



**CENTRO UNIVERSITÁRIO CHRISTUS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

SAUL MIRANDA ALBUQUERQUE FERREIRA

**A METODOLOGIA BIM E A COMPATIBILIZAÇÃO DOS PROJETOS EM OBRAS
PUBLICAS: O ESTUDO DE CASO DE UMA ESCOLA PROFISSIONALIZANTE**

FORTALEZA

2021

SAUL MIRANDA ALBUQUERQUE FERREIRA

A METODOLOGIA BIM E A COMPATIBILIZAÇÃO DOS PROJETOS EM OBRAS
PUBLICAS: O ESTUDO DE CASO DE UMA ESCOLA PROFISSIONALIZANTE

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. Msc. 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)

F383m Ferreira, Saul Miranda Albuquerque.
A METODOLOGIA BIM E A COMPATIBILIZAÇÃO DOS
PROJETOS EM OBRAS PÚBLICAS : : O ESTUDO DE CASO
DE UMA ESCOLA PROFISSIONALIZANTE / Saul Miranda
Albuquerque Ferreira. - 2021.
78 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Centro
Universitário Christus - Unichristus, Curso de Engenharia Civil,
Fortaleza, 2021.
Orientação: Prof. Me. José Wellington Gondim Oliveira.

1. Obras Públicas . 2. BIM. 3. Instalações Hidrossanitárias. 4.
Estrutura. 5. Compatibilização de Projetos . I. Título.

CDD 624

SAUL MIRANDA ALBUQUERQUE FERREIRA

A METODOLOGIA BIM E A COMPATIBILIZAÇÃO DOS PROJETOS EM OBRAS
PUBLICAS: O ESTUDO DE CASO DE UMA ESCOLA PROFISSIONALIZANTE

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. Msc. José
Willington Gondim Oliveira

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Msc. José Willington Gondim Oliveira (Orientador)
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. Msc. Tatiana Soares de Oliveira
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Prof. Msc. Luis Carlos Aguiar Lopes
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por toda a força e saúde que ele me deu para enfrentar este desafio e conseguir obter êxito em meio a pandemia do COVID-19 em que o mundo está enfrentando.

Ao meu pai Francisco Lastênio Ferreira e a minha mãe Sueliana Miranda Albuquerque por sempre terem me apoiado e ajudado no que foi preciso.

A todos os professores a quem eu tive a honra de poder ter aprendido com estes profissionais e em especial ao meu professor orientador José Willington Gondim Oliveira e aos professores Luis Carlos Aguiar Lopes e Tatiana Soares de Oliveira, que se dispuseram a fazer parte da banca examinadora deste trabalho.

E a todos aqueles amigos que sempre estiveram ali torcendo e orando pelo meu sucesso e me incentivaram a seguir em frente.

A todos, o meu muito obrigado.

RESUMO

A construção civil é composta por vários sistemas que compõe um empreendimento, necessitando de uma fragmentação dos conhecimentos específicos para cada área. Devido à falta de comunicação entre os profissionais envolvidos, são geradas as incompatibilidades entre os projetos, ocasionando assim retrabalhos e desperdícios, onde em obras públicas não são diferentes. O uso de uma metodologia integrada e parametrizada com a do BIM, se torna uma excelente opção para evitar tais problemas. Portanto, este trabalho propõe a utilização do BIM em obras públicas a fim de reduzir os problemas gerados pelas interferências entre as disciplinas de projeto. O estudo foi iniciado apresentando a evolução das tecnologias utilizadas para a elaboração dos projetos de arquitetura e engenharia. Em seguida tem a conceituação da metodologia. Logo após é demonstrado as normas vigentes e leis garantindo a obrigatoriedade da utilização do BIM em obras públicas. Foi realizado o estudo de caso com projetos de uma escola profissionalizante que constituiu na modelagem paramétrica e compatibilização das disciplinas de estrutura e instalações hidrossanitárias. Foram detectadas vinte (20) incompatibilidades entre os sistemas de tubulações de água e esgoto, e vinte e cinco (25) entre as tubulações e os elementos estruturais, totalizando quarenta e cinco (45) incompatibilidades que foram descritas e analisadas, sendo propostas soluções e apresentadas para tais interferências facilmente. Com isso, o uso da metodologia BIM para obras públicas traz diversos benefícios evitando erros de compatibilizações entre projetos que se forem resolvidos durante a obra poderão gerar grandes desperdícios de custo e produtividade, onde desse modo as empresas que utilizarem essa metodologia se beneficiariam e o contratante não teria futuros problemas com atrasos na entrega e aditivos nos contratos financeiros.

