
de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. M.e José Willington  
Gondim Oliveira

FORTALEZA

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Centro Universitário Christus - Unichristus

Gerada automaticamente pelo Sistema de Elaboração de Ficha Catalográfica do Centro Universitário Christus - Unichristus, com dados fornecidos pelo(a) autor(a)

O85b Osterno, Pedro Caian Freitas.  
BIM E A REALIDADE AUMENTADA APLICADA NO PROJETO  
HIDROSSANITÁRIO RESIDENCIAL UNIFAMILIAR. / Pedro Caian  
Freitas Osterno. - 2021.  
69 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro  
Universitário Christus - Unichristus, Curso de Engenharia Civil,  
Fortaleza, 2021.  
Orientação: Profa. Ma. José Willington Gondim Oliveira.

1. BIM. 2. REVIT. 3. Instalação Hidrossanitária. 4. Realidade  
Aumentada. I. Título.

CDD 624

PEDRO CAIAN FREITAS OSTERNO

BIM E A REALIDADE AUMENTADA APLICADA NO PROJETO HIDROSSANITÁRIO  
RESIDENCIAL UNIFAMILIAR.

TCC apresentado ao curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Christus como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. M.e. José Willington Gondim Oliveira

Aprovado em: 01/07/2021

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. M.e. José Willington Gondim Oliveira  
Orientador - Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

---

Profa. Ma. Kelma Pinheiro Leite  
Membro - Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

---

Profa. Ma. Tatiana Soares de Oliveira  
Membro - Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Dedico primeiramente a Deus, a minha família e a minha namorada, pelo apoio incondicional em todos os momentos difíceis da minha trajetória acadêmica.

“O sucesso é constituído por 10% de inspiração e 90% de transpiração”. Thomas Edison

## RESUMO

A construção civil está em constante transformação, das quais muitas estão relacionadas ao desenvolvimento de projetos e modernização tecnológica, visando solucionar problemas como desperdícios, retrabalhos, atraso no cronograma e descontrole dos custos, que em grande parte desses problemas está relacionado às incompatibilidades de projeto e conseqüentemente se estendendo até a execução da obra. Com isso, surge a necessidade de suprir incompatibilidades, aplicando a metodologia BIM juntamente com a Realidade Aumentada *in loco*, para proporcionar a compatibilização em escala de projeto e em escala real no desenvolvimento dos projetos para a execução do empreendimento. Dessa forma, visa evitar diversos custos e erros desde a fase de projeto e durante a execução, que poderiam ocorrer em um empreendimento com incompatibilidades, além de mitigar a ausência da comunicação entre os integrantes AEC. Para evidenciar isso, foi realizado um estudo analisando a compatibilização de um projeto de arquitetura residencial unifamiliar com os projetos complementares de engenharia, abrangendo a compatibilização em escala de projeto e escala real, contendo aplicação da Realidade Aumentada inserida na metodologia BIM. Para que as análises fossem concretizadas, foi primeiramente feito a concepção do projeto, com objetivo de seleção e estudo do projeto, em seguida foram utilizados os projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário realizados em REVIT e, por fim, foi feita as análises de compatibilização. Observou-se que para este estudo foi encontrado o somatório das incompatibilidades em escala de projeto e real, em que a escala real se mostra com um maior número de incompatibilidades encontradas. Onde foram identificadas onze incompatibilidades em escala de projeto e quatorze em escala real, obtendo um percentual de 25% a mais de incompatibilidades encontradas em escala real com aplicação da realidade aumentada. Portanto a metodologia BIM juntamente com a aplicação da Realidade Aumentada, mostrou-se viável para desenvolvimento e compatibilidades de projetos, permitindo maiores possibilidades de análises e verificações, tanto na etapa em escala de projeto, como escala real, antecipando as incompatibilidades da etapa de execução da edificação.

**Palavras-chave:** BIM. REVIT. Instalação Hidrossanitária. Realidade Aumentada.

## ABSTRACT

Civil construction is constantly changing, many of which are related to the development of projects and technological modernization, aiming to solve problems such as waste, rework, schedule delay and lack of cost control, which in large part of these problems is related to project incompatibilities and consequently extending to the execution of the work. With this, the need arises to fill incompatibilities, applying the BIM methodology together with the Augmented Reality in loco, to provide the compatibility in project scale and in real scale in the development of projects for the execution of the enterprise. In this way, it aims to avoid several costs and errors from the design phase and during execution, which could occur in a project with incompatibilities, in addition to mitigating the lack of communication between the AEC members. To show this, a study was carried out analyzing the compatibility of a single-family residential architecture project with the complementary engineering projects, covering the compatibility in project scale and real scale, containing the application of Augmented Reality inserted in the BIM methodology. In order for the analyzes to be carried out, the project conception was first carried out, with the aim of selecting and studying the project, then the architectural, structural and sanitary projects carried out in REVIT were used and, finally, the compatibility analysis was carried out. It was observed that for this study the sum of incompatibilities in project and real scale was found, in which the real scale shows a greater number of incompatibilities found. Where eleven incompatibilities were identified in project scale and fourteen in real scale, obtaining a percentage of 25% more incompatibilities found in real scale with the application of augmented reality. Therefore, the BIM methodology, together with the application of Augmented Reality, proved to be viable for the development and compatibility of projects, allowing greater possibilities for analysis and verification, both in the project-scale and real-scale stages, anticipating incompatibilities in the execution stage of the building.

**Keywords:** BIM. REVIT. Hydrosanitary Facilities. Augmented Reality.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Porcentagem de contratados em cada nível de engajamento BIM.....	21
Figura 2- Esquema da utilização da plataforma BIM na cadeia produtiva da construção civil.....	22
Figura 3- Exemplo de Interoperabilidade.....	27
Figura 4- Exemplo de aplicação de realidade virtual.....	31
Figura 5- Realidade aumentada com vaso e carro virtuais sobre a mesa.....	31
Figura 6- Esquema da utilização de Realidade Aumentada.....	33
Figura 7- Esquema da utilização da plataforma AUGIN mostrando detalhes de projeto.....	34
Figura 8- Esquema da utilização da plataforma AUGIN modo Avatar.....	34
Figura 9- Esquema da utilização da plataforma AUGIN modo Drone.....	35
Figura 10- Fluxograma geral da pesquisa.....	36
Figura 11- Projeto arquitetônico planta baixa.....	38
Figura 12- Projeto arquitetônico modelagem 3D.....	39
Figura 13- Projeto estrutural planta baixa.....	40
Figura 14- Projeto estrutural modelagem 3D.....	40
Figura 15- Projeto hidrossanitário planta baixa.....	41
Figura 16- Projeto hidrossanitário modelagem 3D.....	42
Figura 17- Projeto federado no REVIT 2021.....	43
Figura 18- Realidade Aumentada no programa AUGIN.....	43
Figura 19- Modelo de arquitetura.....	45
Figura 20- Comando de verificação de interferência REVIT 2021.....	45
Figura 21- Relatório de interferência entre os projetos arquitetônico e estrutural....	46
Figura 22- Interferência das portas com pilares ou vigas em planta baixa.....	47
Figura 23- Interferência da porta PM6 com o pilar P7.....	47
Figura 24- Interferência da porta PA1 com o pilar P18.....	48
Figura 25- Interferência da porta PM1 com a viga V21.....	48
Figura 26- Relatório de interferência entre os projetos hidrossanitário e estrutural.	50
Figura 27- Planta baixa pavimento superior hidrossanitário com estrutural.....	50
Figura 28- Interferência da tubulação de água fria com a viga V2.....	51
Figura 29- Planta baixa pavimento coberta hidrossanitário com estrutural.....	51
Figura 30- Interferência da tubulação de água pluvial com o pilar P9.....	52

Figura 31- Interferência da tubulação de água fria com viga V15 e pilar P25.....	52
Figura 32- Relatório de interferência entre do projeto hidráulico com o sanitário.....	53
Figura 33- Planta baixa pavimento térreo hidráulico com sanitário.....	54
Figura 34- Interferência da tubulação de água fria com esgoto BH HÓSPEDES.....	54
Figura 35- Interferência da tubulação de água fria com esgoto BH DECK.....	55
Figura 36- Planta baixa pavimento superior hidráulico com sanitário.....	56
Figura 37- Interferência da tubulação de água fria com esgoto BH SUÍTE 02.....	56
Figura 38- Interferência da tubulação de água fria com esgoto banheira BH SUÍTE MASTER.....	57
Figura 39- Interferência da tubulação de água fria com esgoto lavatórios BH SUÍTE MASTER.....	58
Figura 40- Incompatibilidades das tubulações de água com arquitetura. A) lado esquerdo; B) lado direito.....	59
Figura 41- Incompatibilidades do pilar P2 com arquitetura.....	60
Figura 42- Incompatibilidades das vigas com arquitetura.....	61

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AEC	ARQUITETOS, ENGENHEIROS E CONSTRUTORES
BIM	BUILDING INFORMATION MODELING
CAD	COMPUTER AIDED DESIGN
DXF	DRAWING EXCHANGE FORMAT
IFC	INDUSTRY FOUNDATION CLASSES
IGES	INITIAL GRAPHICS EXCHANGE SPECIFICATION
RA	REALIDADE AUMENTADA
RV	REALIDADE VIRTUAL

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>1.1 Objetivos.....</b>	<b>15</b>
1.1.1 <i>Objetivo Geral.....</i>	<i>15</i>
1.1.2 <i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>15</i>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>16</b>
<b>2.1 Evolução grafica entre CAD e REVIT.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2 Metodologia BIM - <i>Building Information Modeling</i>.....</b>	<b>17</b>
<b>2.3 Implantação da plataforma BIM nos escritórios AEC.....</b>	<b>18</b>
<b>2.4 Gerenciamento construtivo através da plataforma BIM.....</b>	<b>21</b>
<b>2.5 Diretrizes do BIM no ciclo de vida do empreendimento.....</b>	<b>23</b>
2.5.1 <i>Etapa de concepção do empreendimento.....</i>	<i>24</i>
2.5.2 <i>Etapa de Projeto.....</i>	<i>24</i>
2.5.3 <i>Etapa de Construção.....</i>	<i>25</i>
2.5.4 <i>Etapa de Operação e Manutenção.....</i>	<i>25</i>
<b>2.6 Interoperabilidade.....</b>	<b>26</b>
<b>2.7 Compatibilização dos projetos BIM.....</b>	<b>28</b>
<b>2.8 Expressão gráfica e o espaço virtual produzido pelos programas 3D.....</b>	<b>29</b>
<b>2.9 Realidade Virtual e Aumentada.....</b>	<b>30</b>
<b>2.10 Realidade Aumentada por meio de aplicativos.....</b>	<b>32</b>
2.10.1 <i>AUGIN APP.....</i>	<i>32</i>
2.10.2 <i>AUGIN AR WEB.....</i>	<i>33</i>
2.10.3 <i>AUGIN HUB.....</i>	<i>34</i>
<b>2.11 Realidade Aumentada aplicada ao BIM.....</b>	<b>35</b>
<b>3 METODOLOGIA.....</b>	<b>36</b>
<b>3.1 Delineamento da pesquisa.....</b>	<b>36</b>
3.1.1 <i>Definição dos critérios de seleção do estudo de caso.....</i>	<i>37</i>
3.1.2 <i>Seleção do projeto.....</i>	<i>37</i>
3.1.3 <i>Estudo do projeto.....</i>	<i>37</i>
3.1.4 <i>Projetos utilizados no REVIT.....</i>	<i>38</i>
3.1.5 <i>Analises das incompatibilidades.....</i>	<i>42</i>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>44</b>
<b>4.1 Estudo de caso.....</b>	<b>44</b>

<b>4.2 Compatibilização em escala de projeto.....</b>	<b>45</b>
<i>4.2.1 Projeto arquitetônico com estrutural.....</i>	<b>46</b>
<i>4.2.2 Projeto hidrossanitário com arquitetônico.....</i>	<b>49</b>
<i>4.2.3 Projeto hidrossanitário com estrutural.....</i>	<b>49</b>
<i>4.2.4 Projeto hidráulico com sanitário.....</i>	<b>53</b>
<b>4.3 Análise de incompatibilidade em escala real - RA.....</b>	<b>59</b>
<b>4.4 Identificação das Incompatibilidades em escala de projeto e real.....</b>	<b>62</b>
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>65</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil está em constante mudança e muitas dessas mudanças estão relacionadas ao desenvolvimento dos projetos e as modernizações tecnológicas. Tais mudanças têm como objetivo solucionar problemas como o desperdício de materiais, retrabalho, riscos na execução da obra, controle do cronograma e dos custos.

O BIM (*Building Information Modeling*) surgiu com o propósito de gerar recursos que facilitam a resolução desses problemas (GOMES, 2018). De acordo com essa definição, a metodologia BIM tem o intuito de utilizar ferramentas, tecnologias e processos na produção, comunicação e análise dos modelos de construção.

Diferentemente de um simples modelador 3D, a plataforma BIM tem como objetivo integrar arquitetos, engenheiros e construtores (AEC) na elaboração de projetos que convirjam seus esforços para a construção de um federado de edifício. (MENEZES, 2011)

Antes da utilização da plataforma BIM, o processo de construção de uma edificação tinha como base uma comunicação fundamentada em papel e os integrantes não mantinham uma adequada comunicação entre si, realizando seus projetos de forma isolada. Com isso, erros no conjunto associado de processos eram frequentes e resultavam em gastos imprevistos, atrasos na obra e eventuais pendências judiciais entre os que integravam o empreendimento. (CHUCK EASTMAN, PAUL TEICHOLZ, RAFAEL SACKS, 2014)

Para reverter essa problemática foram criados métodos alternativos para melhor compatibilização, como o convênio para projeto & construção (*design-build*); *sites* de empreendimentos para compartilhar plantas e documentos; e a implementação de ferramentas de CAD 3D. Embora esses métodos tenham aumentado o intercâmbio de informações, eles não obteriam sucesso em reduzir a frequência dos conflitos causados pela comunicação baseada em papel. (CHUCK EASTMAN, PAUL TEICHOLZ, RAFAEL SACKS, 2014)

Outro grande problema associado a esta comunicação é a demora em gerar informações críticas na fase de projeto, pois este ao ser realizado de forma isolado ocasiona uma deficiência na compatibilização. Assim, análises dessas informações normalmente são feitas tardiamente, comprometendo a realização de

modificações significativas. Com isso, a Engenharia de valor deve então assumir o tratamento de incongruências, o que geralmente resulta em compromissos ao projeto original. (CHUCK EASTMAN, PAUL TEICHOLZ, RAFAEL SACKS, 2014)

Portanto, devido à necessidade de uma plataforma que unificasse as informações da construção civil, em 1970, o BIM aparece atualizando o conceito de comunicação no processo construtivo. Os integrantes (AEC) responsáveis pelo empreendimento passam a manter uma comunicação entre si e projetar de forma conjunta em modelos virtuais desenvolvidos em uma única base de dados, onde o projeto é visualizado integralmente. (CHUCK EASTMAN, PAUL TEICHOLZ, RAFAEL SACKS, 2014)

Ao converter vários sistemas de representação em uma mesma linguagem, o meio digital amplia as capacidades associativas dos sistemas de representação espacial, interoperabilidade, possibilitando a criação de objetos tridimensionais gerados a partir de elementos de alta complexidade geométrica. Ao unir o sistema de representação tradicionalmente usado com uma linguagem que permite que o espaço seja expresso em um suporte multidimensional, ou seja, espaço virtual, a tecnologia de computação permite que o espaço seja expresso em um ambiente semelhante ao ambiente real. (GONÇALVES, 2009)

A evolução das tecnologias de informática faz com que os aplicativos de computação estejam em vários locais ao mesmo tempo, isso acontece em telefones celulares, tablets e em outros dispositivos. Como consequência, os ambientes colaborativos estão tendo um grande desenvolvimento, demandando ambientes mais realistas através do uso da Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA). (CLAUDIO KINER, 2007)

Com a RA, os usuários podem compartilhar objetos reais e virtuais em um espaço de uso geral no mundo real, sem ter que estar na frente de um computador. Onde ao Introduzir objetos virtuais em um espaço compartilhado é benéfico não apenas para permitir que um grupo manipule objetos que não existem no mundo real, mas também para manipular objetos reais com informações que são consultadas e modificadas pelos usuários à medida que o trabalho avança. (CLAUDIO KINER, 2007)

Além disso, de acordo com AZEVEDO *et al* (2009), a elaboração de projetos virtuais facilita a observação de possíveis incongruências nos projetos

existentes, bem como o cálculo das quantidades de materiais necessários à construção do edifício.

Dessa forma, com a metodologia BIM aplicada com a Realidade Aumentada *in loco*, visa evitar diversos custos e erros desde a fase de projeto até a fase de execução, prevendo o que poderiam ocorrer em um empreendimento com incompatibilidades, além de mitigar a ausência da comunicação entre os integrantes AEC em função do amplo acesso a compatibilização dos projetos, proporcionada em escala de projeto para a escala real na execução do empreendimento.

## **1.1. Objetivos**

### *1.1.1. Objetivo Geral*

Analisar a compatibilização no projeto de instalações hidrossanitário residencial unifamiliar com aplicação da Realidade Aumentada – RA inserida na metodologia BIM.

### *1.1.2. Objetivos Específicos*

- Avaliar a compatibilização em escala de projeto no REVIT.
- Examinar a compatibilização em escala real com a Realidade Aumentada.
- Comparar os benefícios da compatibilização das instalações hidrossanitárias em escala real e escala de projeto.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Evolução gráfica entre CAD e REVIT

Embora o uso do sistema CAD tenha trazido desenvolvimentos relacionados a forma de projetar e construir, não mudou expressivamente. Em vez disso, apenas as ferramentas de desenho são transferidas para o computador, o que reduz erros, reduz o tempo e simplifica o trabalho. Em suma, o processo fica mais fácil, mas o resultado final é apenas para fins representativos. (NUNES e LONDRINA, 2019)

Como ressalta Hilgenberg *et al.* (2012), o que é diferente dos programas orientados pelos sistemas CAD, onde as incongruências e as alterações de projeto devem ser corrigidas manualmente. No REVIT, um dos softwares BIM, o modelo pode ser alterado dinamicamente. A visualização das informações pode ser feita por meio de elementos tridimensionais que são modificados de forma automática e interativa em qualquer visualização. Nesse caso, as informações são armazenadas em arquivos sincronizados entre si, aonde é realizado pela própria ferramenta de computação e não pelo usuário.

Segundo (NUNES e LONDRINA, 2019), ao contrário dos sistemas CAD que contêm elementos chamados blocos, a ferramenta REVIT que usa o método BIM fornecem objetos que geralmente são caracterizados por famílias. Esses objetos armazenam informações técnicas específicas sobre materiais de construção. De acordo com isso, a ferramenta pode não apenas fornecer superfície de corte e elevação, acabamento, área, mas também calcular valor estimado e custo de construção. Dessa forma, a modelagem 3D pode ser usada para monitorar de perto o andamento do projeto, desde o estágio preliminar até a apresentação final. Como destaca também Scheer *et al.* (2007).

Sistemas CAD-BIM para projetos arquitetônicos trabalham com objetos paramétricos como janelas, paredes, portas, entre outros. Esses tipos de sistemas incorporam o conceito BIM (*Building Information Modelling*) e possuem a capacidade para armazenar informações necessárias ao longo do ciclo de vida do projeto, abrangendo aspectos de concepção, operação, manutenção e gerenciamento. Diferentemente dos sistemas CAD geométricos, que permitem apenas a representação de entidades gráficas, como linhas e pontos, os sistemas CAD-BIM conseguem representar a semântica do projeto, facilitando o intercâmbio de dados. (SCHEER *et al.*, 2007, p. 01)

Outra grande vantagem, diz respeito aos resultados de uma pesquisa realizada por CAMPOS NETO *et al.* (2012), que o BIM pode reduzir o tempo para projetos de engenharia em infraestrutura duas vezes. Ele também mencionou que um único profissional com conhecimento prévio do sistema, conseguiu obter um inventário maior de informações do que um grupo composto por três profissionais que elaboraram um mesmo projeto por métodos tradicionais.

O REVIT é uma tendência, sendo que os escritórios AEC que não adquirirem perderão dinheiro, porque ficarão mais lentos e ainda encontrarão os mesmos problemas operacionais que são apresentados hoje. Rapidez, agilidade e redução de custos são as chaves para o sucesso de qualquer negócio. O REVIT pode fornecer todas essas funções. (JUSTI, 2008)

## **2.2 Metodologia BIM – *Building Information Modeling***

EASTMAN *et al.* (2014, p.13), define o BIM como, “uma tecnologia de modelagem e um conjunto associado de processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção”.