Palavras-chave: Obras Públicas, BIM, Instalações Hidrossanitárias, Estrutura, Compatibilização de Projetos

ABSTRACT

Civil construction is made up of several systems that make up an enterprise, requiring a fragmentation of specific knowledge for each area. Due to the lack of communication between the professionals involved, incompatibilities between projects are generated, thus causing rework and waste, where in public works they are no different. The use of a methodology integrated and parameterized with that of BIM becomes an excellent option to avoid such problems. Therefore, this work proposes the use of BIM in public works in order to reduce the problems generated by interferences between design subjects. The study started by presenting the evolution of the technologies used for the elaboration of architecture and engineering projects. Then there is the conceptualization of the methodology. Afterwards, the current norms and laws are shown, guaranteeing the mandatory use of BIM in public works. A case study was carried out with projects from a professionalizing school that constituted the parametric modeling and compatibility of the subjects of structure and hydrosanitary installations. Twenty (20) incompatibilities were detected between the water and sewage piping systems, and twenty-five (25) between the piping and structural elements, totaling forty-five (45) incompatibilities that were described and analyzed, with proposed solutions and presented for such interferences easily. With this, the use of the BIM methodology for public works brings several benefits, avoiding problems that, if only solved at the construction site, would generate great waste of cost and productivity, where in this way companies that use this methodology would benefit and the contractor would not have future problems with delays at delivery and amendments to financial contracts.

Keywords: Public Works, BIM, Hydro-sanitary Installations, Structure, Project Compatibility

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Evolução dos Projetos.....	17
Figura 2 - Diâmetro dos sub-ramais mínimos.....	17
Figura 3 - BIM no ciclo de vida das edificações.....	21
Figura 4 - Níveis de Maturidade do BIM.....	23
Figura 5 - Dimensões do BIM.....	25
Figura 6 - Os 5 diferentes níveis de LOD.....	26
Figura 7 - Os 25 casos de usos BIM, localizados nas grandes fases do ciclo de vida de um empreendimento.....	27
Figura 8 - Resultados de pesquisa específica, realizada pela PennState University, sobre frequência de uso e benefícios percebidos, em empresas americanas.....	28
Figura 9 - Resultados de pesquisa específica, realizada pela PennState University, sobre frequência de uso percebidos, em empresas americanas.....	29
Figura 10 - Resultados de pesquisa específica, realizada pela PennState University, sobre benefícios de uso percebidos, em empresas americanas.....	30
Figura 11 - Curva de MacLeamy.....	34
Figura 12 - Interferências dos tubos de queda em elementos estruturais e desprezo do <i>shaft</i>	36
Figura 13 - Viga em conflito com tubulação de esgoto.....	37.
Figura 14 - <i>Roadmap</i> da Estratégia BIM BR.....	41
Figura 15 - Etapas de execução do trabalho.....	45
Figura 16 - Modelo CAD 2D x Modelo BIM 3D.....	46
Figura 17 - menu de importação de arquivos.....	47
Figura 18 - Camadas da parede.....	47
Figura 19 - Camadas do piso.....	48
Figura 20 – Portas.....	49
Figura 21 - Porta Parametrizada.....	49
Figura 22 - Rampas e Escada.....	50
Figura 23 - Desenho da estrutura de pdf para dwg.....	50
Figura 24 - Estrutura Bloco Pedagógico.....	51
Figura 25 - Louças e acessórios.....	52
Figura 26 - Instalações de Água Fria.....	52
Figura 27 - Instalações de Esgoto e Ventilação.....	53

Figura 28 - Menu de Verificação de Interferência.....	53
Figura 29 - Janela de Disciplinas para Verificação de Interferências (Tubulação X Tubulação).....	54
Figura 30 - Janela de Disciplinas para Verificação de Interferências (Tubulação X Pilares estruturais mais Quadro estrutural).....	55
Figura 31 - Planta baixa instalação de água sanitários masculino feminino e acessível pavimento térreo bloco pedagógico.....	57
Figura 32 - Planta baixa mais isometria das instalações de água do sanitário feminino do pavimento térreo do bloco pedagógico.....	58
Figura 33 - Planta baixa mais isometria das instalações de água do sanitário masculino do pavimento térreo do bloco pedagógico.....	59
Figura 34 - Modelo paramétrico 3D das instalações de água.....	60
Figura 35 - Modelo paramétrico 3D das instalações de água da solução sugerida.....	60
Figura 36 - Planta baixa instalação de esgoto sanitários masculino feminino e acessível pavimento térreo bloco pedagógico.....	61
Figura 37 - Planta baixa das instalações de esgoto do sanitário masculino do pavimento térreo do bloco pedagógico.....	61
Figura 38 - Modelo paramétrico 3D das instalações de esgoto.....	62
Figura 39 - Modelo paramétrico 3D das instalações de esgoto da solução sugerida.....	62
Figura 40 - Planta baixa instalação de esgoto sanitários masculino feminino e acessível pavimento superior bloco pedagógico.....	63
Figura 41 - Planta baixa das instalações de esgoto do sanitário masculino e acessível do pavimento superior do bloco pedagógico.....	64
Figura 42 - Modelo paramétrico 3D das instalações de esgoto.....	64
Figura 43 - Modelo paramétrico 3D das instalações de esgoto da sugestão sugerida.....	65
Figura 44 - Planta baixa das instalações de água e planta baixa de estrutura sobrepostas e o isométrico da instalação hidráulica do sanitário feminino do pavimento térreo do bloco pedagógico.....	66
Figura 45 - Modelo paramétrico 3D das instalações de água e das estruturas.....	66
Figura 46 - Modelo paramétrico 3D das instalações de água e das estruturas da solução sugerida.....	67
Figura 47 - Planta baixa das instalações de esgoto e planta baixa da estrutura sobrepostas do sanitário masculino do pavimento térreo do bloco pedagógico.....	68

Figura 48 - Modelo paramétrico 3D das instalações de esgoto e das estruturas.....	68
Figura 49 - Modelo paramétrico 3D das instalações de esgoto e das estruturas da solução sugerida.....	69
Figura 50 - Planta baixa das instalações de esgoto e planta baixa da estrutura sobrepostas do sanitário masculino do pavimento térreo do bloco pedagógico.....	69
Figura 51 - Modelo paramétrico 3D das instalações de ventilação e das estruturas.....	70
Figura 52 - Modelo paramétrico 3D das instalações de ventilação e das estruturas da solução sugerida.....	70

LISTA DE QUADROS

Quadro1 - Características do BIM.....	19
Quadro 2 - Listagem das incompatibilizações da combinação Hidrossanitário x Hidrossanitário.....	58
Quadro 3 - Listagem das incompatibilizações da combinação Hidrossanitário x Estrutural.....	65
Quadro 4 - Quadro resumo de incompatibilidades.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIA	The American Institute of Architects
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIM	Building Information Modeling
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
DOU	Diário Oficial da União
FNDE	Fundo de Desenvolvimento da Educação
LOD	Level of Development
MDIC	Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
TCU	Tribunal de Contas da União
VDC	Virtual and Design Construction

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.2	Objetivos.....	16
<i>1.1.1</i>	<i>Objetivo Geral</i>	<i>16</i>
<i>1.1.2</i>	<i>Objetivos Específicos.....</i>	<i>16</i>
2	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	Evolução Gráfica dos Projetos	17
2.2	Normatização dos Projetos	18
<i>2.2.1</i>	<i>Projeto de água fria.....</i>	<i>18</i>
<i>2.2.2</i>	<i>Projeto de esgoto</i>	<i>19</i>
2.3	BIM	19
<i>2.3.1</i>	<i>O que é BIM?</i>	<i>20</i>
<i>2.3.2</i>	<i>O que não é BIM?</i>	<i>22</i>
<i>2.3.3</i>	<i>Níveis de Maturidade BIM.....</i>	<i>23</i>
<i>2.3.4</i>	<i>Dimensões do BIM</i>	<i>25</i>
<i>2.3.5</i>	<i>Nível de Desenvolvimento – LOD</i>	<i>26</i>
<i>2.3.6</i>	<i>Usos do BIM.....</i>	<i>28</i>
<i>2.3.7</i>	<i>Benefícios do BIM</i>	<i>32</i>
<i>2.3.8</i>	<i>Compatibilização de projetos</i>	<i>34</i>
<i>2.3.9</i>	<i>Normas ABNT</i>	<i>39</i>
<i>2.3.10</i>	<i>Decretos Federais.....</i>	<i>40</i>
<i>2.3.10.1</i>	<i>Decreto Nº 9.983, de 22 de agosto de 2019</i>	<i>40</i>
<i>2.3.10.2</i>	<i>Decreto Nº 10.306, de 2 de abril de 2020</i>	<i>42</i>
2.4	Lei Federal de Licitações	43
3	METODOLOGIA	44
3.1	Estudo de Caso.....	46
3.2	Modelagem Paramétrica dos Projetos.....	47