Deste modo, o BIM é uma técnica de modelagem e um conjunto de processos relacionados para gerar, comunicar e analisar modelos arquitetônicos (edifícios e outras obras de engenharia civil, incluindo elementos estruturais, não estruturais e geotécnicos). A qual possibilita a transmissão de informações de engenharia ser realizada sem desenhos detalhados (LINO, AZENHA e LOURENÇO, 2012).

Com isso, o modelo BIM torna-se um recurso compartilhado para um edifício ou instalação desde os primeiros desenhos de projeto, passando pela construção, por eventuais manutenções, por quaisquer alterações, acréscimos ou reformulações de uso, até o fim da vida útil podendo chegar à demolição final. (AZEVEDO, 2009)

Além disso, as ferramentas BIM proporcionam também a visualização 3D, que tem uma grande vantagem, onde os obstáculos são facilmente apontados aos projetistas, uma vez que há visualização de todas as incompatibilidades e incongruência, solicitando assim respostas imediatas (KYMMELL, 2008).

Ao mesmo tempo, os dados sobre as características geométricas dos elementos que compõem o edifício, o modelo digital de informação também inclui seus atributos, sejam eles mecânicos, prazos ou custos. Também é importante ser

capaz de armazenar informações de parâmetros com relações entre diferentes elementos, bem como fluxos de trabalho funcionais entre várias atividades que suportam o processo de construção. (LINO, AZENHA e LOURENÇO, 2012)

### **2.3 Implantação da plataforma BIM nos escritórios AEC**

Há algumas décadas atrás, os desenhos de projetos da construção civil eram realizados à mão. Canetas nanquins, lápis, papel, borracha e escalímetros eram alguns dos instrumentos mais utilizados por toda a indústria de desenho projetivo. Com o desenvolvimento e evolução dos computadores e softwares, dá-se início, na década de 1980, à difusão conceito Computer Aided Design (CAD) (DIETRICH, G., 2014). Depois disso, os programas CAD se tornaram cada vez mais populares, e os desenhos de projetos à mão foi ficando esquecido no passado. As ferramentas que antes eram consideradas práticas e modernas, agora se tornam ultrapassadas. A partir de então, os desenhos passaram a ser feitos em computadores, primeiramente em 2D e posteriormente em 3D. As ferramentas CAD rapidamente despontaram no mercado, principalmente por ter uma melhor apresentação do produto, diminuindo o tempo, facilitando o gerenciamento e, assim, aumentando a produtividade. No entanto, apesar da mudança radical apresentada e das otimizações trazidas pelas ferramentas, ao se produzirem projetos mais complexos, ficou claro que tal metodologia apresentava fragilidades e que a tecnologia vigente permitia avanços mais significativos.

A primeira revolução foi provocada pelo AutoCAD, uma das ferramentas do sistema CAD, que mudou a prancheta Arquimedes para a prancheta virtual usada no escritório AEC. No entanto surgiram alguns concorrentes, como o ArchiCAD, que já pode ser considerado parametrizado. Então o fabricante do AutoCAD, a Autodesk, descobriu que criar um software parametrizado levaria muito tempo até superar seu concorrente ArchiCAD. Para tanto, uma solução viável que foi encontrada pela Autodesk, foi adquirir a *Upstart Revit Technology Corporate* e lançou a primeira versão em abril de 2000. (JUSTI, 2008)

Então com os atuais softwares de criação e modelagem, os escritórios AEC, começaram a aderir a metodologia BIM, em que busca integrar todo o processo de produção em um único projeto, abrange diretamente problemas já característicos da escritórios AEC e se destaca também pela novidade das dimensões 4D (gerenciamento do tempo) e 5D (gerenciamento de custo). Este

conceito vem tomando gradativa presença nos escritórios das indústrias de AEC e tem capacidade para revolucionar o atual método de trabalho, permitindo a colaboração entre profissionais, diminuindo o retrabalho, otimizando o gerenciamento de obras e a integração entre softwares e documentos. Assim, tal metodologia contribui para a redução de custos e para a melhoria na qualidade não apenas de projetos mais do método de trabalho como um todo (BRENDER, LIMA e RIBEIRO, 2016).

Mais difundido em países como Estados Unidos, Singapura e Reino Unido (FEITOSA, 2016), o BIM vem ganhando espaço no mercado de trabalho brasileiro, principalmente em escritórios de arquitetura. Desta forma, obter informações sobre o nível de conhecimento e estimativas do uso da tecnologia pelos profissionais dos escritórios AEC no Brasil se faz importante, nos permitindo analisar métricas e traçar perspectivas para o futuro do setor construtivo do país. Tendo essa necessidade em vista, foi desenvolvida uma pesquisa de campo visando diagnosticar como o mercado de trabalho das indústrias de AEC vem absorvendo e usufruindo os conceitos e vantagens desta nova filosofia de trabalho. No contexto dos escritórios AEC, o BIM tem se mostrado uma plataforma essencial para promover a integração de processos, eliminando ineficiências e redundâncias, como ociosidade e retrabalho, aumentando a cooperação e comunicação para obter melhores resultados de produtividade (CAMPBELL, 2007).

O BIM promove uma maior integração de projetos e de todos os processos envolvidos na construção, obtendo uma melhor qualidade para o empreendimento, com uma redução no tempo de execução do edifício e menor custo de projeto (CHUCK EASTMAN, PAUL TEICHOLZ, RAFAEL SACKS, 2014).

Em vista as implantações de tecnologias em BIM nos escritórios AEC, existem bastantes resistências. As causas por estas resistências são diversas, entre elas, o longo processo de aprendizagem, a falta de tempo e recursos financeiros dos escritórios de projeto e a deficiência da utilização dos softwares por parte dos profissionais atuantes da área, pois um fator de relutância é a cultura enraizada da utilização do CAD nos escritórios. Entretanto é necessário a reorganização das empresas através de mudanças nos processos, da implementação de uma nova forma de execução dos projetos e de um novo modo de trabalhar, visto agora de forma totalmente integrada. Além disso, o uso dessas novas tecnologias requer novas qualificações do profissional, aquisição de novas ferramentas, e uma nova

forma de lidar com os agentes responsáveis por cada etapa de todo o processo. (JUSTI, 2008)

Na Europa e nos Estados Unidos, observa-se que a aplicação dos conceitos BIM em projetos de construção e engenharia é crescente, e os elementos do processo de projeto, obra e gestão na formulação de modelos virtuais têm sido tratados de forma integrada (MELLO e AMORIM, 2009). A experiência internacional confirma a forte tendência de adoção de tecnologia, o que mostra o grande potencial no desenvolvimento de projetos em escritórios de AEC para aumentar a produtividade e proporcionar maior qualidade.

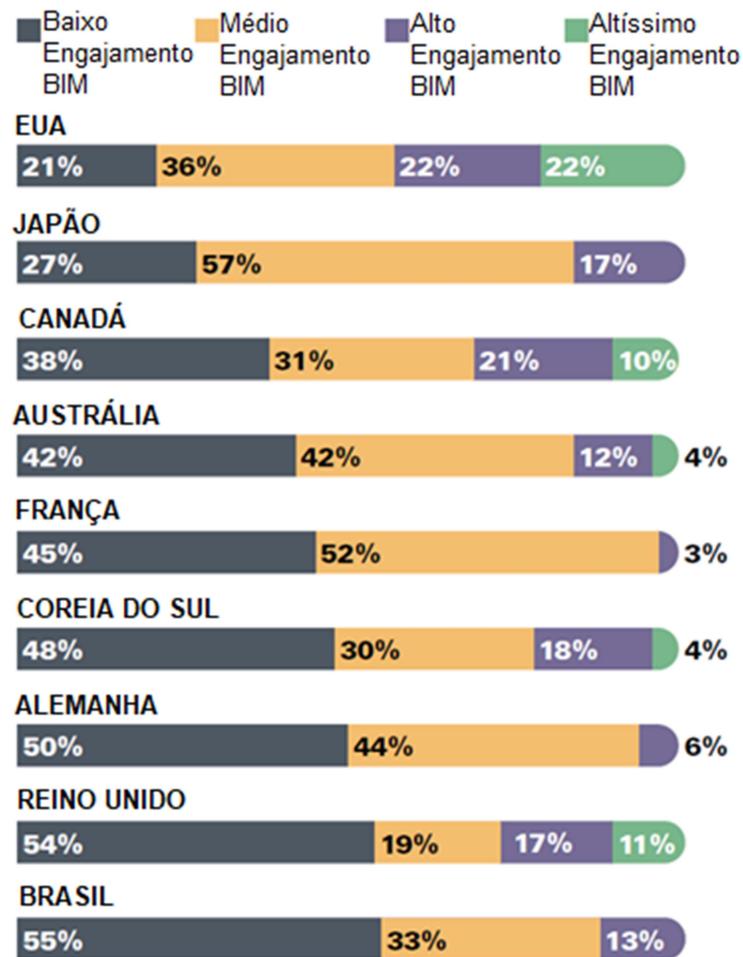
Inspirados nas inúmeras possibilidades e facilidades proporcionadas pela tecnologia BIM, alguns escritórios de projetos brasileiros seguiram a tendência internacional e aplicaram os sistemas BIM à vanguarda de suas empresas no início dos anos 2000. Levando em consideração o desenvolvimento de programas e a motivação para adquirir software, fazendo com que eles migrem para a estante do escritório, mas não necessariamente para a máquina do projetista. (SOUZA, AMORIM e LYRIO, 2009)

A carência de talentos profissionais, a resistência à mudança e o grande investimento em maquinários e treinamentos são alguns dos fatores que dificultam a efetiva implantação da tecnologia nas áreas de projeto do país. Devido aos riscos e incertezas, as empresas criaram obstáculos e esperam que a integração da tecnologia seja implementada. (NASCIMENTO e SANTOS, 2003)

No Brasil a estimativa do uso do BIM pelos profissionais atuantes dos escritórios AEC ainda está em longo prazo, segundo o trabalho feito por BRENDA, LIMA e RIBEIRO, (2016), quase 50% das pessoas entrevistadas acreditam que será necessário mais de 15 anos para que 90% das indústrias AEC usem o BIM regularmente.

A indústria nacional precisa acompanhar o desenvolvimento internacional, buscar adaptar a tecnologia BIM à realidade brasileira, promover sua divulgação em larga escala no Brasil e buscar a modernização dos processos da construção civil (SOUZA, AMORIM e LYRIO, 2009). A Figura 1 representa o engajamento do BIM nas empresas contratadas do Brasil em relação ao engajamento nas empresas contratadas em outros países estudados.

Figura 1- Porcentagem de contratados em cada nível de engajamento BIM



FONTE: McGraw Hill Construction, The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets, 2014.

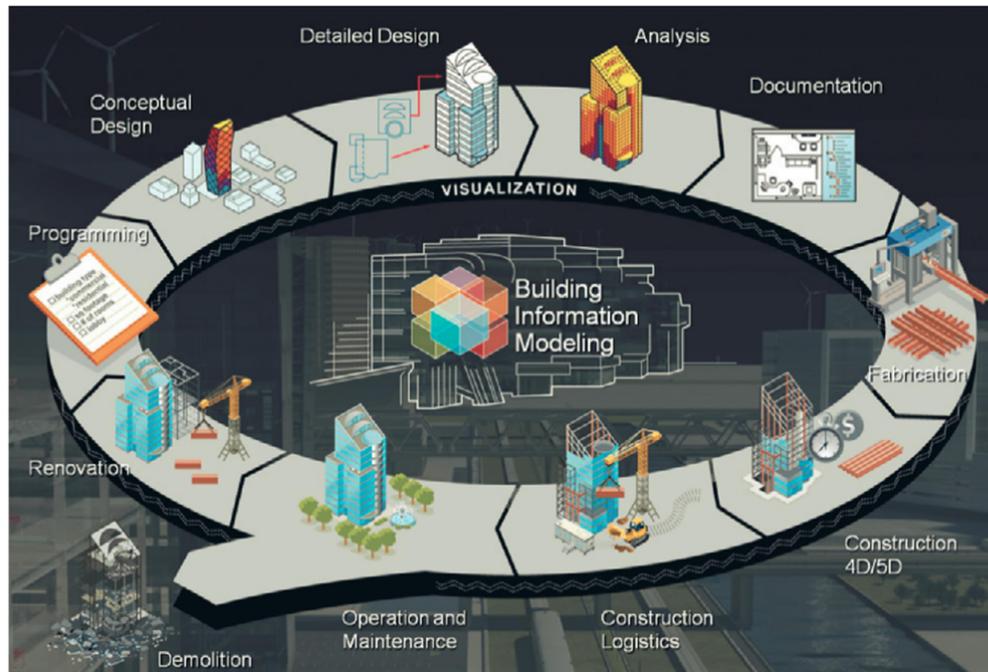
De acordo com a figura exposta acima, evidencia o baixo engajamento do BIM nas empresas contratadas do Brasil e quão está atrasado em comparação aos outros países.

## 2.4 Gerenciamento construtivo através da plataforma BIM

A adoção de sistemas BIM aponta para a necessidade de revisão do processo de projeto e sua gestão na construção civil. A colaboração entre os membros das equipes de projeto passa a girar em torno de um modelo fundamentado nas informações necessárias para o planejamento e construção de um edifício. Nesse contexto, o envolvimento dos profissionais durante as fases de orçamento e concepção de projetos, de planejamento e de construção mostra-se adequado à formação de um modelo consistente do edifício (COELHO e NOVAES,

2008). A Figura 2 mostra um esquema da utilização da plataforma de BIM na cadeia produtiva da construção civil.

Figura 2- Esquema da utilização da plataforma BIM na cadeia produtiva da construção civil



Fonte: <http://buildipedia.com/instudio/item/1212-the-daily-life-of-building-information-modeling-bim>

A figura exibida acima mostra a presença da metodologia BIM em torno de um modelo fundamentado nas informações necessárias para gerir desde o planejamento de um edifício até a sua demolição.

Tobin (2008) relata a necessidade de minimizar os conflitos entre as informações sobre a construção, apontando o BIM como uma ferramenta capaz de ir além da representação para a simulação do processo construtivo. Para compreender como a adoção desta tecnologia pode ocorrer, o autor apresenta três gerações de implantação do BIM, chamando-as de BIM 1.0, 2.0 e 3.0. No BIM 1.0 os softwares parametrizados substituem os modelos CAD 2D, revelando benefícios como a melhor coordenação e mais rápida produção da informação. Porém sua utilização está restrita aos projetistas, que decidem o quanto irão implantar das novas tecnologias.

O BIM 2.0 ocorre quando os profissionais de diferentes áreas passam a incorporar no modelo informações como tempo (4D), orçamento (5D), engenharia

energética, análise ambiental, e assim por diante (nD). Construtores e projetistas são obrigados a sair de sua área de conforto e se unir para viabilizar o uso potencial desta nova tecnologia. A cooperação entre os envolvidos e a interoperabilidade das informações são itens fundamentais nesta fase de implantação. (BROCARD, 2012)

Chamada pelo autor de pós-interoperabilidade, o BIM 3.0 engloba modelos completos da edificação, nos quais iniciativas como o protocolo IFC (*Industry Foundation Classes*) e os desenvolvidos pela *BuildingSmart* promoveriam a interdisciplinaridade nas trocas das informações. Elaborados de modo colaborativo, estes modelos seriam um protótipo do processo real de construção, que poderiam ser disponibilizados através da internet e acessados de qualquer lugar. (TOBIN, 2008)

Segundo (COELHO e NOVAES, 2008), a evolução do BIM 1.0 ao BIM 3.0 não está restrita a implantação de uma nova tecnologia, sendo envolvidos diversos fatores como a adoção de novos fluxos de trabalho, planejamento desde a fase inicial de projeto, recursos avançados de visualização, além da transferência contínua de conhecimento entre os diversos agentes participantes do processo. Os autores especulam que o BIM 3.0 irá viabilizar um ambiente colaborativo no qual aspectos referentes à construção poderão ser constatados e discutidos em tempo real.

Estudos sobre a gestão do processo de projeto apontam que na prática o planejamento e o controle do processo de projeto convertem-se em situações de caos e imprevisto, o que leva a problemas não apenas na comunicação como também em falhas da geração dos documentos referente ao projeto, erros nas tomadas de decisão gerando situações na maioria das vezes bastante complexas de serem solucionadas. (LIMA *et al.*, 2014)

## **2.5 Diretrizes do BIM no ciclo de vida do empreendimento**

Uma das vantagens do BIM é a troca de conhecimentos em toda a organização do projeto, o que pode melhorar o relacionamento entre arquitetos, engenheiros, profissionais da construção, gerentes de instalações e proprietários de edifícios; esse recurso também permite que equipes multidisciplinares a manter em sincronia umas com as outras (CATELANI, 2016).

A tecnologia BIM pode apoiar e melhorar muitas práticas na indústria de construção, benefícios significativos já foram alcançados em vários estágios do ciclo de construção (em comparação com as práticas tradicionais como CAD 2D), conforme mostrado a seguir. (EASTMAN et al., 2014).

### *2.5.1 Etapa de concepção do empreendimento*

Para concepção do empreendimento são feitos estudos técnicos preliminares e análises de alternativas distintas, além de viabilidade técnica. Em que estudos preliminares correspondem ao conjunto de elementos que objetivam analisar o empreendimento, caracterizando e avaliando as possíveis alternativas para a implantação do projeto e procedendo à estimativa de custos de cada uma delas, onde junto com a viabilidade técnica, que levará em conta aspectos como métodos construtivos, materiais e equipamentos necessários para a realização da obra, além de condições geotécnicas do terreno, haverá uma excelente concepção do empreendimento (MATOS, 2016).

### *2.5.2 Etapa de Projeto*

Uma das grandes dificuldades dessa etapa é estimar um projeto neste estágio, mas não se deseja perder muito tempo com custos e estimativas que parecem estar muito além do orçamento. Com isso, utilizando um processo em que o software de modelagem 3D é usado para desenvolver um modelo de informação da construção baseado em critérios que são importantes para a tradução do projeto do edifício, em que isso está introduzido na metodologia BIM, o modelo de construção pode ser vinculado ao banco de dados de custos e o preço do projeto pode ser calculado imediatamente durante o processo de criação e alteração do modelo. Nos estágios iniciais, as ferramentas de análise e simulação podem ser usadas para avaliar a funcionalidade e sustentabilidade da construção apenas quando os modelos esquemáticos estão disponíveis. Isso permite que defina o projeto e certas instruções de desenvolvimento com antecedência, melhorando assim a qualidade geral da construção (D'APARECIDA, 2018).

### 2.5.3 Etapa de Construção

O uso da metodologia BIM, proporciona para a construção excelentes resultados, a aplicação desta tecnologia de forma direta no canteiro de obras possibilita melhorias imensuráveis, sendo uma delas é a possibilidade de ter projetos multidisciplinares em obra, além de o modelo permitir exportação de pranchas com plantas, elevações, imagens 3D, cortes. Com isso, pode-se simular o processo de construção, visualizar os métodos de construção diários e revelar possíveis incongruências e chances de melhoria. Os conflitos entre sistemas de diferentes disciplinas podem ser identificados antes da construção, em que isso pode agilizar o processo de construção, reduzir o risco de alteração dos custos do projeto devido a incompatibilidades e necessidade de correção de erros. Caso tenha a necessidade de mudança de projeto durante o processo de construção, o modelo modificado definido pelas regras de parâmetros também atualizará imediatamente a estimativa de custo e a programação. Além de todas as facilidades já mencionadas que o BIM proporciona para a construção, a tecnologia BIM também pode simplificar o processo de fabricação, pois os elementos 3D do modelo podem ser enviados para a fábrica. (D'APARECIDA, 2018)

### 2.5.4 Etapa de Operação e Manutenção

O processo em que a estrutura do edifício (paredes, pisos, telhado etc) e instalações (mecânica, elétrica, encanamento etc) são gerenciados durante a vida operacional de uma instalação, um software BIM de manutenção bem-sucedido irá melhorar o desempenho do edifício, reduzir reparos e os custos gerais de operação.

De acordo com Matos (2016), a melhor gestão e operação de construções, os modelos BIM são repletos de informações que podem ser favoráveis na construção de processos operacionais. Conforme a *McGraw Hill Construction* e empresas de outros países, como Alemanha, Austrália, Brasil, entre outros, relataram que, os principais benefícios do uso do BIM são: melhor compreensão do projeto, uma vez que as incongruências são corrigidas ainda no estágio de projeto, erros no processo de execução da construção são reduzidos, problemas de coordenação, capacidade de análise e simulações BIM são reduzidos, e os projetos gerados mais eficazes, além de benefícios no cronograma e controle de custos (MCGRAW HILL CONSTRUCTION, 2014).