3.2.1	<i>Arquitetura</i>	48
3.2.2	<i>Estrutura</i>	51
3.2.3	<i>Instalações Hidrosanitárias</i>	52
3.3	Compatibilização dos Projetos	54
4	RESULTADOS E DISCURSÕES	58
4.1	Identificação de Incompatibilidades	58
4.1.1	<i>Tubulações x Tubulação</i>	59
4.1.1.1	Tubulação de Água fria.....	54
4.1.1.2	Tubulação de Esgoto	56
4.1.2	<i>Tubulações x Estrutura</i>	66
5	CONCLUSÃO	68

REFERÊNCIAS

1 INTRODUÇÃO

A construção civil devido a sua complexidade necessita de uma fragmentação de suas atividades e especializações, o que por consequência torna tangível a perda de unidade do processo, “com a atuação de diversos especialistas voltados para apenas um aspecto da realização do projeto ou da obra”.(MAYR, 2000).

Essa falta de união entre os projetos das diversas áreas da construção de um empreendimento ocasiona as chamadas incompatibilidades de projetos que são as interferências entre os projetos de disciplinas distintas, onde comprometem a qualidade, utilização e desempenho do que virá a ser construído.

Quando não compatibilizados na fase de elaboração, será evidenciada, na fase de execução, a necessidade de alterações e adaptações do projeto inicial. O que muitas vezes acarreta no aumento de custos, descumprimento de prazos, patologias, redução na qualidade dos serviços e outros problemas que poderiam ter sido evidenciados caso fosse investido parte do tempo na compatibilização dos projetos em sua fase de elaboração.

Em obras públicas no Brasil é muito comum se deparar com incompatibilidades em sua execução, seja devido à mão de obra desqualificada, projetos mal elaborados e não serem feitas as devidas correções dos mesmos, sejam eles de infraestrutura ou edificações.

Um caso em que foi possível observar a importância de um projeto bem elaborado foi o das obras para o controle de inundações na Baixada Fluminense no Rio de Janeiro em que o projeto básico estava impreciso e incompleto. Segundo a fiscalização, o projeto básico utilizado no edital de concorrência era defasado e deficiente, redundando em uma série de aditivos que alteraram seu valor original em 89,4% para acréscimos e 64,44% para supressões(TCU, 2016a).

Pode-se observar também o que aconteceu na construção da linha de veículos leves sobre trilhos na cidade de Cuiabá, onde contaria com 22 quilômetros de extensão e 33 estações dos quais em abril de 2015 apenas 800 metros de trilhos haviam sido entregues e 40 vagões estavam estacionados em um pátio nos arredores de Cuiabá, expostos ao clima quente e úmido da cidade e acumulando a poeira vermelha da região. Não é só isso: três quartos dos recursos previstos já tinham sido gastos. A Controladoria-Geral do Estado concluiu que os projetos eram incompletos e que o pouco a sair do papel foi mal executado (FURIAN; BOAS, 2015).

Outro caso de imperfeições encontradas no projeto básico foi o das obras de requalificação da Praia de Iracema/CE, onde o Tribunal de Contas da União (TCU) solicitou

explicações sobre o caso, porém as respostas não foram suficientes para justificar os achados da auditoria. Com orçamento inicial de R\$ 3 milhões, termos aditivos do contrato elevaram o percentual de acréscimo da obra em 85,5%. O Tribunal de Contas da União (TCU) aplicou multa aos ex-gestores da obra de requalificação da praia de Iracema em Fortaleza/CE(TCU, 2016b).