## 2.6 Interoperabilidade

A interoperabilidade representa a necessidade de passar dados entre aplicações, permitindo que múltiplos tipos de especialistas e aplicações contribuam para o trabalho em questão. A interoperabilidade baseia-se tradicionalmente em intercâmbio de formatos de arquivos, como o DXF (*Drawing eXchange Format*) e o IGES (*Initial Graphics Exchange Specification*), que intercambiam somente a geometria. (CHUCK EASTMAN, PAUL TEICHOLZ, RAFAEL SACKS, 2014)

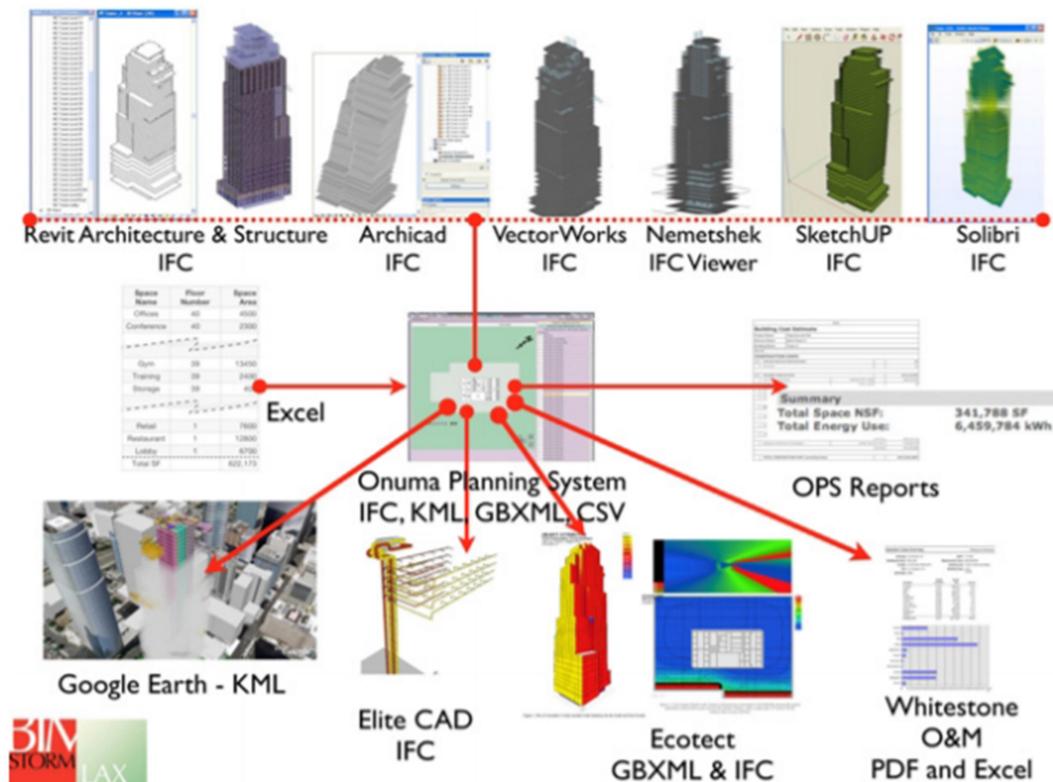
Começando no final dos anos 1980, os modelos de dados foram desenvolvidos para dar suporte a intercâmbios de modelos de produtos e de objetos dentro de diferentes indústrias, conduzidos pelo esforço internacional de padronização ISO-STEP. Os padrões de modelos de dados foram desenvolvidos tanto pela organização ISO quanto por esforços da indústria, usando a mesma tecnologia, especificamente a linguagem de modelagem de dados *EXPRESS*. A *EXPRESS* é legível por máquina e possui múltiplas implementações, incluindo um formato compacto de arquivo de texto, implementações de bancos de dados de objetos e SQL e implementações em XML. Todas estão em uso. (CHUCK EASTMAN, PAUL TEICHOLZ, RAFAEL SACKS, 2014)

A colaboração e partilha entre os diversos intervenientes no processo, torna essencial a agilização da troca de dados entre sistemas diferentes e a correta transmissão de informação. No caso do formato de dados para transferência de informação de objetos 3D, a normalização do modelo do produto, usada para representar informação de edifícios, é feita através do formato aberto designado por *Industry Foundation Classes* (IFC) desenvolvido pela organização *BuildingSMART*, que tende a ser uma norma de aceitação universal para a troca de dados de modelos de edifícios e que inclui a geometria, a estrutura do objeto e atributos de material e de desempenho. No entanto, esta standardização, na sua tentativa de ser o mais abrangente possível (projeto, construção, dados dos produtos), tem limitações, tais como a representação de geometrias complexas, pelo que se torna crucial a contínua promoção do estudo e desenvolvimento de linhas de investigação que identifiquem a troca de informações entre os fluxos de trabalho do projeto de edifícios e especifiquem os seus conteúdos e o seu nível de detalhe. (LINO, AZENHA e LOURENÇO, 2012)

Um dos vários formatos de intercâmbio, é o intercâmbio público, onde envolvem o uso de um padrão aberto para o modelo de construção, dos quais o IFC

(W 2007) ou o CIS/ 2 (CIS/ 2 2007) para aço são as principais opções. Note que os formatos de modelo de produto carregam propriedades de objetos e de materiais e também relações entre objetos, além da geometria. Estas são essenciais para a interface com aplicações de análise e gerenciamento de construções (CHUCK EASTMAN, PAUL TEICHOLZ, RAFAEL SACKS, 2014). A Figura 3 mostra um exemplo de Interoperabilidade.

Figura 3- Exemplo de Interoperabilidade



Fonte: :<<http://www.onuma.com>>

A figura apresentada acima mostra a troca de dados entre sistemas diferentes e a correta transmissão de informação que vai além da geometria, ocasionada devido à interoperabilidade.

O formato IFC pode ser usado para partilhar dados BIM entre softwares desenvolvidos por diferentes empresas sem a necessidade de suportar formatos nativos diversos. Como é formato aberto não pertence a nenhuma empresa e, portanto, é neutro e independente (IAI, 2010).

As informações requeridas em todas as etapas são adquiridas através de estudos e análises em softwares. Cada tipo de informação necessita de um software diferente. Assim, são utilizados vários softwares, por diferentes especialistas ao longo do ciclo. Esse processo mostra a importância da interoperabilidade. Ela garante a transferência da informação de um software para o outro para que o ciclo não seja interrompido (SMITH e TARDIF, 2004).

## **2.7 Compatibilização dos projetos BIM**

A compatibilização de projetos é descrita como o gerenciamento de vários projetos e sistemas de um edifício de maneira que estes, por serem dependentes entre si, não se interfiram, criando soluções integradas entre as diversas áreas que tornam o empreendimento viável. Sendo assim, esse atributo deve ser válido e confiável desde o início dos estudos de caso do empreendimento até o início das atividades para ele destinadas (MIKALDO e SCHEER, 2008).

Na compatibilização em 2D, se insere um projeto base, por exemplo o de instalações hidrossanitárias, em bloco e em seguida algum outro projeto, como por exemplo o de prevenção contra incêndios. Esse tipo de compatibilização é um tanto quanto falha, pois omite algumas informações como cotas de tubulações entre outros, porém algumas interferências, sobreposições de elementos e falhas de projetos podem ser verificadas dessa maneira (SPERLING, 2002).

Uma solução para sanar incompatibilidades encontradas em projeto é o uso da plataforma BIM. Esse tipo de plataforma integraliza os projetos e os projetistas, fazendo com que trabalhem em cima de um projeto base, geralmente o de arquitetura. Esse processo demanda certo investimento no início para a compra de softwares e de um computador com grande capacidade de processamento de gráficos 3D e informações (MIKALDO e SCHEER, 2008).

Todo o processo de elaboração de projeto em BIM ocorre de maneira integrada entre os profissionais envolvidos. São geradas inúmeras informações ao mesmo tempo e em diferentes projetos. Embora todas as informações do projeto estejam contidas em um modelo com banco de dados único, a integração entre os profissionais ainda se faz quase que obrigatória. (MARSICO *et al.*, 2017)

Segundo Checcucci, Pereira e Amorim, (2011), a colaboração trata de uma forma de trabalho em equipe interdisciplinar, com a finalidade de organizar o processo de projeto e construção visando padronizar as trocas de informações com

a mínima perda de dados entre profissionais de diferentes áreas. Desta forma, esta padronização aliada à colaboração entre os agentes, consegue-se definir as seguintes diretrizes: de quem serão produzidos os modelos; quem será responsável por modelar cada item da edificação; qual profissional irá coordenar o processo de modelagem e gerenciar a base de dados BIM (edifício virtual); o que e como deverá ser representado e; quais informações deverão ser inseridas em cada fase do ciclo de vida da edificação.

Já no desenvolvimento de projetos de pequeno porte, como sobrados e residências, um único profissional elabora todos os projetos. Isso não quer dizer que esteja livre de interferências, fato que justifica uma compatibilização (FARINHA, 2012).

## **2.8 Expressão gráfica e o espaço virtual produzido pelos programas 3D**

Os computadores trouxeram novos e complexos processos de interação com os aplicativos, que exigem conhecimentos simbólicos e requisitos de treinamento, pois o conhecimento do mundo real não é mais suficiente. (CLAUDIO KINER, 2007)

Ao utilizar ferramentas tecnológicas, os objetos não podem ser representados simplesmente por sua estrutura formal no ambiente virtual. Um programa de gráficos 3D que usa algoritmos para simular a cor e a textura de materiais aplicados à superfície do objeto composto e combina materiais que registram condições externas, como incidência de luz na superfície, reflexão e geração de sombra, para que a imagem composta possa ser virtual há um maior senso de realidade na construção de objetos. (GONÇALVES, 2009)

Ainda sobre GONÇALVES (2009), diz que o espaço virtual gerado pelo programa 3D usa eixos de coordenadas retangulares x, y e z para representar o espaço tridimensional da mesma forma que os sistemas tradicionais de representação, como os sistemas de projeção ortogonal, desenho axonométrico. Porém, ao tentar integrar o sistema de representação com o mesmo código, o código digital, o computador e o programa gráfico 3D modificaram a ação de representação em relação ao objeto tridimensional.

## 2.9 Realidade Virtual e Aumentada

A realidade virtual surgiu como uma interface de nova geração por utilizar uma representação tridimensional mais próxima da realidade do usuário, além de proporcionar uma interação mais natural. A realidade virtual teve origem na década de 1960, quando Ivan Sutherland desenvolveu o ScketchPad, no entanto, ele não ganhou impulso até a década de 1990, quando o avanço tecnológico proporcionou condições para a execução em tempo real da computação gráfica interativa. Embora a realidade virtual tenha muitas vantagens, ela ainda precisa de equipamentos especiais, como capacetes, luvas, mouse 3D, entre outros, para permitir que os usuários se desloquem até o espaço do aplicativo e interajam nele. Além disso, o "transporte", desconhecido, do usuário até o ambiente virtual causa desconforto inicial e dificuldades de interação, geralmente exigindo treinamento. Esses problemas dificultam a popularização da realidade virtual como uma nova interface de usuário. (CLAUDIO KINER, 2007)

Por outro lado, na década de 1990, o desenvolvimento tecnológico também levou ao surgimento da realidade aumentada, que permitiu a sobreposição de objetos e ambientes virtuais com ambientes físicos por meio de determinados dispositivos tecnológicos. Com a convergência da tecnologia de visão computacional, softwares e equipamentos, com melhor relação custo-benefício, essas aplicações só se tornaram mais acessíveis no início dos anos 2000. Além disso, o fato de trazer objetos virtuais, por sobreposição, para o espaço físico do usuário permite interações tangíveis mais fáceis e naturais sem o uso de equipamentos especiais. Portanto, a realidade aumentada é considerada uma possibilidade concreta para a próxima geração de interfaces populares, que serão utilizadas em várias aplicações em espaços internos e externos. (CLAUDIO KINER, 2007)

Embora a realidade virtual dependa de dispositivos de visualização comumente usados em ambientes internos, como monitores, projetores e capacetes, a realidade aumentada não tem essa limitação em dispositivos híbridos e pode ser usada em qualquer ambiente, fechado ou aberto, por isso é abrangente e universal. Por outro lado, tanto a realidade virtual quanto a realidade aumentada podem ser usadas em aplicativos individuais e aplicativos coletivos locais ou remotos para fornecer uma experiência colaborativa (BILLINGHURST, 2001; CLAUDIO KIRNER *et al.*, 2018). A Figura 4 mostra um exemplo de ambiente virtual visto no monitor.

Figura 4- Exemplo de aplicação de realidade virtual



Fonte: Claudio KINER, Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações, 2007

No entanto, a vantagem da realidade aumentada é que ela permite o uso de ações tangíveis e operações multimodo envolvendo voz, gestos, toque, entre outros, sendo conveniente para os usuários trabalharem sem treinamento. A Figura 5 apresenta um exemplo de aplicação de realidade aumentada com uma mesa real enriquecida com vaso e carro virtuais.

Figura 5- Realidade aumentada com vaso e carro virtuais sobre a mesa



Fonte: Claudio KINER, Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações, 2007

A autenticidade da imagem composta é enfatizada pelo uso dos efeitos visuais da câmera, que registra o movimento de objetos no espaço virtual e a trajetória do observador ao longo do espaço virtual, da mesma forma que o criador fotografou objetos físicos no ambiente real. (GONÇALVES, 2009)

## **2.10 Realidade Aumentada por meio de aplicativos**

Obviamente, são necessárias ferramentas para o desenvolvimento de aplicações de realidade aumentada. Essas bibliotecas devem atender aos requisitos básicos do software, como: usabilidade, suporte para novas tecnologias, desempenho, manutenção, tolerância a falhas, portabilidade e reutilização. Além disso, eles devem fornecer recursos específicos para o campo RA, como suporte para dispositivos de entrada não convencionais, câmeras e mouses 3D, e imagens em tempo real. (CLAUDIO KINER, 2007)

Esse mesmo autor Claudio Kiner (2007), afirma que ferramentas avançadas evitam o entendimento profundo de materiais básicos como computação gráfica, interfaces com sistemas operacionais, entre outros, permitindo que os desenvolvedores se concentrem apenas em seus próprios aplicativos. Além disso, promovem a reutilização de estruturas e algoritmos comuns para gerenciar os recursos utilizados.

Uma das ferramentas utilizada para a aplicação da realidade aumentada é o AUGIN, uma plataforma de realidade aumentada para edifícios civis, podendo-se usar todas as funções e *plugins* da plataforma gratuitamente. O AUGIN foi lançado em 2019 na *Construtech*, o maior evento de tecnologia da construção do Brasil, e é um aplicativo para *Android* e *IOS* que pode introduzir modelos e projetos 3D em realidade aumentada com rapidez e precisão (AUGIN, 2020).

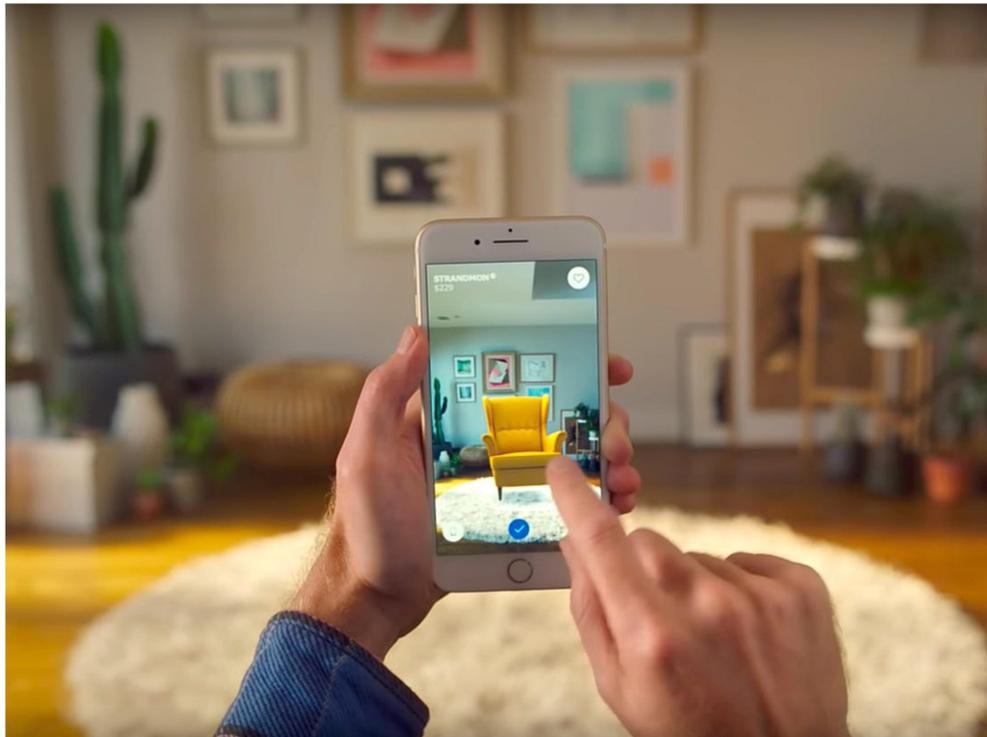
O aplicativo mudou completamente a forma de apresentar projetos e trabalhar em canteiros de obras, fornecendo projetos federados, informações BIM, diferentes modos de visualização e ferramentas convenientes para importação de projetos através de *plugins* e do espaço MY AUGIN no site (AUGIN, 2020)

### **2.10.1 AUGIN APP**

Além de democratizar o acesso à realidade aumentada, o Augin App também traz muitos benefícios para a construção civil, como detectar imediatamente

interferências e erros de execução. A interação sempre existe porque, por exemplo, além de visualizar paredes em vez de lacunas, ela também pode circular pelo ambiente e tudo pode ser mostrado ao cliente final imediatamente. É importante também notar que o projeto 3D promove a compreensão de todos (REVISTA CASA CERÂMICA, 2019). A Figura 6 proporciona um exemplo de um bom emprego de realidade aumentada com a inserção de uma poltrona na sala.

Figura 6- Esquema da utilização de Realidade Aumentada



Fonte: :< <https://augin.app/>>

### 2.10.2 AUGIN AR WEB

Lançado em 2020, AUGIN AR WEB é uma solução de aplicativos que pode facilmente apresentar projetos e modelos 3D através de qualquer navegador da Internet de forma imersiva. Com AUGIN AR WEB, a construção civil obteve uma nova forma de visualizar produtos e projetos em 3D e realidade aumentada, sendo possível entender detalhes de projeto vendo e interagindo com o modelo de uma forma muito mais parecida com a vida real do que vídeos, imagens ou renders estáticos (AUGIN, 2020). A Figura 7 apresenta um exemplo da utilização de realidade aumentada da plataforma AUGIN mostrando detalhes de projeto, como componentes e matérias utilizados.

Figura 7- Esquema da utilização da plataforma AUGIN mostrando detalhes de projeto



Fonte: :< <https://augin.app/>>

### 2.10.3 AUGIN HUB

Uma coleção de ferramentas criadas para ajudar empresas de todos os tamanhos a visualizar e conferir seus projetos de maneira fluida e rápida. Como o modo Avatar, que dentro do projeto é alocado um avatar onde transita livremente tendo uma melhor experiência de como vai ficar o empreendimento, e como o modo Drone, onde se aloca um drone virtual no projeto e tem uma melhor apresentação do projeto (AUGIN, 2020). A Figura 8 proporciona um exemplo de aplicação de realidade aumentada com um esquema de utilização da plataforma AUGIN modo Avatar.

Figura 8- Esquema da utilização da plataforma AUGIN modo Avatar



Fonte: :< <https://augin.app/>>

A Figura 9 proporciona um exemplo de aplicação de realidade aumentada com um esquema de utilização da plataforma AUGIN modo Drone.

Figura 9- Esquema da utilização da plataforma AUGIN modo Drone



Fonte:< <https://augin.app/>>

## 2.11 Realidade Aumentada aplicada ao BIM

A RA é uma das tecnologias que podem ser utilizadas para expandir o potencial da metodologia BIM e realizar outras formas de visualização e interação com edifícios, como visualização de elementos construtivos, sinalização de ambientes e inserção de informações nos campos da arquitetura, engenharia e construção. (MOREIRA, 2013)

As aplicações desenvolvidas com a tecnologia RA é uma ferramenta potencial para auxiliar o modo de produção de edifícios, além de auxiliar no projeto de modelos arquitetônicas, entre outras (AMIM, 2007).

Ferramentas focadas em RA podem ajudar a construir objetos virtuais e integrá-los ao ambiente real, incluindo certos comportamentos, como adicionar um objeto à cena quando um marcador é detectado. (CLAUDIO KINER, 2007)

### 3 METODOLOGIA

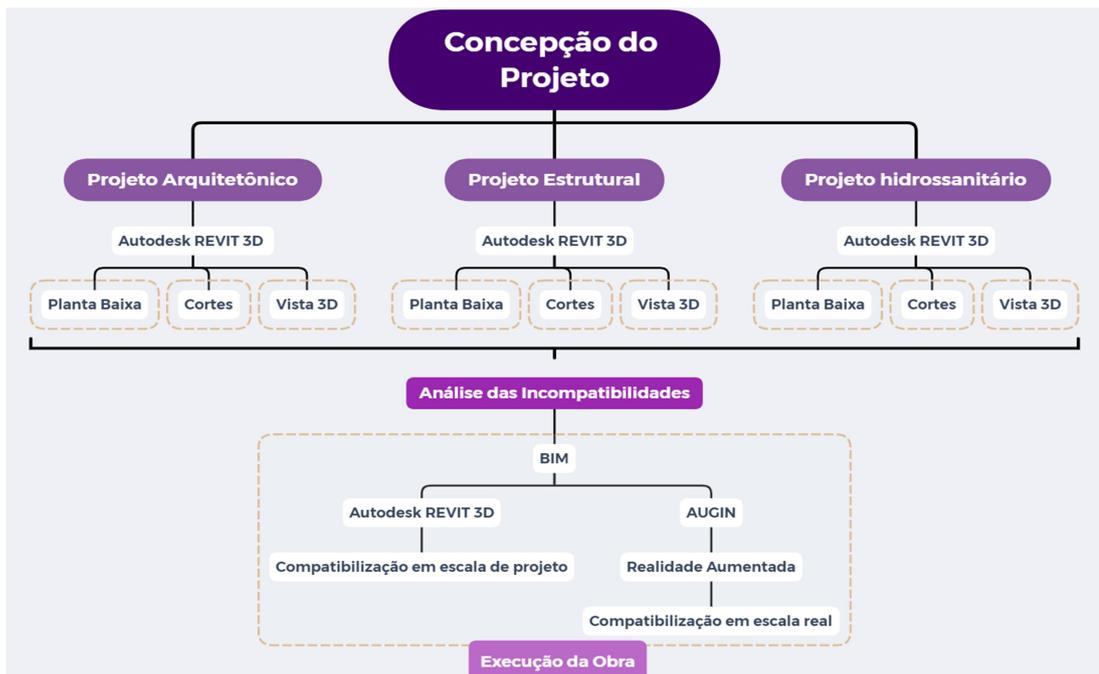
A pesquisa realizada no trabalho foi a quanti-qualitativa cuja esse estudo é utilizado quando se deseja constar as pesquisas qualitativas e quantitativas juntas. Segundo Proetti (2018), ajudam a conjecturar sobre o caminho a cursar na pesquisa científica, pois ajudam a compreender, revelar, qualificar e quantificar de forma verificável, permitindo que a importância dos fenômenos e fatos a serem estudados possam ser mensurados.

Como ressalta também Proetti (2018), o objetivo da pesquisa qualitativa não é quantificar, mas orientar o desenvolvimento de pesquisas que busquem respostas que possam compreender, descrever e explicar fatos, em que permite que os pesquisadores mantenham contato direto e interativo com os sujeitos da pesquisa. Já a pesquisa quantitativa é realizada estritamente de acordo com o plano previamente formulado, e os estudos definirão hipóteses e variáveis, aonde tem como objetivo enumerar e medir eventos de forma objetiva e precisa.

#### 3.1 Delineamento da pesquisa

O fluxograma apresentado na Figura 10 resume a estrutura geral da pesquisa, onde demonstra a linha de raciocínio adotada pelo autor deste trabalho.

Figura 10- Fluxograma geral da pesquisa



Fonte: (Autor)

### *3.1.1 Definição dos critérios de seleção do estudo de caso*

Para averiguar o impacto do BIM e da Realidade Aumentada do sistema residencial unifamiliar hidrossanitário foi necessária a seleção de um projeto que possibilitasse as análises buscadas no presente trabalho. Alguns critérios foram estabelecidos para definir as características do projeto a ser selecionado, as quais são apresentadas a seguir:

- Disponibilidade de uso: Os arquivos do projeto deveriam ser disponibilizados sem restrição para serem utilizados na pesquisa;
- Editável: Os arquivos do projeto deveriam estar em formato de arquivo editável;
- Dominar projetos arquitetônico e de sistema hidrossanitário.

### *3.1.2 Seleção do projeto*

Após a definição dos critérios de seleção do projeto, foi realizada a prospecção de projetos viáveis para o estudo. Com isso, devido à disponibilidade para a pesquisa, foram utilizados os projetos fornecidos pela empresa dos projetos complementares para a pesquisa.

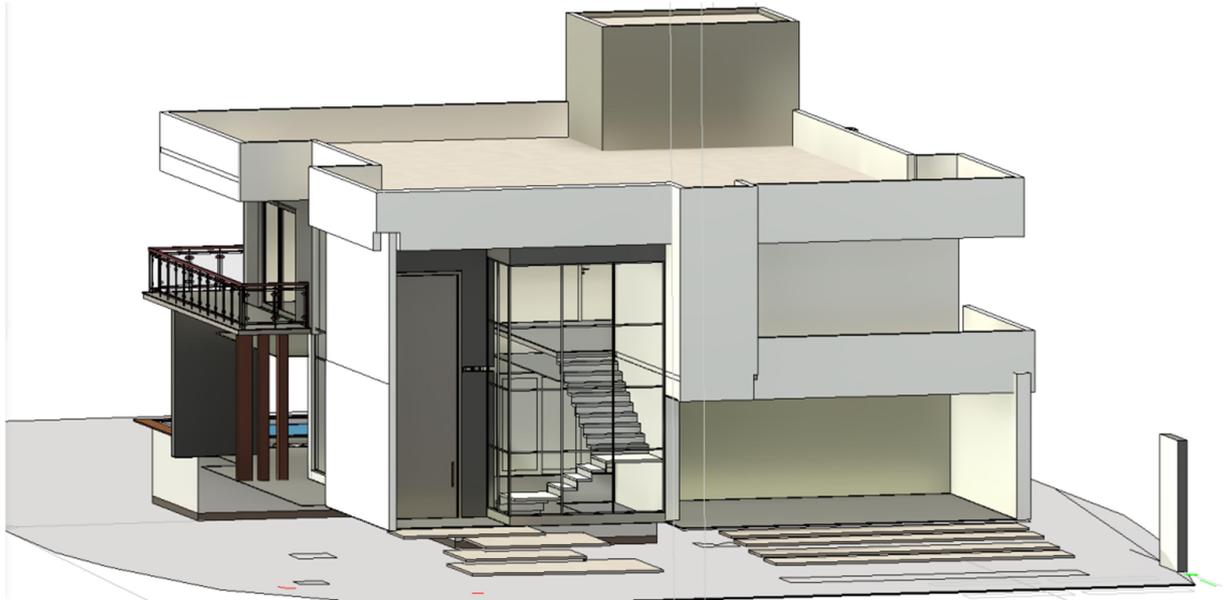
### *3.1.3 Estudo do projeto*

Foi realizado um estudo completo nos arquivos do projeto residencial unifamiliar visando o domínio dos sistemas utilizados, do método construtivo e de outras informações importantes tanto para a modelagem quanto para a criação do projeto em Realidade Aumentada, sendo definidos os sistemas a serem modelados, os elementos a serem utilizados na modelagem, os parâmetros e a metodologia de modelagem.



A figura 12 mostra a modelagem 3D do projeto arquitetônico do empreendimento.

Figura 12- Projeto arquitetônico modelagem 3D

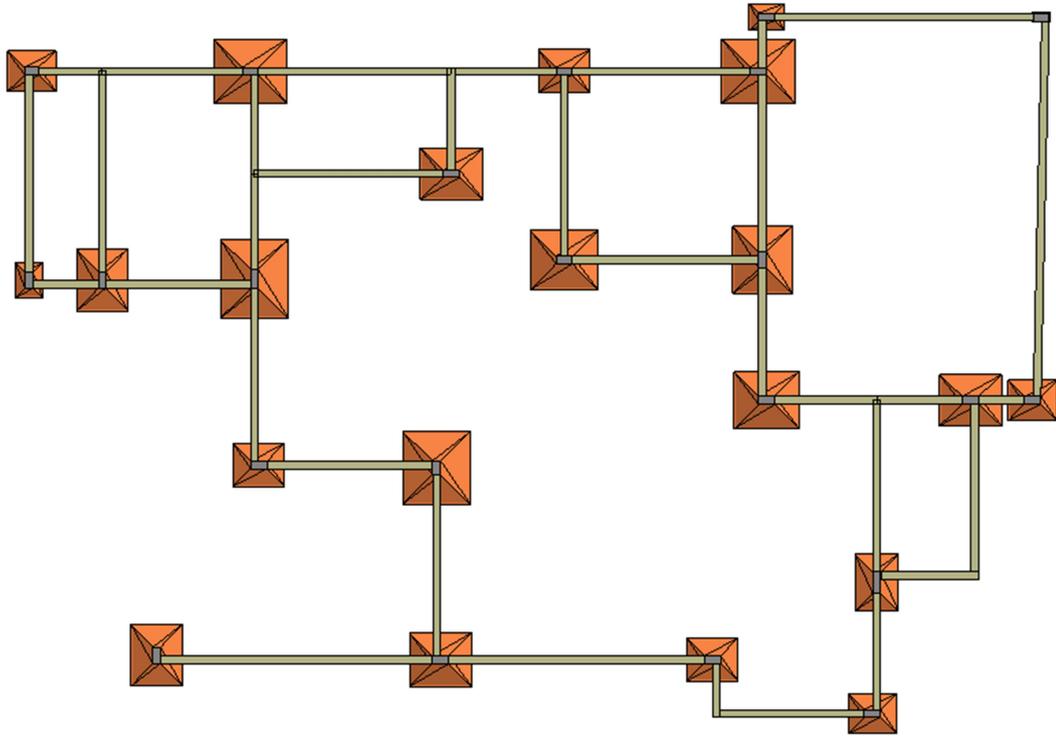


Fonte: (Autor)

O projeto arquitetônico é o conjunto de ideias e informações que vão orientar e embasar o trabalho de todos os envolvidos no processo de construção, contém a representação de todos os ambientes e suas dimensões, uma ideia prévia da modulação estrutural e detalhes construtivos: portas, janelas, paredes, forros, coberturas, especificação de materiais construtivos e revestimentos, referências para a implantação no terreno, indicações de níveis, acessos, circulações, enfim, todas as informações importantes para a execução de um edifício.

A figura 13 mostra em planta baixa o projeto de estrutura do empreendimento.

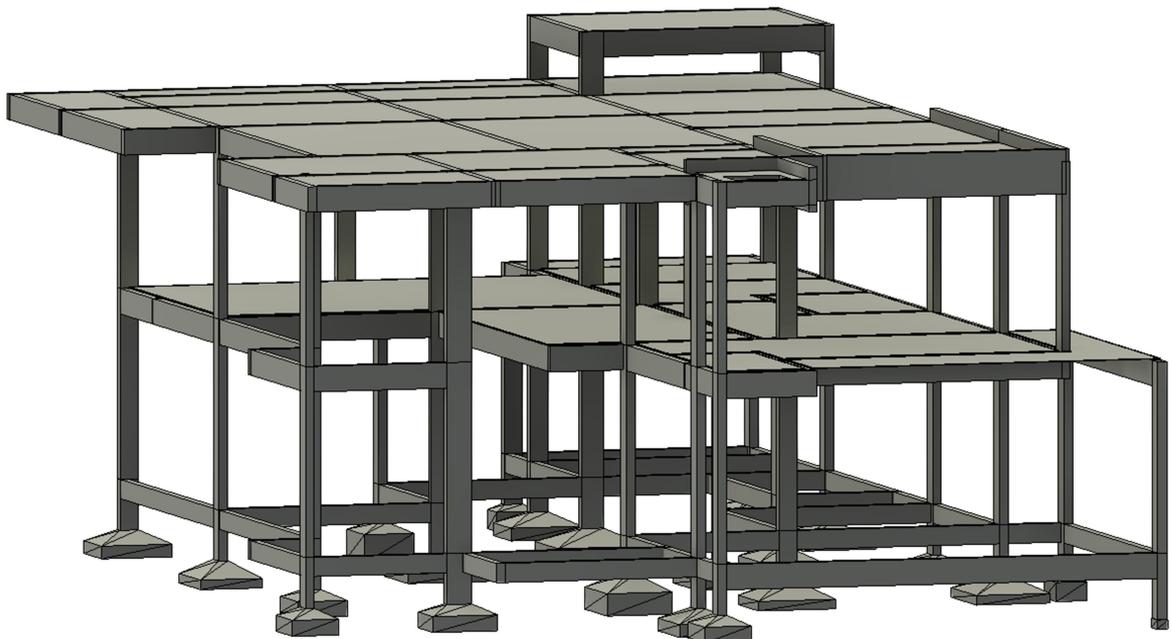
Figura 13- Projeto estrutural planta baixa



Fonte: (Autor)

A figura 14 mostra a modelagem 3D do projeto estrutural do edifício.

Figura 14- Projeto estrutural modelagem 3D

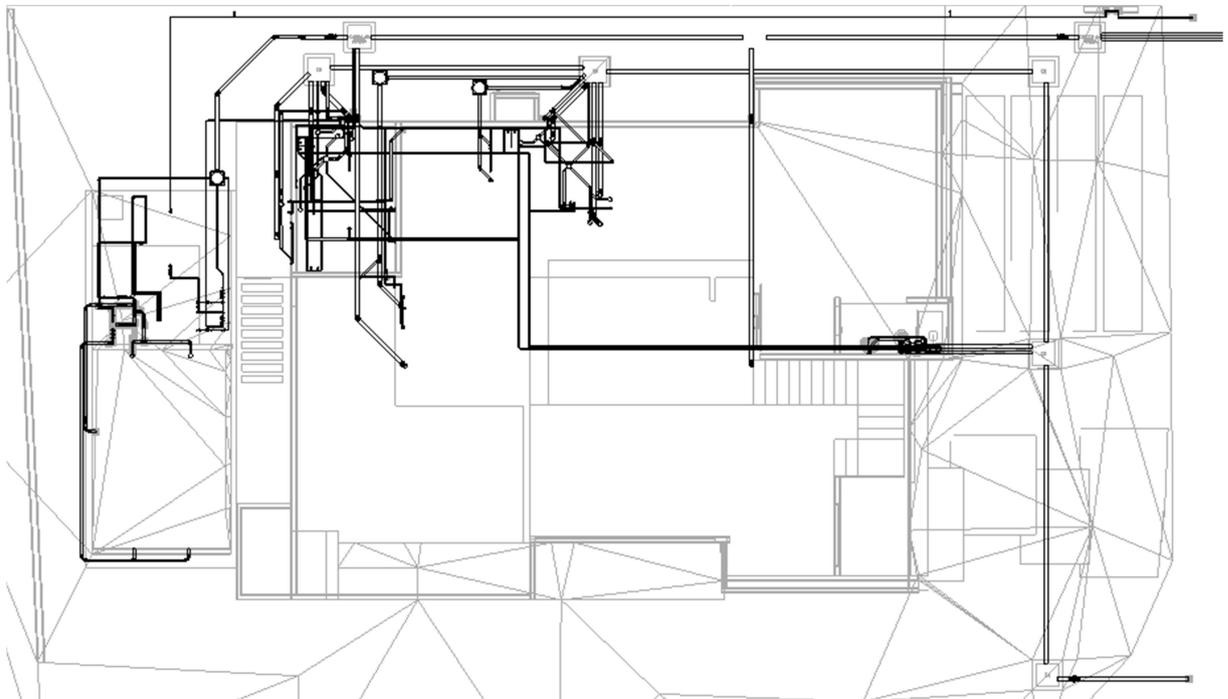


Fonte: (Autor)

O projeto estrutural é responsável pela segurança da edificação, através dele se faz o dimensionamento da estrutura que a sustenta (vigas, lajes e pilares), é este o projeto que evita trincas, fadigas, deformações excessivas, colapso da estrutura, e até mesmo gastos de obra desnecessários. Seja a obra de pequeno, médio ou grande porte, esse projeto é de grande importância.

A figura 15 mostra em planta baixa o projeto hidrossanitário do empreendimento.

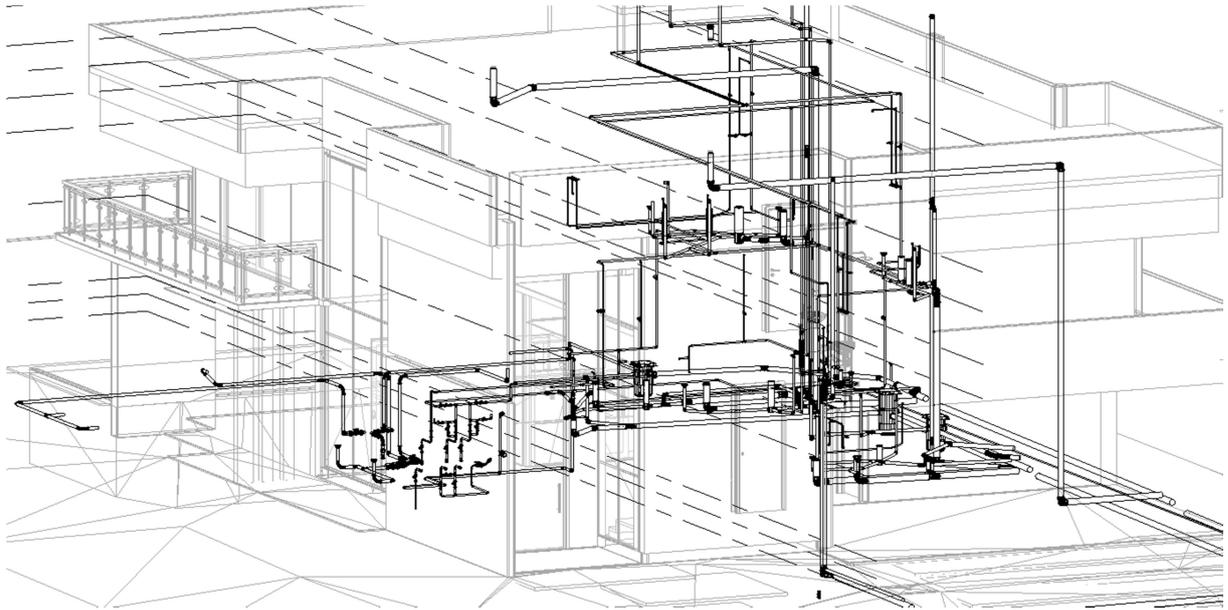
Figura 15- Projeto hidrossanitário planta baixa



Fonte: (Autor)

A figura 16 mostra a modelagem 3D do projeto arquitetônico do empreendimento.

Figura 16- Projeto hidrossanitário modelagem 3D



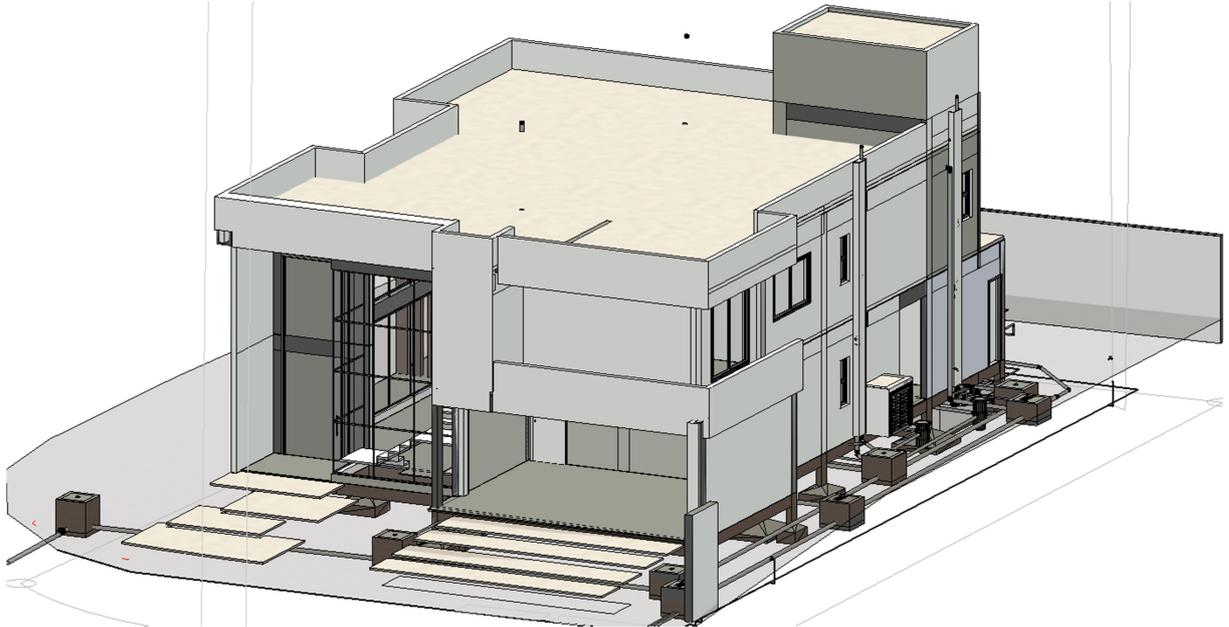
Fonte: (Autor)

O projeto hidrossanitário é responsável pelo dimensionamento das tubulações do sistema de abastecimento de água, esgotamento sanitário e de instalações de águas pluviais. Tem como finalidade atingir o melhor custo benefício, o perfeito fornecimento de água para toda edificação, e o correto esgotamento sanitário, além de reduzir possíveis problemas futuros, como por exemplo, ruídos e vibrações incômodas nas tubulações, e a saída da água com fluxo descontínuo nos pontos terminais. Assim o projeto hidrossanitário é indispensável para uma boa edificação.