Está claro que a prática atual de se projetar pode ocasionar diversos transtornos e possíveis prejuízos para a população de maneira geral uma vez que o modelo tradicional 2D muitas vezes é de difícil visualização, o que acarreta dificuldades de identificação de possíveis falhas na fase de execução, gerando gastos imprevistos e desnecessários que não agregariam ao produto final.

Portanto, a aplicação da metodologia BIM em obras públicas é de comum interesse de todos, já que esse novo método possibilita a criação de um protótipo virtual do empreendimento com geometrias e informações construtivas exatas que auxiliam no processo de planejamento e execução da obra de maneira mais assertiva e precisa, evitando possíveis imprevistos.

Segundo Eastman, et al. (2014), com o processo de modelagem do empreendimento virtualmente, o objeto gerado possui informações necessárias, precisas e suficientes para a sua construção, fabricação de peças específicas que serão utilizadas, quantidade de materiais e mão de obra como também custos e tempos gastos com as atividades a serem executadas. Tal processo passou a se chamar de Modelagem da Informação da Construção (em inglês, *Building Information Modeling – BIM*)

Para Eastman et al. (2014, p.1), “quando implementado de maneira apropriada, o BIM facilita o processo de projeto e construção, tornando-o mais integrado, o que resulta em construções de melhor qualidade com custo e prazo de execução reduzida”.

Com essa nova maneira de se projetar, os benefícios adquiridos são diversos, uma vez que “o BIM aumenta a confiabilidade nas estimativas de custos e no cumprimento dos prazos, reduz a incidência de erros e imprevistos, garante uma maior transparência no processo de compra e confere maior qualidade às obras”. (BRASIL, 2018)

Tendo em vista tal problemática o Governo Federal do Brasil dispõe por meio do decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019, a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* no Brasil - Estratégia BIM BR, instituída com a finalidade de promover um ambiente adequado ao investimento em BIM e a sua difusão no País. Estabeleceu-se por meio do decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020, a utilização do BIM na execução direta ou

indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal.

Com a implantação do BIM nas obras públicas haverá menos gastos desnecessários, economizando o dinheiro dos cofres públicos, assim a população se beneficiará com obras entregues em menor período de tempo e de melhor qualidade. Com projetos mais precisos e transparentes, facilitará os serviços dos órgãos fiscalizadores dificultando a prática de corrupção daqueles que quiserem tirar proveito disso, a administração pública poderá gerir melhor os custos em manutenção dos novos empreendimentos

1.2 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Demonstrar os benefícios e as vantagens da implementação da metodologia BIM em obras de edificações públicas

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar os projetos de arquitetura e complementares de uma Escola de Ensino Profissional do programa BRASIL PROFISSIONALIZADO desenvolvido pelo Fundo de Desenvolvimento da Educação (FNDE)
- Modelar os projetos da escola através da ferramenta *AutoDesk Revit 2021*, que utiliza a metodologia BIM com base nos projetos disponibilizados pelo FNDE em seu portal na internet
- Identificar as incompatibilidades nos projetos utilizando o recurso de “Verificação de Interferências” do *AutoDesk Revit 2021*
- Avaliar os benefícios da aplicação da Metodologia BIM na Escola de Ensino Profissional

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Evolução Gráfica dos Projetos

Na antiguidade, segundo relatos históricos, o processo de construção era bastante diferente dos dias de hoje, uma vez que havia uma participação constante dos detentores das técnicas construtivas no local da obra, eliminando assim a necessidade de um documento que precisasse ser lido, interpretado e entendido por outros. (CBIC, 2016a)

Conforme apresentado por Sousa (2007), as evidências arquitetônicas mais primitivas, na era da pré-história estão expostas na bibliografia, embasadas em estudos arqueológicos e hipóteses, pois nesta época não haviam formas de registro.