### *3.1.5 Análise das incompatibilidades*

A análise das incompatibilidades na metodologia BIM junto a Realidade Aumentada ocorre em escala de projeto, com o projeto federado das disciplinas em estudo, seguindo até a escala real, analisando o projeto federado em Realidade Aumentada, se tornando assim mais fácil detectar as incompatibilidades. As figuras 17 e 18 mostram os projetos utilizados pelo autor deste trabalho no programa computacional Autodesk REVIT 2021 e no programa de Realidade Aumentada AUGIN.

Figura 17- Projeto federado no REVIT 2021



Fonte: (Autor)

A figura acima mostra em modelagem 3D o projeto federado no REVIT 2021, onde contempla o projeto arquitetônico, estrutural e hidrossanitário da edificação.

Figura 18- Realidade Aumentada no programa AUGIN



Fonte: (Autor)

A figura acima mostra a aplicação da Realidade Aumentada *in loco* utilizando o programa AUGIN.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A aquisição de dados para análise iniciou-se com a seleção e obtenção do projeto, objeto de estudo deste trabalho. Devido à disponibilidade para a pesquisa, foram utilizados os projetos fornecidos pela empresa de projetos complementares.

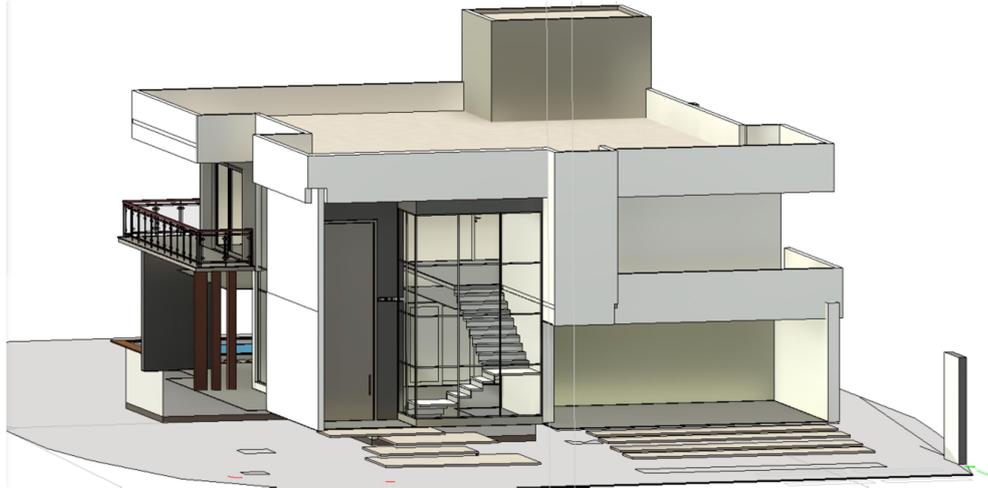
Os resultados obtidos na etapa de desenvolvimento da pesquisa foram pela análise da aplicação da metodologia BIM e da Realidade Aumentada nos projetos complementares e arquitetônico. Onde foi analisada a compatibilização no projeto hidrossanitário, arquitetônico e estrutural, seja em escala de projeto utilizando a ferramenta REVIT, seja em escala real utilizando o aplicativo de realidade aumentada, AUGIN.

### **4.1 Estudo de caso**

O estudo de caso selecionado foi o projeto do residencial unifamiliar localizado no condomínio de alto padrão na cidade de Eusébio - CE. Foram fornecidos pela empresa de projetos complementares a documentação técnica dos projetos de Arquitetura, Estrutura, Instalações de Água Fria, Esgoto, Drenagem Pluvial. Toda a documentação técnica foi fornecida em formato de arquivo RVT editável.

A edificação é composta por pavimento térreo e pavimento superior, onde no pavimento térreo são dispostas as áreas como sala de estar e jantar; deck; cozinha; garagem; suíte hospede; dependência; área de serviço e depósito. Já no pavimento superior são dispostas as suítes como a máster e as demais suítes 01 e 02. A Figura 19 apresenta o modelo de arquitetura da edificação.

Figura 19- Modelo de arquitetura



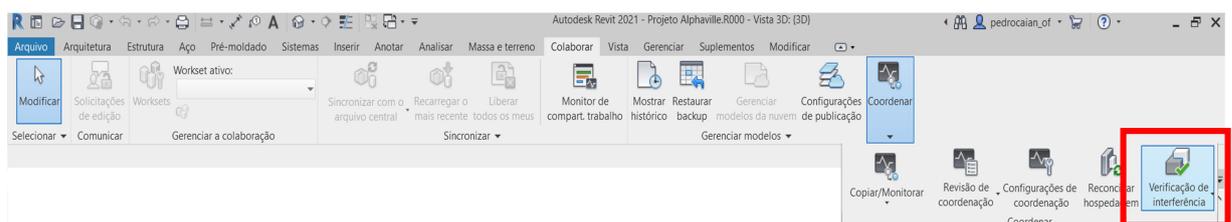
Fonte: (Autor)

No momento de execução deste estudo, a edificação apresentava-se ainda em fases iniciais, onde mostrava apenas a etapa de limpeza do terreno. Com isso foi bem vantajoso para o estudo, visto que as análises de compatibilização feita no projeto hidrossanitário, arquitetônico e estrutural, ocasionou soluções para incompatibilidades apresentadas ainda em fase de projeto.

#### 4.2 Compatibilização em escala de projeto

Foram realizados relatórios de interferências entre os projetos Arquitetônico com Estrutural, Hidrossanitário com Arquitetônico, Hidrossanitário com Estrutural, Hidráulico com Sanitário, com o objetivo de analisar a compatibilização. Além disso, vale ressaltar que foram encontradas incompatibilidades, e que nem todas foram perceptíveis no 2D, mas com o auxílio do programa REVIT que fez a checagem das interferências automaticamente através do comando de Verificação de Interferência. Como demonstra na figura 20 o comando utilizado no programa REVIT 2021 para checagem das interferências.

Figura 20 – Comando de Verificação de Interferência REVIT 2021



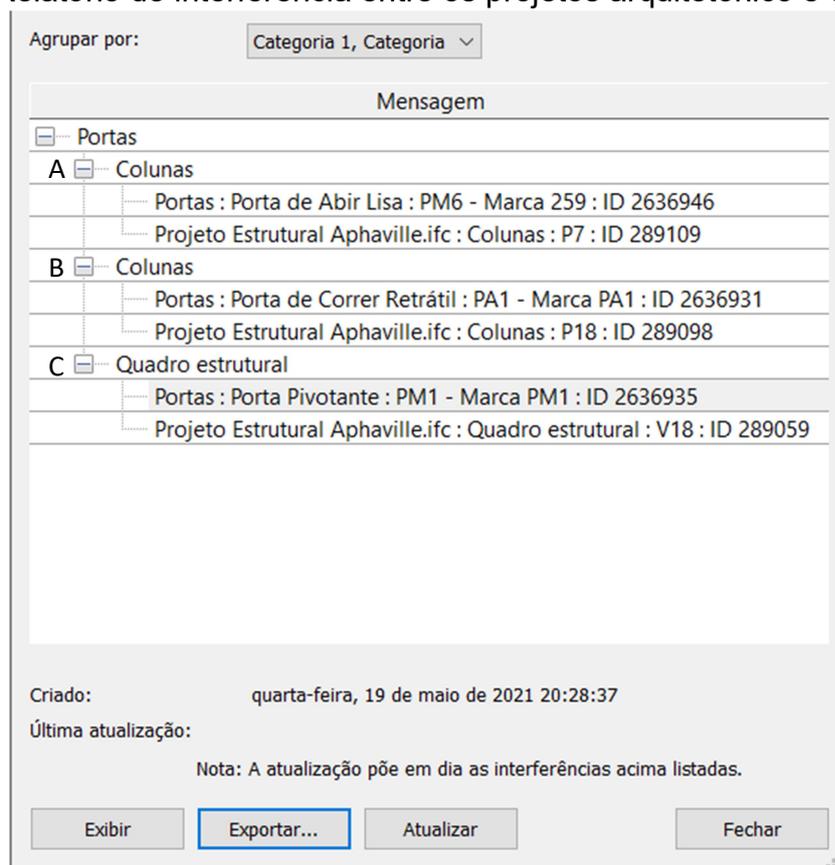
Fonte: Autor

Como demonstra a figura acima, o comando utilizado para verificar as incompatibilidades entre os projetos analisados, pode ser empregado durante a etapa de projeto para coordenar elementos e sistemas principais de construção. Em que, previne conflitos e reduz os riscos de alterações de construção e custos adicionais. Além de apresentar às interferências de maneira automática e intuitiva.

#### 4.2.1 Projeto arquitetônico com estrutural

Foi realizado o relatório de interferência entre os projetos Arquitetônico e Estrutural, onde foi observado incompatibilidades, e com o auxílio do programa REVIT 2021, foi realizado a checagem das interferências. Como demonstra na figura 21 o relatório de interferência realizado.

Figura 21 – Relatório de interferência entre os projetos arquitetônico e estrutural

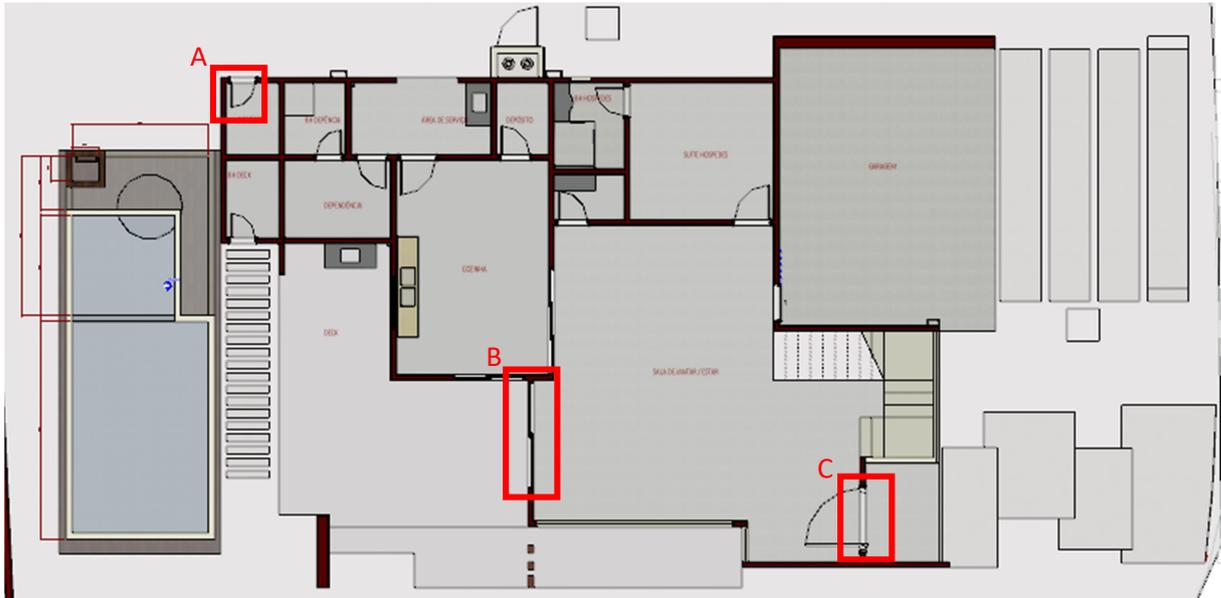


Fonte: Autor

Assim como demonstra na figura acima, onde foram analisadas as checagens das interferências entre as esquadrias no projeto arquitetônico, com os pilares e quadro estrutural (Vigas) no projeto estrutural. A figura 22 mostra as portas

que estão apresentando interposição com pilares ou vigas apresentadas em planta baixa.

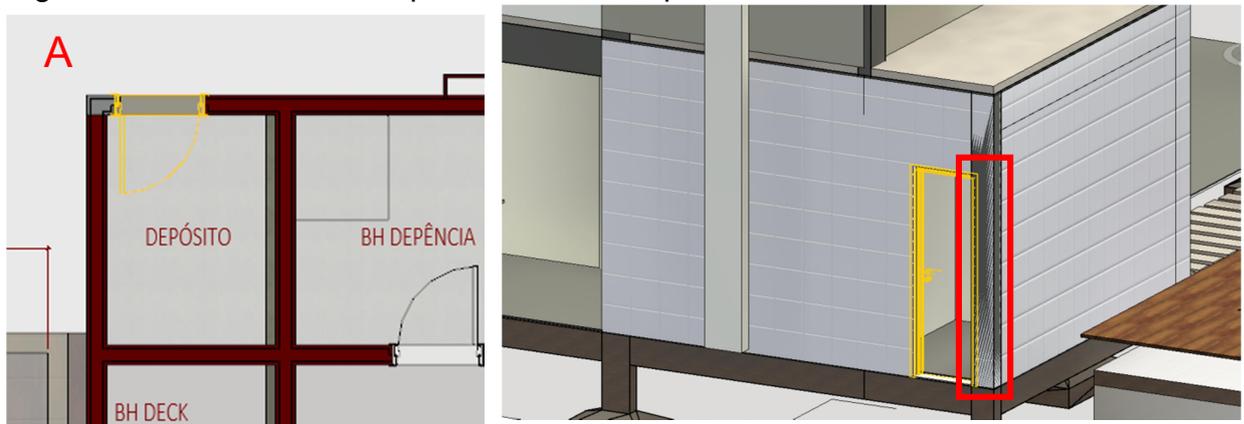
Figura 22 – Interferência das portas com pilares ou vigas em planta baixa



Fonte: Autor

Desse modo, faz necessário demonstrar as interferências apresentadas em planta baixa e em modelagem 3D. Com isso, as figuras a seguir, vão mostrar especificamente quais portas, pilares e quadro estruturais que estão apresentando interposição entre si. A figura 23 mostra a porta PM6 colidindo com o pilar P7

Figura 23 – interferência da porta PM6 com o pilar P7



Fonte: Autor

A figura 23 mostra na planta baixa e em modelagem 3D, a interferência do pilar P7 com a porta PM6. Em que, uma das soluções para essa

incompatibilidade, é o afastamento da porta PM6 para se distanciar do pilar P7. A figura 24 mostra a porta PA1 colidindo com o pilar P18

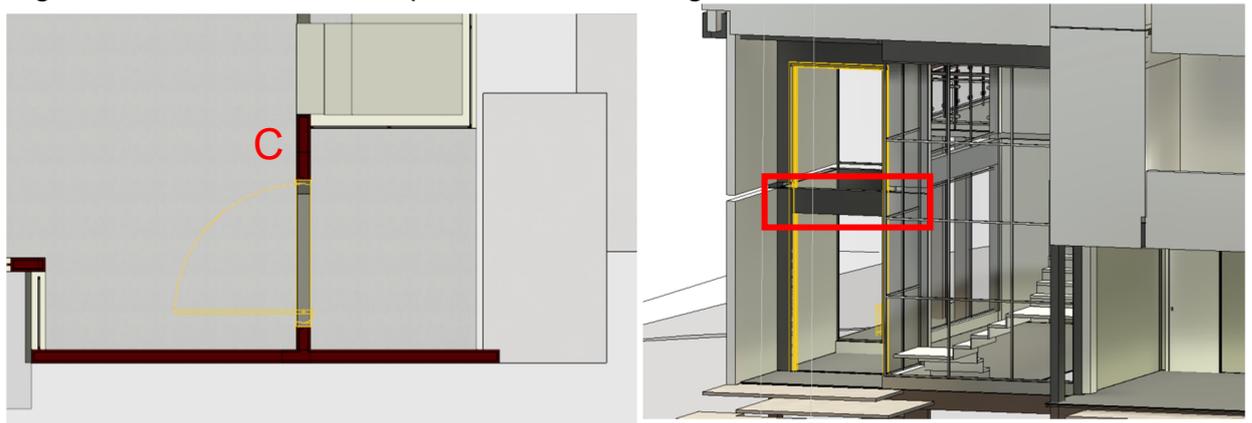
Figura 24 – interferência da porta PA1 com o pilar P18



Fonte: Autor

A figura 24 mostra na planta baixa e em modelagem 3D, a interferência do pilar P18 com a porta PA1. Em que, uma das soluções para essa incompatibilidade, é o afastamento da porta PA1 para se distanciar do pilar P18. A figura 25 mostra a interferência da porta PM1 com a viga V18

Figura 25 – interferência da porta PM1 com a viga V18



Fonte: Autor

A figura 25 mostra na planta baixa e em modelagem 3D, a interferência da viga V21 com a porta PM1. Em que, duas das soluções para essa incompatibilidade são, a alteração da porta PM1 para uma porta menor e assim se distanciar da viga V21, ou retirar a viga V21 do projeto estrutural. Interessante resalta que tal incompatibilidade foi vista graças à modelagem 3D.

Assim como demonstrado acima, o projeto apresentou algumas incompatibilidades, como em caso de pilar e viga colidindo com porta. Deste modo, a análise de compatibilização entre os projetos de arquitetura e de estrutura, foi de suma importância, já que tais incompatibilidades foram encontradas ainda em fase de projeto. Com isso evitou-se erros irreparáveis na fase de execução do empreendimento.

#### *4.2.2 Projeto Hidrossanitário com Arquitetônico*

Foi realizado o relatório de interferência do projeto Hidrossanitário com Arquitetônico, onde se analisou a compatibilização entre os projetos. Porém não foi encontrado nenhuma incompatibilidade em relação ao sistema hidrossanitário com o arquitetônico. Foram analisadas as tubulações, conexões, acessórios da tubulação e peças hidrossanitárias, no projeto hidrossanitário, com esquadrias no projeto arquitetônico.

Entretanto isso ocorreu devido ao projeto de arquitetura e de hidrossanitário ter sido desenvolvido na ferramenta REVIT. Assim o projeto de instalações foi realizado acompanhando o modelo da arquitetura e as incongruências sendo resolvidas já na produção do projeto. Vale ressaltar que isso aconteceu analisando a compatibilização em escala de projeto, onde não apresentou nenhuma incongruência.

#### *4.2.3 Projeto Hidrossanitário com Estrutural*

Foi realizado o relatório de interferência entre os projetos Hidrossanitário com Estrutural, onde foi observado incompatibilidades, e foi feita a verificação com o auxílio do programa REVIT 2021.

Como demonstra na figura 26 o relatório de interferência realizado, onde foram analisadas as checagens das interferências entre as tubulações e conexões no projeto hidrossanitário, com os pilares e quadro estrutural (Vigas) no projeto estrutural.

Figura 26 – Relatório de interferência entre os projetos hidrossanitário e estrutural

Agrupar por: Categoria 1, Categoria

Mensagem

- [-] Tubulação
  - A [-] Colunas
    - Colunas : P2 : P9 : ID 3278932
    - Tubulação : Tipos de tubos-Amanco Esgoto Série Normal : Tipos de tubos-Amanco Esgoto Série Normal-2860222 : ID 3274343
  - B [-] Colunas
    - Colunas : P25 : P25 : ID 3278926
    - Tubulação : Tipos de tubos-Amanco Wavin Super CPVC
    - FlowGuard : Tipos de tubos-Amanco Wavin Super CPVC
    - FlowGuard-2902637 : ID 3274151
  - C [-] Quadro estrutural
    - Quadro estrutural : V2 : ID 3278675
    - Tubulação : Tipos de tubos-Amanco Wavin Esgoto Série Normal COM Bolsa : Tipos de tubos-Amanco Wavin Esgoto Série Normal COM Bolsa-2649362 : ID 3273411
- [+] Quadro estrutural

Criado: terça-feira, 1 de junho de 2021 19:00:55  
 Última atualização:

Nota: A atualização põe em dia as interferências acima listadas.