Foi no Renascimento, após a Idade Média que os reais avanços da matemática, da geometria e do desenvolvimento dos desenhos com perspectiva aconteceram. Uma clara evidência disso se encontra nas artes plásticas, pois foi logo nesse período em que os quadros passaram de pinturas e obras de arte planas, para serem representados em planos: em perspectiva com um ou mais pontos de fuga. (CBIC, 2016a)

Distintivamente aos períodos antecedentes, o arquiteto determinava os detalhes das edificações antecipadamente a sua execução devido ao uso da técnica de desenhos em perspectiva. (SOUSA, 2007)

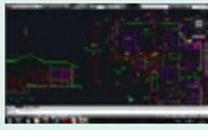
Os desenhos e gráficos passam a ser utilizados no papel para o armazenamento de informações, primeiramente em um material opaco, mas logo em seguida passando a ser utilizado o papel vegetal ou em um material translucido que uma vez inserido em uma mesa de luz permitia a observação das interferências entre os subsistemas da construção.(CBIC, 2016a)

Para Sousa (2007), o Renascimento foi “marco na história da arquitetura”, por ter registrado o surgimento da perspectiva como ferramenta do planejamento espacial e predecessor do projeto de arquitetura.

Atualmente com o computador de mesa acessível e o avanço da tecnologia nos anos 80 começaram a surgir os primeiros *softwares* de desenhos assistidos por computador (CAD) que tornavam possível a realização dos projetos em camadas (*layers*) podendo ser ocultado ou não, substituindo assim a mesa de luz. Foi só nos anos 2000 devido a demanda por *softwares* de representação gráfica tridimensional da indústria cinematográfica que então surgiu o BIM. (CBIC, 2016a)

É possível observar a evolução dos processos do projetar-se com o passar do tempo e com os avanços da tecnologia na Figura 1.

Figura1: Evolução dos Projetos

Maquetes físicas	Pranchetas	CAD	BIM
			
Sem documentação	Apenas documentos (desenhos)	Apenas documentos (desenhos)	Modelos e documentos

Fonte: (CBIC, 2016a)

2.2 Normatização dos Projetos

2.2.1 Projeto de água fria

Para Creder (2006), a instalação predial de água fria é composta por tubos, acessórios, sistemas de recalque, reservatórios, entre outros, e tem o intuito de conduzir água de qualidade e quantidade suficientes aos pontos de utilização de um empreendimento.

Conforme é dito ainda por Creder (2006), o projeto de instalações de água fria corresponde a ilustração gráfica desses componentes, devendo conter os itens a seguir em sua produção: plantas baixas, cortes, detalhes e vistas isométricas, dimensionamento e traçado dos condutores.

Segundo Creder (2006), as peças de utilização possuem diâmetros mínimos a serem adotados conforme é ilustrado na Figura 2.

Figura 2: Diâmetro dos sub-ramais mínimos

DIAMETRO DOS SUB-RAMAIIS MINIMOS		
PEÇAS DE UTILIZAÇÃO	DIÂMÉTRIO	
	(mm)	(pol.)
AQUECEDOR DE BAIXA PRESSÃO	20	(3/4)
AQUECEDOR DE ALTA PRESSÃO	15	(1/2)
BACIA SANITÁRIA COM CAIXA DE DESCARGA	15	(1/2)
BACIA SANITÁRIA COM VÁLVULA DE DESCARGA	32	(1 1/4)
BANHEIRA	15	(1/2)
BEBEDOURO	15	(1/2)
BIDÊ	15	(1/2)
CHUVEIRO	15	(1/2)
FILTRO DE PRESSÃO	15	(1/2)
LAVATÓRIO	15	(1/2)
MÁQUINA DE LAVAR LOUÇAS OU ROUPA	20	(3/4)
MICTÓRIO AUTO-ASPIRANTE	25	(1)
MICTÓRIO DE DESCARGA DESCONTÍNUA	15	(1/2)
PIA DE DESPEJO	20	(3/4)
PIA DE COZINHA	15	(1/2)
TANQUE DE LAVAR ROUPA	20	(3/4)

Fonte: Creder (2006) - adaptado

2.2.2 Projeto de esgoto

O sistema predial de esgoto sanitário de acordo com a ABNT NBR 8160:1999 - Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução, definido como sendo um “conjunto de tubulações e acessórios destinados a coletar e transportar o esgoto sanitário, garantir o encaminhamento dos gases para a atmosfera e evitar o encaminhamento dos mesmos para os ambientes sanitários”.

A norma NBR 8160:1999 recomenda para os ramais de descarga de esgoto inclinações mínimas de 2% para tubos com diâmetros nominais iguais ou inferiores a 75 milímetros e 1% para tubulações com diâmetros nominais iguais ou superiores a 100 milímetros.