Exibir
Exportar...
Atualizar
Fechar

Agrupar por: Categoria 1, Categoria

Mensagem

- D [-] Quadro estrutural
  - Quadro estrutural : V15 : ID 3278868
  - Tubulação : Tipos de tubos-Amanco Wavin Super CPVC
  - FlowGuard : Tipos de tubos-Amanco Wavin Super CPVC
  - FlowGuard-2830872 : ID 3274143
- [+] Quadro estrutural
- [+] Quadro estrutural
- [+] Quadro estrutural
- [+] Quadro estrutural
- E [-] Quadro estrutural
  - Quadro estrutural : V15 : ID 3278867
  - Tubulação : Tipos de tubos-Amanco Wavin Super CPVC
  - FlowGuard : Tipos de tubos-Amanco Wavin Super CPVC
  - FlowGuard-2902637 : ID 3274151
- [+] Quadro estrutural
- [+] Quadro estrutural

Criado: terça-feira, 1 de junho de 2021 19:00:55  
 Última atualização:

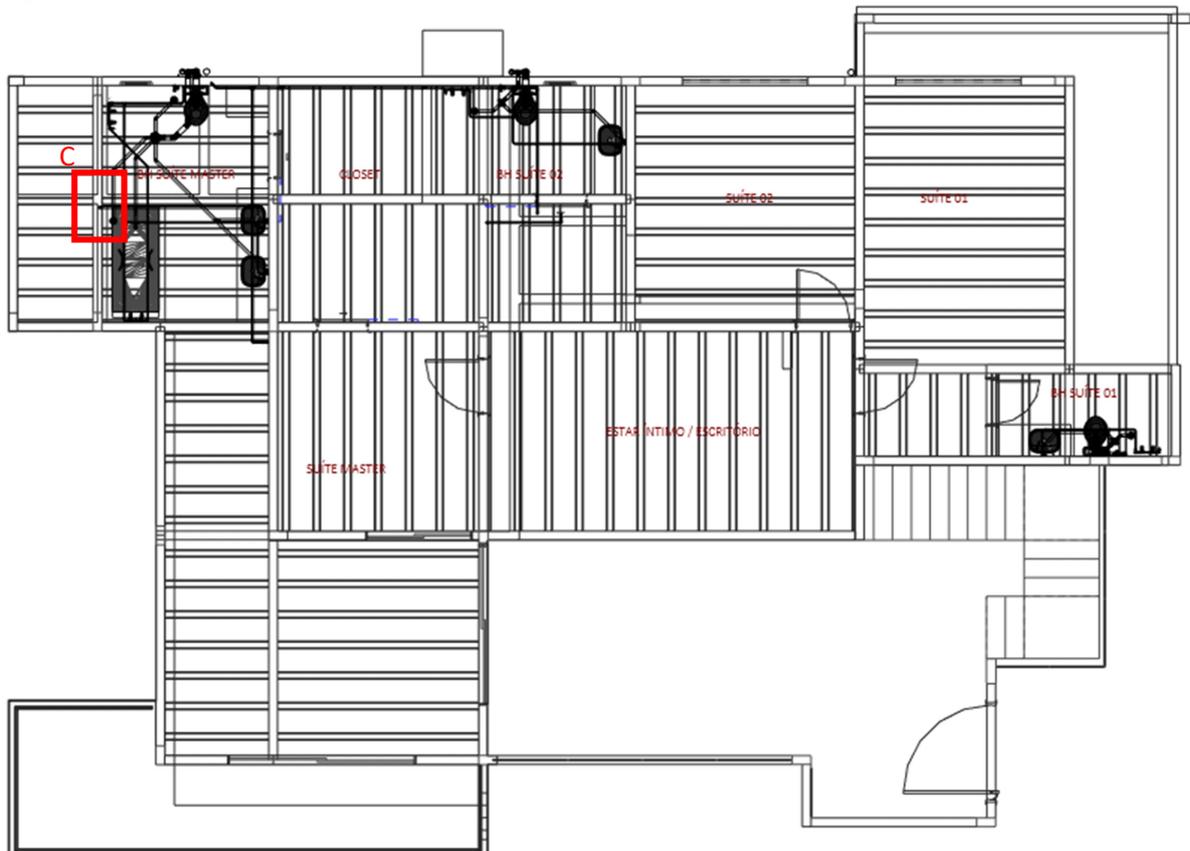
Nota: A atualização põe em dia as interferências acima listadas.

Exibir
Exportar...
Atualizar
Fechar

Fonte: Autor

A figura 27 mostra a tubulação que está apresentando interposição com a viga exposta em planta baixa.

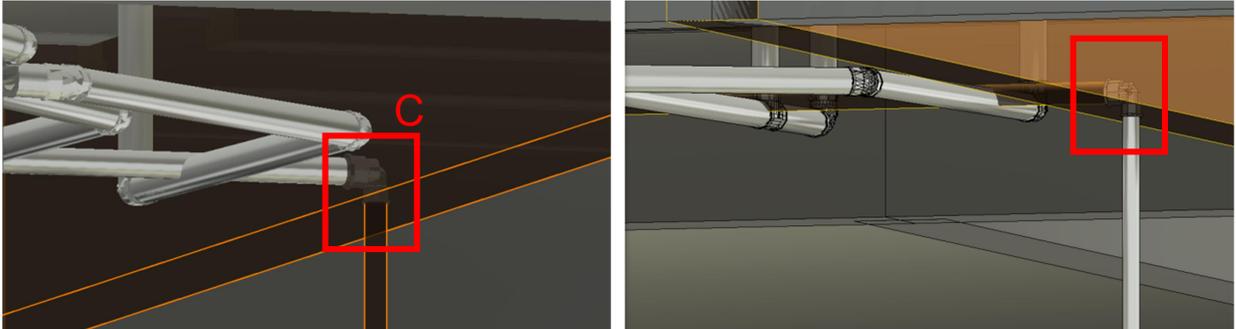
Figura 27 – Planta baixa pavimento superior Hidrossanitário com estrutural



Fonte: Autor

Desse modo, faz necessário demonstrar a interferência apresentada em modelagem 3D. Com isso a figura 28 mostra a interferência da tubulação de água fria com a viga V2.

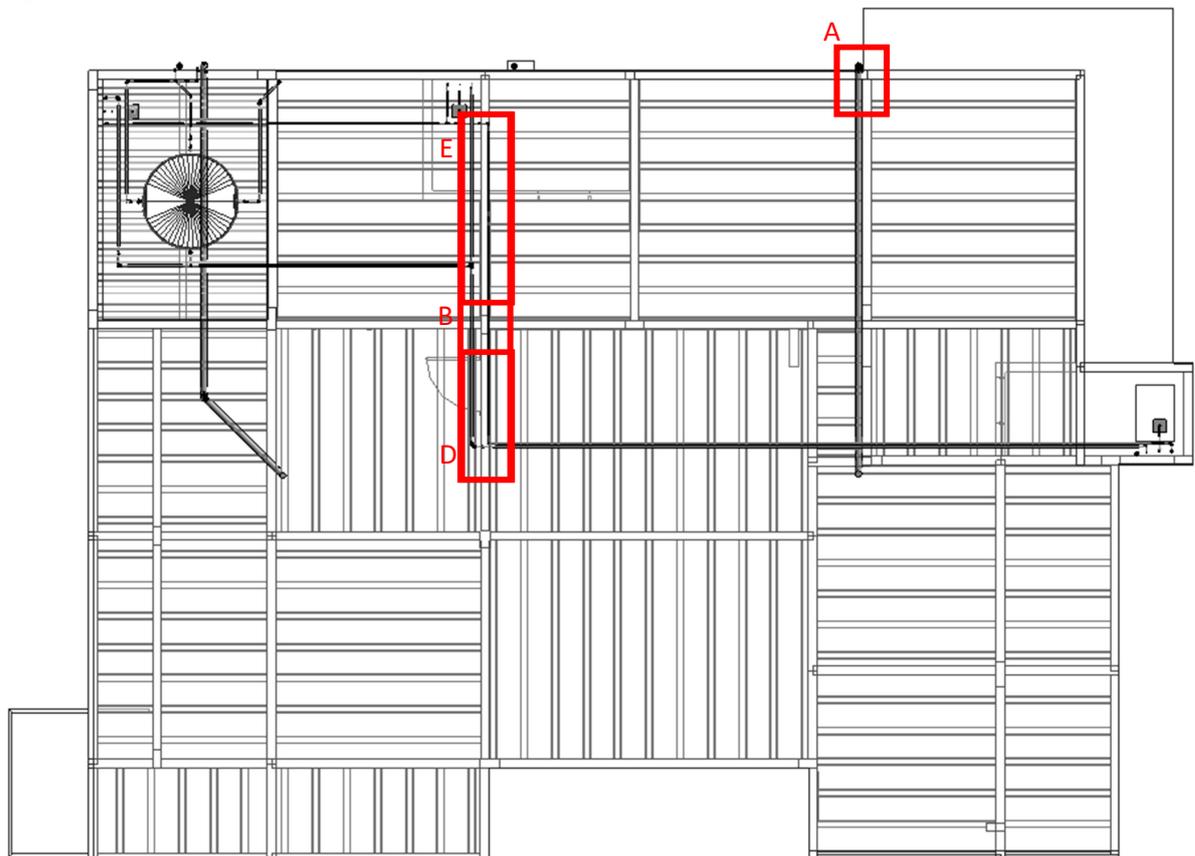
Figura 28 – Interferência da tubulação de água fria com a viga V2



Fonte: Autor

A figura 28 mostra em modelagem 3D, a interferência da tubulação de água fria que vai em direção ao BH DECK com a viga V2. Em que, uma das soluções para essa incompatibilidade, é o afastamento da tubulação de água fria para se distanciar da viga V2. A figura 29 mostra as tubulações que estão apresentando interposição com os pilares e vigas exposta em planta baixa.

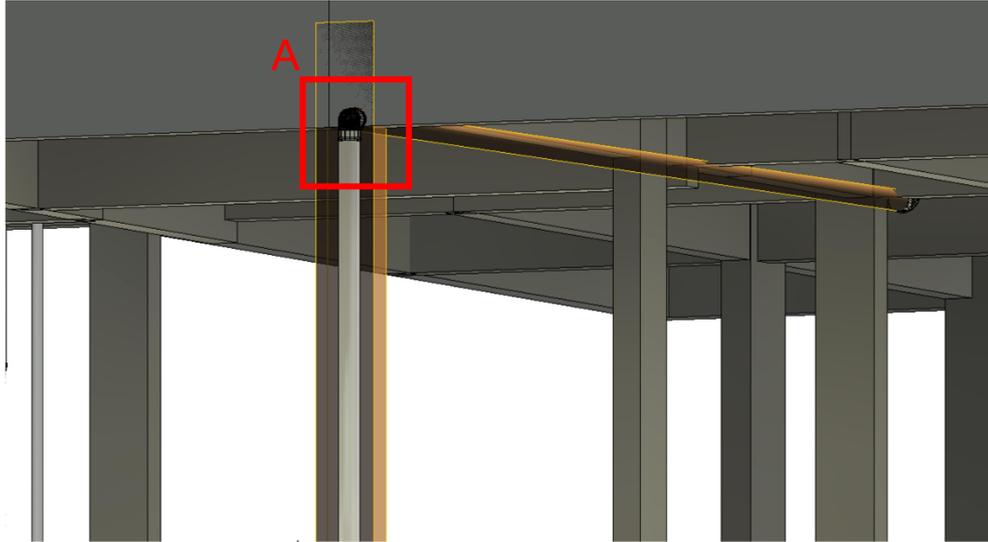
Figura 29 – Planta baixa pavimento coberto Hidrossanitário com estrutural



Fonte: Autor

Desse modo, faz necessário demonstrar as interferências apresentadas em planta baixa e em modelagem 3D. Com isso, as figuras a seguir, vão mostrar especificamente quais tubulações, pilares e quadro estruturais que estão apresentando interposição entre si. A figura 30 mostra a interferência da tubulação de água pluvial com o pilar P9.

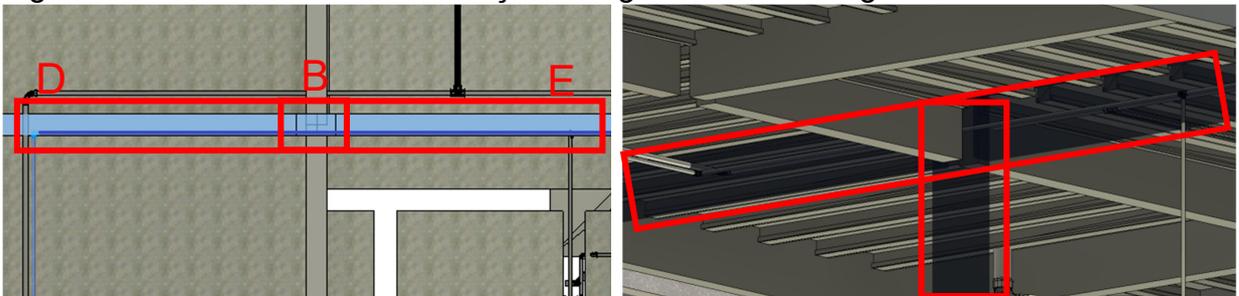
Figura 30 – Interferência da tubulação de água pluvial com pilar P9



Fonte: Autor

A figura 30 mostra em modelagem 3D, a interferência da tubulação de água pluvial com Pilar P9. Em que, uma das soluções para essa incompatibilidade, é a retirada da tubulação pluvial deste local e colocando em outra área sem interferência com nenhum outro componente. A figura 31 mostra a interferência da tubulação de água fria com a viga V15 e pilar P25

Figura 31 – Interferência da tubulação de água fria com a Viga V15 e Pilar P25



Fonte: Autor

A figura 31 mostra na planta baixa e em modelagem 3D, a interferência da tubulação de água fria que vai em direção à BH SUÍTE 02 com a Viga V15 e Pilar

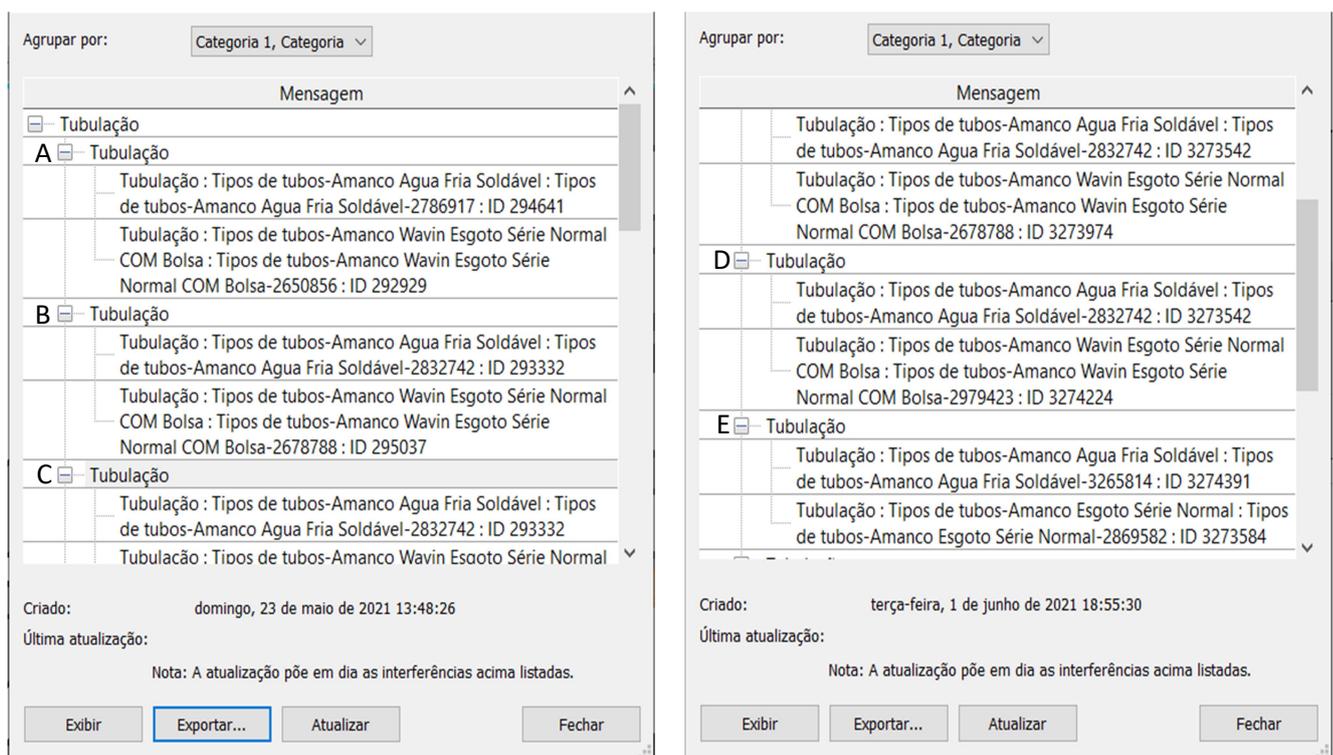
P25. Em que, uma das soluções para essa incompatibilidade, é o deslocamento da tubulação de água fria para se separar da Viga 15 e Pilar P25.

Assim como explanado acima, o projeto apresentou algumas incompatibilidades, como em caso de tubulação de água fria e pluvial colidindo com pilares e vigas. Deste modo, a análise de compatibilização dos projetos, por se tratar da detecção das incompatibilidades ainda em projeto, apresentou um grande benefício, onde se evitou diversos erros e custos demasiados que iria acontecer caso as incompatibilidades apresentadas fossem identificadas apenas na etapa de execução.

#### 4.2.4 Projeto hidráulico com sanitário

Foi realizado o relatório de interferência do projeto hidráulico com sanitário, com o objetivo de analisar a compatibilização. Ao mesmo tempo, vale destacar que foi identificado incompatibilidades, e que nem todas foram percebidas em 2D, mas com a ajuda do programa REVIT que fez a localização das interferências. Como demonstra na figura 32.

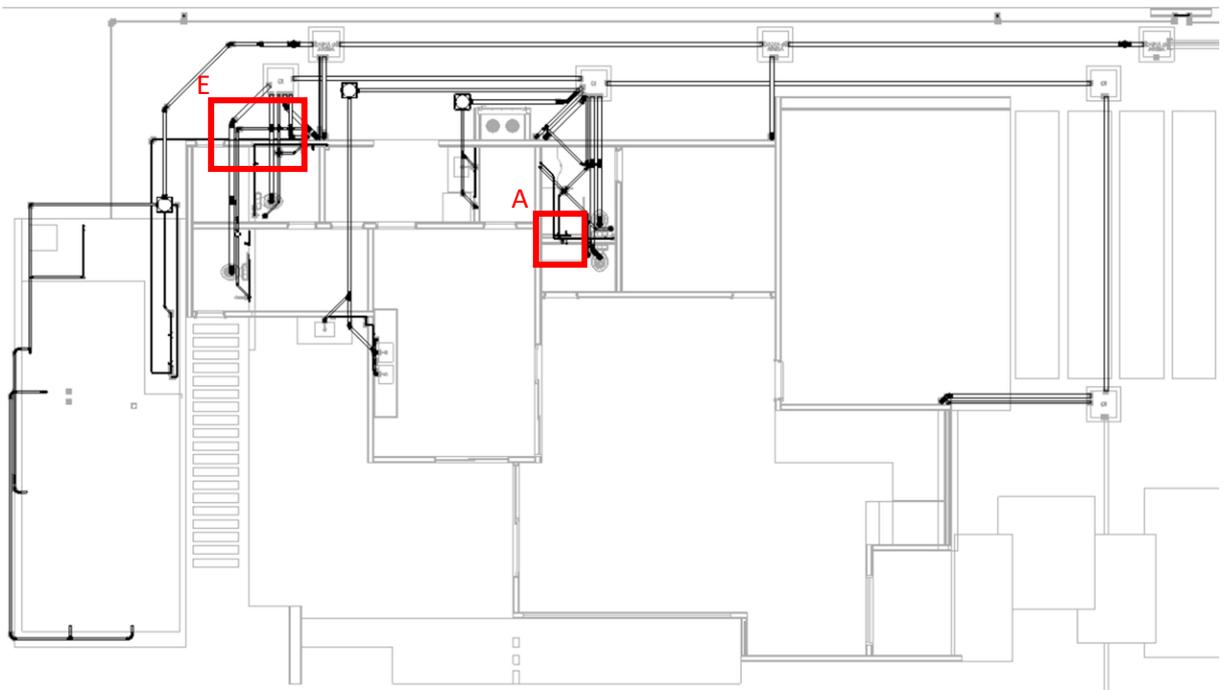
Figura 32 – Relatório de interferência do projeto hidráulico com o sanitário



Fonte: Autor

Assim como demonstra na figura acima, onde foram analisadas as checagens das interferências entre as tubulações e conexões do sistema de água fria com esgoto no projeto hidrossanitário. A figura 33 mostra as tubulações do sistema de água fria que estão apresentando interposição com as tubulações de esgoto expostas em planta baixa do pavimento térreo.

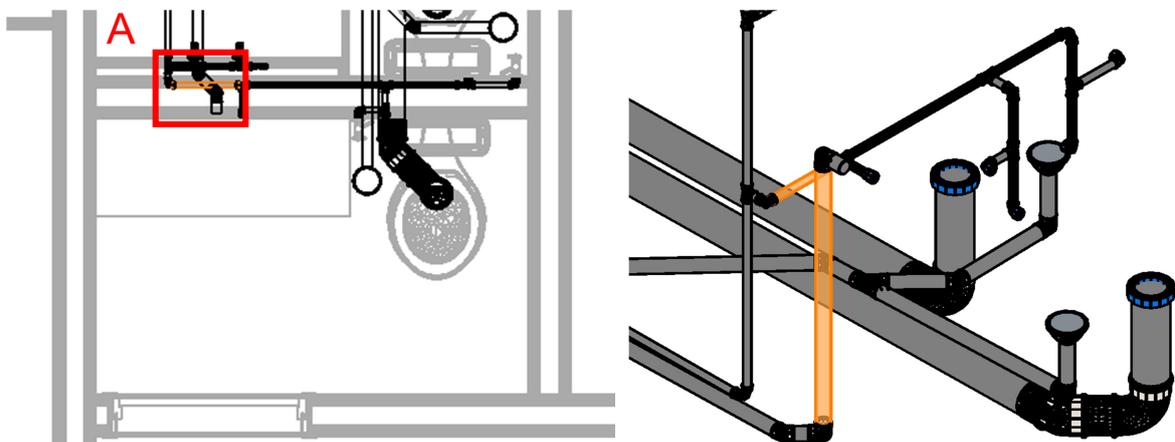
Figura 33 – Planta baixa do pavimento térreo hidráulico com o sanitário



Fonte: Autor

Desse modo, faz necessário demonstrar as interferências apresentadas em planta baixa e em modelagem 3D. A figura 34 mostra a interferência da tubulação de água fria com esgoto BH HÓSPEDES.

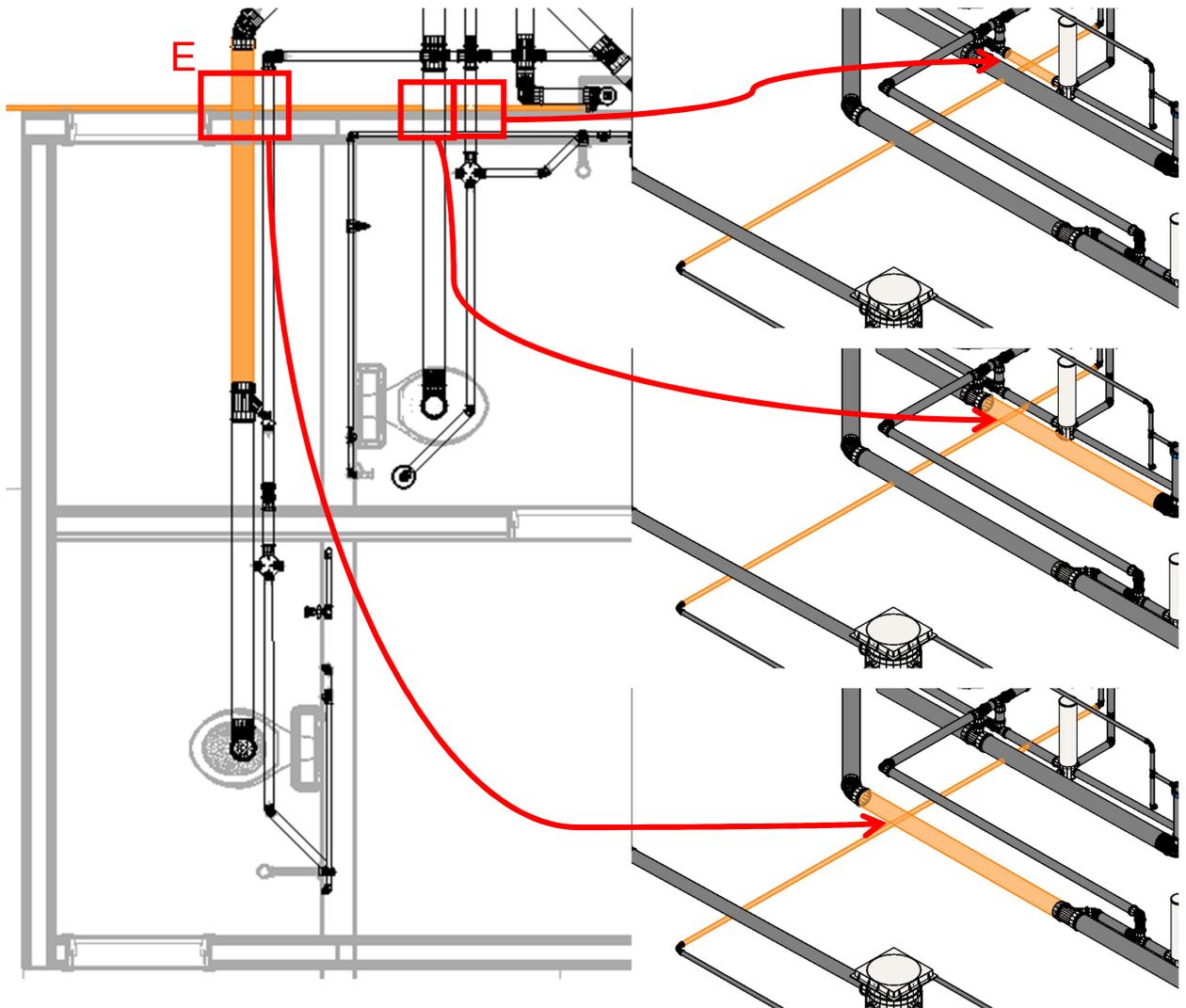
Figura 34 – Interferência da tubulação de água fria com esgoto BH HÓSPEDES



Fonte: Autor

A figura 34 mostra na planta baixa e em modelagem 3D, a interferência da tubulação de água fria com a tubulação de esgoto do lavatório localizado no LAVABO, pavimento térreo. Em que, uma das soluções para essa incompatibilidade é elevando a tubulação de água fria, distanciando assim da tubulação de esgoto. A figura 35 mostra a interferência da tubulação de água fria com esgoto BH DECK.

Figura 35 – Interferência da tubulação de água fria com esgoto BH DECK

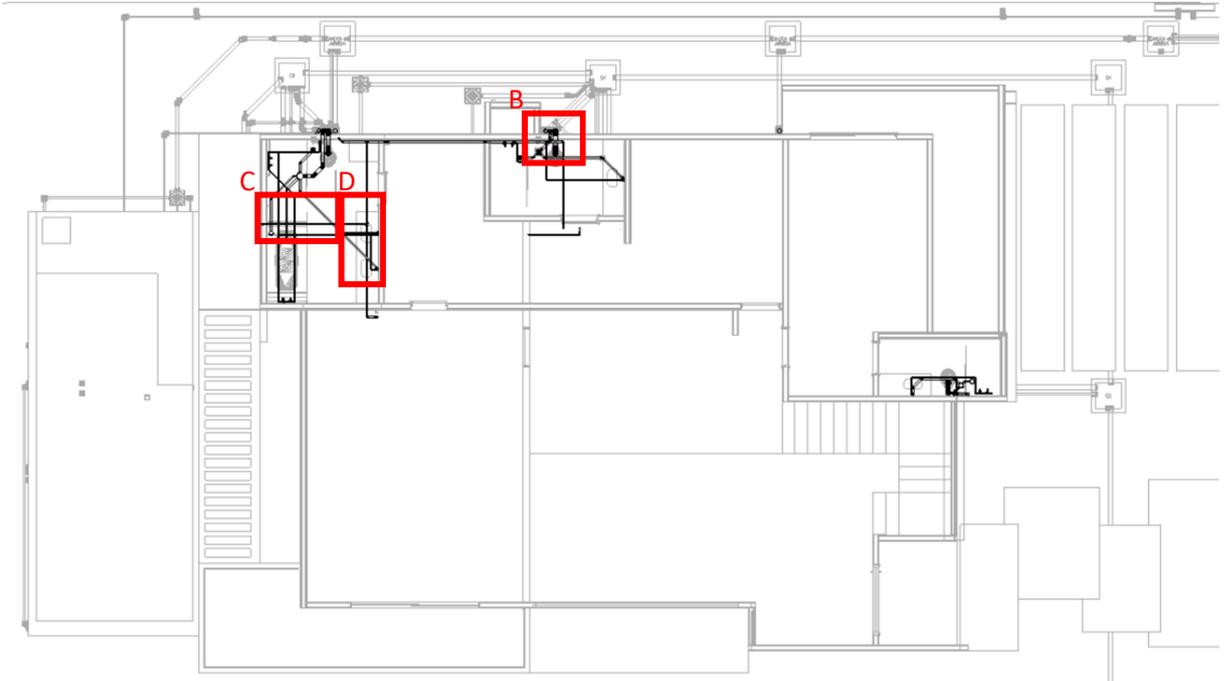


Fonte: Autor

A figura 35 mostra na planta baixa e em modelagem 3D, a interferência da tubulação de água fria que vai em direção à piscina no pavimento térreo, com as tubulações de esgoto do sanitário localizado no LAVABO DECK e do sanitário e caixa sifonada localizado no WC SERVIÇO, pavimento térreo. Em que, uma das soluções para essa incompatibilidade é rebaixando a tubulação de água fria, distanciando assim das tubulações de esgoto.

A figura 36 mostra as tubulações do sistema de água fria que estão apresentando interposição com as tubulações de esgoto apresentadas em planta baixa.

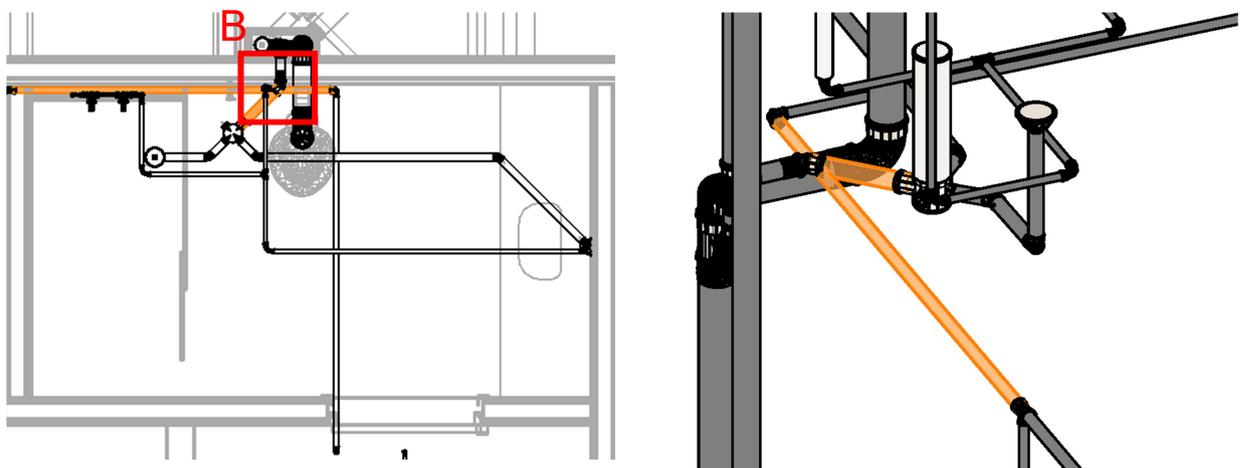
Figura 36 –Planta baixa do pavimento superior hidráulico com o sanitário



Fonte: Autor

Desse modo, faz necessário demonstrar as interferências apresentadas em planta baixa e em modelagem 3D. Com isso, as figuras a seguir, vão mostrar especificamente quais tubulações, do sistema de água fria e esgoto, que estão apresentando interposição entre si. A figura 37 mostra a interferência da tubulação de água fria com esgoto BH SUÍTE 02.

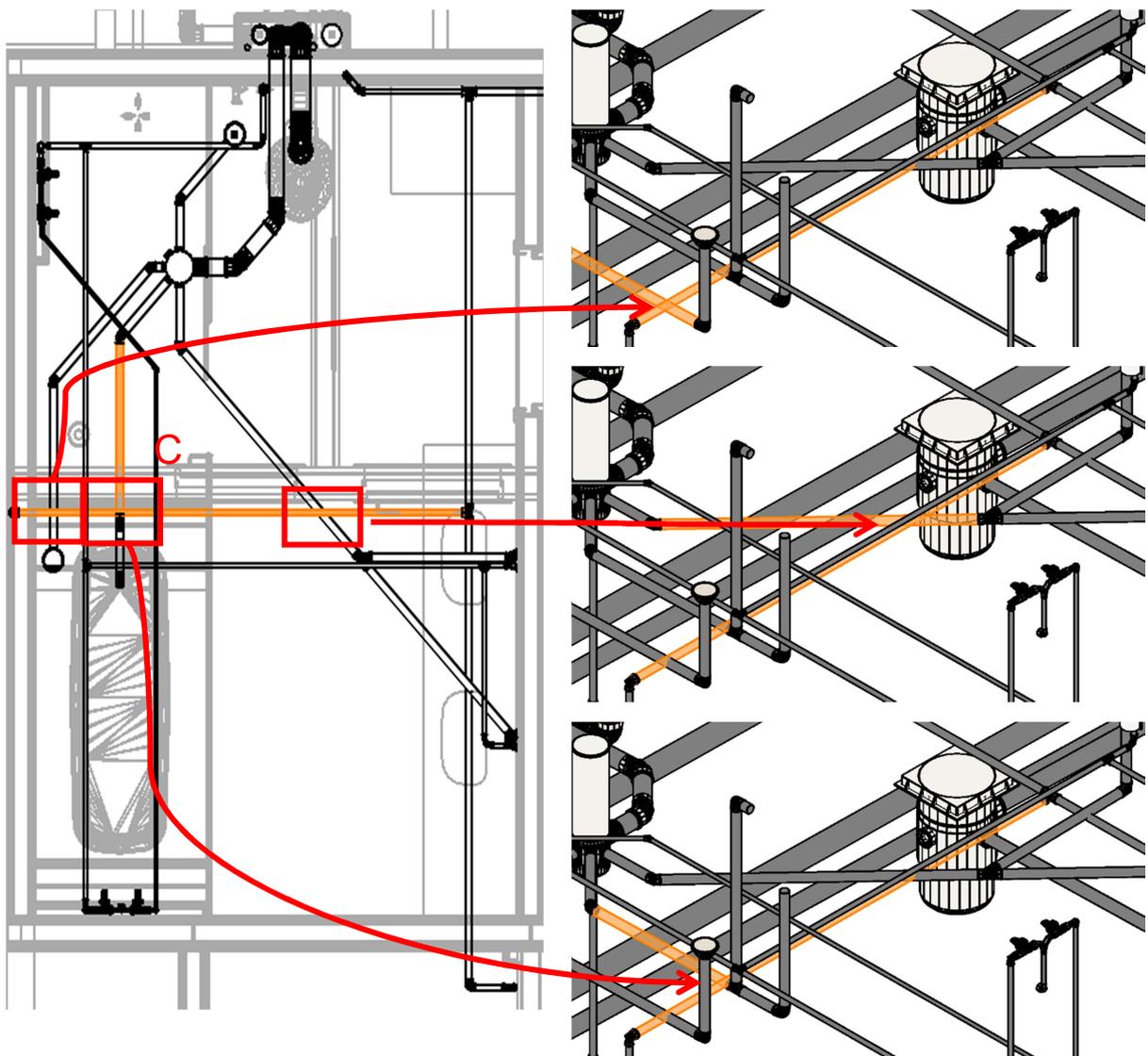
Figura 37 – Interferência da tubulação de água fria com esgoto BH SUÍTE 02



Fonte: Autor

A figura 37 mostra na planta baixa e em modelagem 3D, a interferência da tubulação de água fria que vai em direção ao WC S.HÓSPEDES no pavimento térreo, com a tubulação de esgoto da caixa sifonada localizada no WC SUÍTE 02, pavimento superior. Em que, uma das soluções para essa incompatibilidade é elevando a tubulação de água fria, distanciando assim da tubulação de esgoto. A figura 38 mostra a interferência da tubulação de água fria com esgoto BH SUÍTE MASTER.

Figura 38 – - Interferência da tubulação de água fria com esgoto banheiro BH SUÍTE MASTER

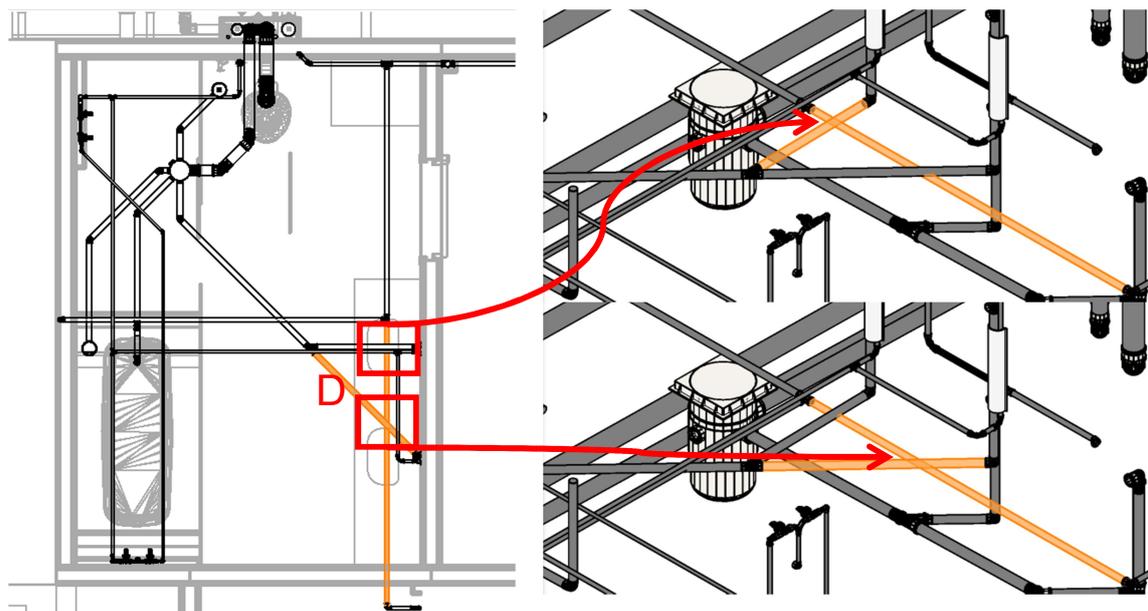


Fonte: Autor

A figura 38 mostra na planta baixa e em modelagem 3D, a interferência da tubulação de água fria que vai em direção ao LAVABO DECK no pavimento

térreo, com as tubulações de esgoto da banheira e dos lavatórios localizados no WC SUÍTE MASTER, pavimento superior. Em que, uma das soluções para essa incompatibilidade é rebaixando a tubulação de água fria, afastando assim das tubulações de esgoto. A figura 39 mostra a interferência da tubulação de água fria com esgoto dos lavatórios BH SUÍTE MASTER.

Figura 39 – Interferência da tubulação de água fria com esgoto lavatórios BH SUÍTE MASTER



Fonte: Autor

A figura 39 mostra na planta baixa e em modelagem 3D, a interferência da tubulação de água fria que vai em direção à ÁREA DE SERVIÇO no pavimento térreo, com as tubulações de esgoto dos lavatórios localizados no WC SUÍTE MASTER, pavimento superior. Em que, uma das soluções para essa incompatibilidade é rebaixando a tubulação de água fria, se afastando assim das tubulações de esgoto.

Assim como evidenciado acima, o projeto apresentou algumas incompatibilidades, como em caso de tubulações de água fria apresentando interposição com as tubulações de esgotos. Assim sendo, um grande proveito dessa análise de compatibilização, está na detecção de tais incompatibilidades ainda na etapa de projeto, em que feita a correção nesta etapa evitou-se diversos imprevistos que ocorreriam na etapa de execução do empreendimento.

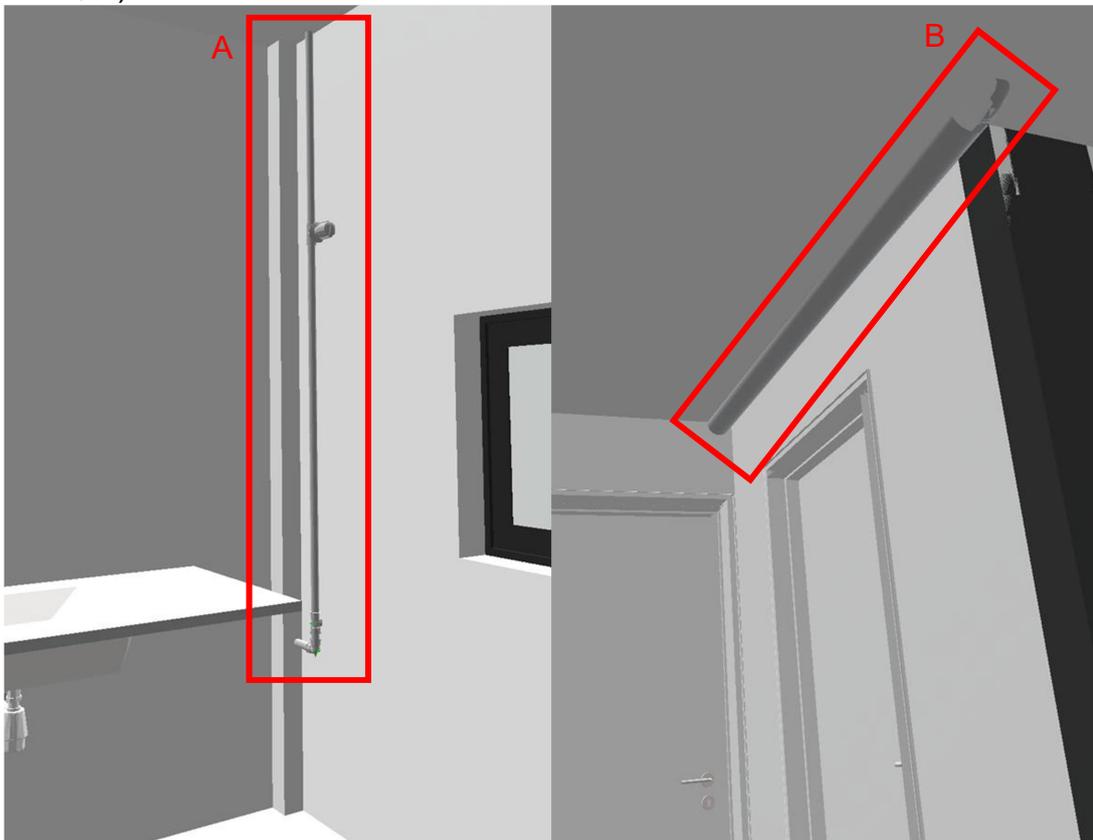
### 4.3 Análise de incompatibilidade em escala real - RA

Foi feito uma análise de incompatibilidade no projeto federado, onde contempla todos os projetos em estudo, Hidrossanitário; Arquitetônico e Estrutural. Isso ocorreu devido à utilização do programa AUGIN, que proporcionou a análise em Realidade Aumentada com escala 1:1.

A análise foi feita no projeto hidráulico com o sanitário, em seguida foi analisado o projeto hidrossanitário com o estrutural e, logo após, foi analisado o projeto hidrossanitário com o arquitetônico, e por ultimo foi analisado o projeto arquitetônico com o estrutural.

Onde foram identificadas todas as incompatibilidades já mostradas em escala de projeto, além disso, foi encontrado incompatibilidades que não foram deparadas em escala de projeto. Incompatibilidades essas que foram encontradas na análise entre o projeto hidrossanitário com o arquitetônico, e arquitetônico com estrutural. Como mostra a figura 40, as incompatibilidades entre os projetos hidrossanitários e arquitetônico.

Figura 40 – Incompatibilidades das tubulações de água com arquitetura. A) lado esquerdo; B) lado direito.



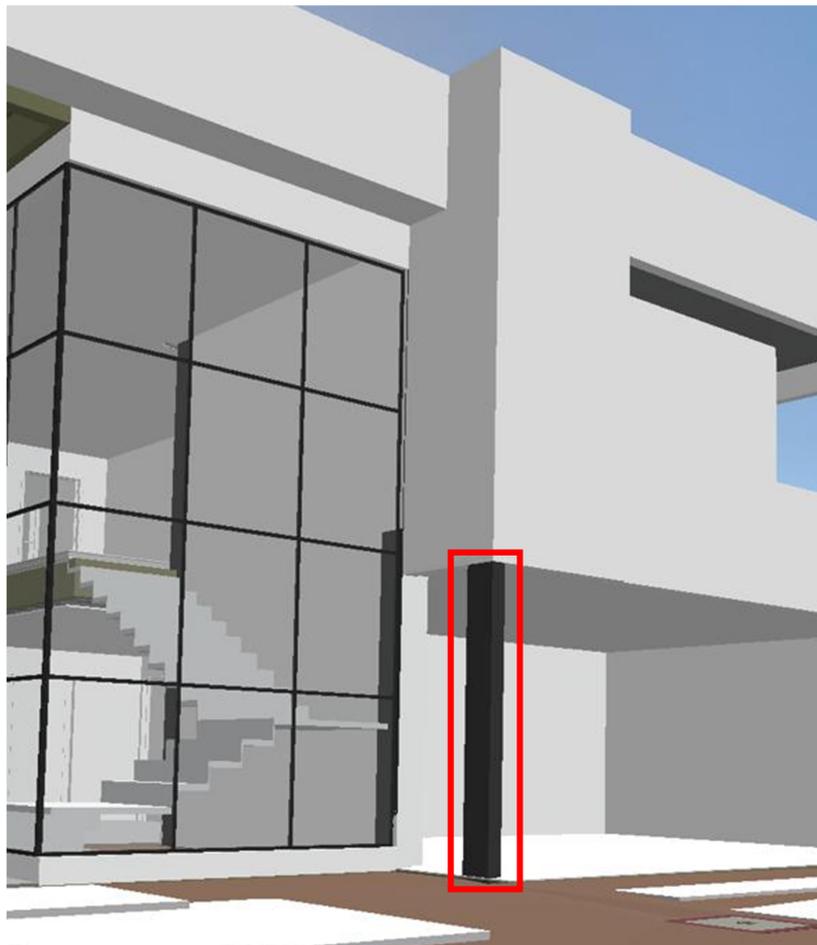
Fonte: Autor

A figura 40.A mostra em realidade aumentada, a incompatibilidade da tubulação de água fria que está fora do alinhamento da alvenaria, tendo assim uma exposição da tubulação na arquitetura. Em que, uma das soluções para essa incompatibilidade, é o deslocamento da tubulação de água fria para o perímetro da alvenaria, evitando assim que a tubulação fica exposta.

Já a figura 40.B mostra em realidade aumentada, a incompatibilidade da tubulação de água pluvial que está ultrapassando o limite do forro, deixando assim a tubulação visível na arquitetura. Em que, uma das soluções para essa incompatibilidade, é a mudança do local da tubulação, visto que tal tubulação está tendo interferências já mostradas anteriormente com o pilar P9. Além disso, é necessário que eleve o nível da tubulação para que não ultrapasse o nível do forro.

Foi encontrado também, incompatibilidades entre os projetos arquitetônico e estrutural. Como mostra a figura 41.

Figura 41 – Incompatibilidades do pilar P2 com arquitetura



A figura 41 mostra em realidade aumentada, a incompatibilidade do pilar presente no projeto estrutural e não estando presente no projeto arquitetônico, tendo assim uma exposição do pilar. Em que, duas das soluções para essa incompatibilidade são, a retirada do pilar do projeto estrutural, ou adicionar o pilar no projeto arquitetônico.

Figura 42 – Incompatibilidades das vigas com arquitetura



Fonte: Autor

A figura 42 mostra em realidade aumentada, a incompatibilidade das vigas que estão fora do alinhamento da alvenaria, tendo assim uma exposição das vigas. Em que, uma das soluções para essa incompatibilidade, é o deslocamento das vigas para o perímetro da alvenaria, evitando assim que fica visível.

#### 4.4 Identificação das Incompatibilidades em escala de projeto e real

Nessa etapa foram extraídos os quantitativos das incompatibilidades encontradas em escala de projeto e em escala real, onde apresentaram diferença em suas quantidades devido aos métodos utilizados de compatibilizações. Com isso, fez necessário desenvolver uma tabela com os quantitativos das incompatibilidades encontradas em cada escala.

Assim a tabela 1 a seguir faz um comparativo das diferenças nas quantidades de incompatibilidades encontradas em cada escala.

Tabela 1 – Quantidade de Incompatibilidade

PROJETOS	INCOMPATIBILIDADES	
	ESCALA DE PROJETO	ESCALA REAL
ARQUITETÔNICO COM ESTRUTURAL	3	5
ARQUITETÔNICO COM HIDROSSANITÁRIO	0	2
ESTRUTURAL COM HIDROSSANITÁRIO	3	3
HIDRAULICO COM SANITÁRIO	5	5
TOTAL	11	15

Fonte: Autor

Conforme a tabela 1 apresentada, ao se comparar a soma das análises de incompatibilidades detectadas em cada escala, notou-se um maior número de incompatibilidades encontradas em escala real. Em que isso foi possível devido o uso do aplicativo AUGIN, onde os projetos analisados foram federados e analisado em escala 1:1 *in loco*. Com isso a verificação ficou mais perceptível.

Cabe ressaltar que embora a tabela 1 mostre que em escala real apresentou uma quantidade maior de incompatibilidades percebidas, em escala de projeto apresentou uma vantagem em relação à Realidade Aumentada, que é a verificação automática feita pelo programa utilizado para tal análise, REVIT 2021.

## 5 CONCLUSÃO

Este trabalho retratou a compatibilização entre os projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário através da metodologia BIM juntamente com aplicação da Realidade Aumentada com os projetos em REVIT já finalizados.

Após estes projetos serem federados, criando um modelo consistente e integrado de todo o projeto, foram realizados relatórios de interferências entre os projetos Arquitetônico com Estrutural, Hidrossanitário com Arquitetônico, Hidrossanitário com Estrutural, Hidráulico com Sanitário, com o objetivo de analisar a compatibilização. Onde foi confirmado que havia incompatibilidades.

Observou-se que o uso da metodologia BIM juntamente com a Realidade Aumentada aplicada nos projetos complementares e de arquitetura em um residencial unifamiliar, apresentou-se ser um método eficiente na compatibilização desses projetos, uma vez que vários aspectos se mostraram vantajosos, visto que a compatibilização foi feita tanto em escala de projeto com uma das ferramentas BIM, quanto em escala real com a Realidade Aumentada.

Percebeu-se que para o estudo realizado, algumas incompatibilidades em escala de projeto não foram percebidas durante o estudo, mas identificadas com aplicação da ferramenta REVIT encontradas automaticamente. Assim como, em escala real a aplicação da Realidade Aumentada proporcionou a visualização de incompatibilidades imperceptíveis em escala de projeto.

Além disso, notaram-se aspectos que a compatibilização foi complementar em relação a escala de projeto e escala real. Entre estes aspectos cabe ressaltar a possibilidade de verificação automática de interferências e a capacidade de realizar modificações no projeto, onde isto é possível somente no uso da ferramenta REVIT.

Como também em escala real a aplicação da Realidade Aumentada proporcionou a visualização de incompatibilidades onde componentes que estavam alocados indevidamente em projetos hidrossanitário e estrutural, ficando exposto erroneamente no projeto arquitetônico, sendo assim imperceptíveis em escala de projeto. Visto que a ferramenta REVIT só encontra incompatibilidades em interposição entre componentes, com isso sendo incapaz de localizar falhas como

componentes sendo alocados em lugares indesejáveis que não esteja colidindo com outros elementos.

Dessa forma, vale ressaltar que foi realizado o somatório das incompatibilidades encontradas em escala de projeto e real, em que se mostra uma diferença de incompatibilidades encontradas a mais em escala real. Onde foram identificadas onze incompatibilidades em escala de projeto e quinze em escala real, que equivale 26,67% a mais de incompatibilidades em escala real com aplicação da realidade aumentada.

Portanto a metodologia BIM juntamente com a aplicação da Realidade Aumentada, mostrou-se viável para o desenvolvimento de projetos, permitindo maiores possibilidades de análises e verificações de compatibilidades, principalmente durante a etapa de projeto, visto que a detecção de tais incompatibilidades está ainda em projeto. Com isso, a correção é feita na fase de projeto e não na execução, evitando assim diversos custos e erros.

Como sugestão para trabalhos futuros podem ser feitos estudos comparando os benefícios identificados neste trabalho com os benefícios do BIM e somente a Realidade Virtual aplicado nos projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário em um residencial unifamiliar.

## REFERÊNCIAS

AMIM, R. R. (2007) '**REALIDADE AUMENTADA APLICADA À ARQUITETURA E URBANISMO**', REALIDADE AUMENTADA APLICADA À ARQUITETURA E URBANISMO.

AUGIN. (2020) '**Utilização da Plataforma**'. Disponível em: <https://augin.app/sobrenos/>. Acesso em: 13 abr. 2021.

AZEVEDO, O. J. M. de (2009) '**Metodologia BIM - Building Information Modeling na Direção Técnica de Obras**'.

BILLINGHURST, M. (2001) '**The MagicBook— Moving Seamlessly between Reality and Virtuality**', *IEEE Computer Graphics and Applications*, 21(1), p. 6–9.

BRENDER, M. D., Lima, N. B. V. and Ribeiro, S. E. C. (2016) '**Conhecimento E Estimativa Do Uso Do Bim Pelos Profissionais Atuantes Das Indústrias Aec No Brasil**', *Construindo*, 8(2).

BROCARD, F. L. M. (2012) '**A implantação da tecnologia bim em escritórios de arquitetura**', p. 84.

CAMPBELL, D. A. **Building information modeling: the Web3D application for AEC, Proceedings of the twelfth international conference on 3D web technology**(2007).Disponível,em:  
[http://portal.acm.org/ft\\_gateway.cfm?id=1229422&type=pdf&coll=GUIDE&dl=GUIDE&CFID=23642874&CFTOKEN=31571100](http://portal.acm.org/ft_gateway.cfm?id=1229422&type=pdf&coll=GUIDE&dl=GUIDE&CFID=23642874&CFTOKEN=31571100). Acesso em: 25 jun. 2020.

Campos Neto, Sylvio (2012) '**Estudo comparativo de ferramentas computacionais que utilizam tecnologia BIM para desenvolvimento de projetos de engenharia civil**'.

CATELANI, W. S. (2016) '**Volume 01 - Fundamentos BIM : Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**', CBIC- Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 1, p. 124.

CHECCUCCI, É. de S., Pereira, A. P. C. and Amorim, A. L. de (2011) '**Colaboração e interoperabilidade no contexto da Modelagem da Informação da Construção (BIM)**', *Sigradi*, p. 482–485.

CHUCK EASTMAN, PAUL TEICHOLZ, RAFAEL SACKS, K. L. (2014) **Manual de BIM**.

CLAUDIO KINER, R. S. (2007) **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações**, Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações Livro.

COELHO, S. S. e NOVAES, C. C. (2008) '**Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**', p. 1–7.

DIETRICH, Gustavo L. V. "**A História do CAD**", 2014. Disponível em: <https://blog.render.com.br/cad-e-cae/a-historia-do-cad/>. Acesso em: 20 out. 2020.

FARINHA, M. C. R. (2012) '**Exemplo De Compatibilização De Projetos Utilizando a Plataforma Bim (Building Information Modeling)**', Universidade Tecnológica Federal Do Paraná, p. 1–115.

FEITOSA, A. N. B. (2016) '**IMPLANTAÇÃO BIM EM UM ESCRITÓRIO DE ENGENHARIA ESTRUTURAL DA CIDADE DE JOÃO PESSOA-PB**', *Angewandte Chemie International Edition*, p. 80.

GOMES, Y. de S. (2018) '**Planejamento E Gerenciamento Construtivo Através De Ferramentas Bim, Um Estudo De Caso Na Fundação Estrutural.**'

GONÇALVES, M. de M. (2009) '**O uso do computador como meio para a representação do espaço: Estudo de caso na área de ensino do Digital & Virtual Design**', p. 1–5.

HILGENBERG, F. B. et al. (2012) '**USO DE BIM PELOS PROFISSIONAIS DE ARQUITETURA EM CURITIBA**', *Gestão & Tecnologia de Projetos*, 7(1), p. 62–72. doi: 10.4237/gtp.v7i1.196.

IAI, *buildingSMART International Limited - Industry Foundation Classes*; IFC2x Edition 4.(2010). Disponível em: <http://www.iai-tech.org/>. Acesso em: 27 out. 2020.

JUSTI, A. R. (2008) '**Implantação Da Plataforma Revit Nos Escritórios Brasileiros**', *Gestão & Tecnologia de Projetos*, 3(1), p. 140–152.

KIRNER, C. et al. (2018) '**Introdução a Realidade Virtual e Aumentada**', *Journal of Chemical Information and Modeling*.

KYMMELL, W. (2008) W. *Building Information Modeling. Planning and managing construction project with 4D and simulations.*

LIMA, A. et al. (2014) '**PLATAFORMA BIM COMO SISTEMA DE GESTÃO E COORDENAÇÃO DE PROJETO DA RESERVA CAMARÁ LEÃO**', XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 1(Junho), p. 2140–2149.

LINO, J. C., Azenha, M. e Lourenço, P. (2012) '**Integração da metodologia BIM na engenharia de estruturas**', Encontro Nacional Betão Estrutural -BE2012, p. 1–10.

MARSICO, M. L. et al. (2017) '**Aplicação de BIM na compatibilização de projetos de edificações**', *Iberoamerican Journal of Industrial Engineering*, 17, p. 19–41.

MATOS, C. R. (2016) '**O Uso Do Bim Na Fiscalização De Obras Cleiton Rocha De Matos**', p. 155.

- MCGRAW HILL CONSTRUCTION (2014) *The business value of BIM for construction in major global markets, SmartMarket Report*.
- D'APARECIDA, G. S. (2018) 'AVALIAÇÃO DO USO DA TECNOLOGIA BIM COMO FERRAMENTA DE FISCALIZAÇÃO DE OBRAS PÚBLICAS NA ETAPA DE CONCEPÇÃO E ELABORAÇÃO DE PROJETOS', 151(2), p. 10–17.
- MELLO, L. C. B. de B. and Amorim, S. R. L. de (2009) 'O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos', *Production*, 19(2), pp. 388–399. doi: 10.1590/s0103-65132009000200013.
- MENEZES, G. L. B. B. de (2011) 'Breve histórico de implantação da plataforma Bim', p. 152–171.
- MIKALDO Jr, J. and SCHEER, S. (2008) 'Compatibilização De Projetos Ou Engenharia Simultânea: Qual É a Melhor Solução?', *Gestão & Tecnologia de Projetos*, 3(1).
- MOREIRA, L. C. de S. (2013) 'Expressão Gráfica Através Da Realidade Aumentada E Bim : Uma Experiência De Visualização', XXI Simpósio Nacional de Geometria Descritiva e Desenho Técnico, p. 12.
- NASCIMENTO, L. A. do e Santos, E. T. (2003) 'A indústria da construção na era da informação', *Ambiente Construído*, 3(1), p. 69–81.
- NETO, C. et al. (2012) 'Estudo comparativo de ferramentas computacionais que utilizam tecnologia bim para desenvolvimento de projetos de engenharia civil', COBENGE - XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, p. 12.
- NUNES, G. H. and Londrina, U. E. De (2019) 'Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM'
- PROETTI, S. (2018) 'As Pesquisas Qualitativa E Quantitativa Como Métodos De Investigação Científica: Um Estudo Comparativo E Objetivo', *Revista Lumen* - ISSN: 2447-8717, 2(4).
- REVISTA CASA CERÂMICA. (2019). Disponível em: <https://www.flipsnack.com/A67B7DF569B/revista-casa-cer-mica-2019.html>. Acesso em: 13 abr. 2021.
- SCHEER, S. et al. (2007) 'Impactos Do Uso Do Sistema Cad Geométrico E Do Uso Do Sistema Cad-Bim No Processo De Projeto ...', VII Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projetos na Construção de Edifícios, p. 7
- SMITH, D. K. and Tardif, M. (2004) '*Building Information Modeling A Strategic Implementation Guide for Architects, Engineers, Constructors, and Real Estate Asset Managers*', *International Journal of Productivity and Performance Management*, 53(6), p. 82–89.

SOUZA, L. L. A. De, Amorim, S. R. L. and Lyrio, A. D. M. (2009) '**Impactos Do Uso Do Bim Em Escritórios De Arquitetura : Oportunidades No Mercado Imobiliário Impact From the Use of Bim in Architectural Design Offices : Real Estate Market Oportunities**', *Gestão & Tecnologia de Projetos* [ISSN, 4, p. 26–53.

SPERLING, DAVID M. (2002). '**O projeto arquitetônico, novas tecnologias de informação e o Museu Guggenheim de Bilbao**'. *Pesquisa e Inovação em Gestão do Processo de Projeto de Edifícios*. São Paulo, 2007. Disponível em: <https://www.yumpu.com/pt/document/read/14540608/o-projeto-arquitetonico-novas-tecnologias-de-informacao-e-o-museu> . Acesso dia: 16 nov. 2020.

TOBIN, J. (2008) '**ProtoBuilding: To BIM is to Build**', *AECbytes*, p. 1–8.