2.3 BIM

A modelagem da informação da construção é uma metodologia utilizada no setor da arquitetura, engenharia e construção (AEC) onde segundo referências o termo teria sido utilizado pela primeira vez por Charles Eastman onde ele teria conceituado BIM como sendo “um modelo digital que representa um produto, que, por sua vez, seria o resultado do fluxo de informações do desenvolvimento do seu projeto”. Mas apenas com o acesso a computadores domésticos com capacidade de processamento suficiente para a utilização de softwares foi que o termo passou a ganhar maior notoriedade. (EASTMAN, et al. 2014)

Com a popularização do termo surgiram diversas definições do que seria o BIM segundo diversos autores.

2.3.1 O que é BIM?

Para Succar (2008) “Building Information Modeling (BIM) é um conjunto de políticas, processos e tecnologias que combinados geram uma metodologia para gerenciar o modelo de construção e ensaiar seu desempenho, gerenciar as suas informações e dados, utilizando plataformas digitais (baseadas em objetos virtuais), através de todo seu ciclo de vida”.

O BIM é uma metodologia onde um modelo 3D inteligente de um projeto é criado para facilitar e ter uma maior eficiência no projeto, documentação, coordenação, simulação e visualização.(AUTODESK, 2020)

A modelagem da informação da construção é um processo onde é criado um protótipo de um empreendimento e é feita uma simulação da sua construção visando obter projetos mais eficientes eliminando retrabalhos, reduzindo custos e desperdício de material e mão de obra. (BESSONI, 2019)

Segundo o que por muitos é considerado o pai do BIM, Charles Eastman (2008) diz que:

Modelagem da Informação da Construção (BIM) é um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria relacionada a AEC. Com a tecnologia BIM, um modelo virtual preciso de uma edificação é construído de forma digital. Quando completo, o modelo gerado computacionalmente contém a geometria exata e os dados relevantes, necessários para dar suporte a construção, a fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para a realização da construção.

A partir das definições, é possível observar características comuns entre elas como a criação de um modelo tridimensional inteligente, a capacidade de simular a construção a partir de um protótipo virtual em todo o seu ciclo de vida, entre outros. Outras características de grande relevância para o entendimento do BIM são listadas por Matos (2016) conforme é mostrado no Quadro 1

Quadro 1 - Características do BIM

<p>Composto por objetos digitais</p>	<p>... com propriedades que descrevem os elementos da construção física. A construção do modelo corresponde a montagem de cada peça que compõe a construção do edifício, tornando-se uma representação virtual da construção real do projeto. Isto obriga os projetistas a pensarem no processo de construção, criando uma</p>
---	--

	relação mais forte entre a concepção e construção que o processo convencional. Com isso, os projetistas podem antecipar e resolver conflitos espaciais e outros problemas de construção antes da execução da obra.
Armazena todas as informações do projeto em um banco de dados	Os dados do edifício são convertidos em qualquer formato exigido pelo usuário, tais como gráficos, tabelas, planilhas e texto. Os dados também podem ser convertidos para formatos empregados por outros softwares.
Armazenamento centralizado das informações	As informações coletadas durante qualquer fase do projeto são armazenadas para uso em fases posteriores. O modelo pode incluir informações geradas por arquitetos, engenheiros e outros consultores, fabricantes, empreiteiros, prestadores de serviços, proprietários e outros. Participantes podem ver o trabalho uns dos outros e resolver conflitos durante a fase de concepção.
Natureza paramétrica dos objetos BIM	Isso permite que um número relativamente pequeno de objetos possam definir um número ilimitado de elementos de construção. A composição de objetos paramétricos permite que o projeto inteiro de BIM seja paramétrico. Regras complexas podem ser gravadas em um projeto, criando relações entre parâmetros individuais.
Comunicação direta entre o BIM e ferramentas controladas por computador para fabricação de componentes da obra	Como cada parte do projeto baseado em BIM possui uma representação digital, torna-se possível o uso da tecnologia de fabricação assistida por computador (Computer-Aided Manufacturing – CAM). Projetistas podem assim controlar diretamente a fabricação de certos componentes, dando-lhes controle direto sobre alguns aspectos da construção.

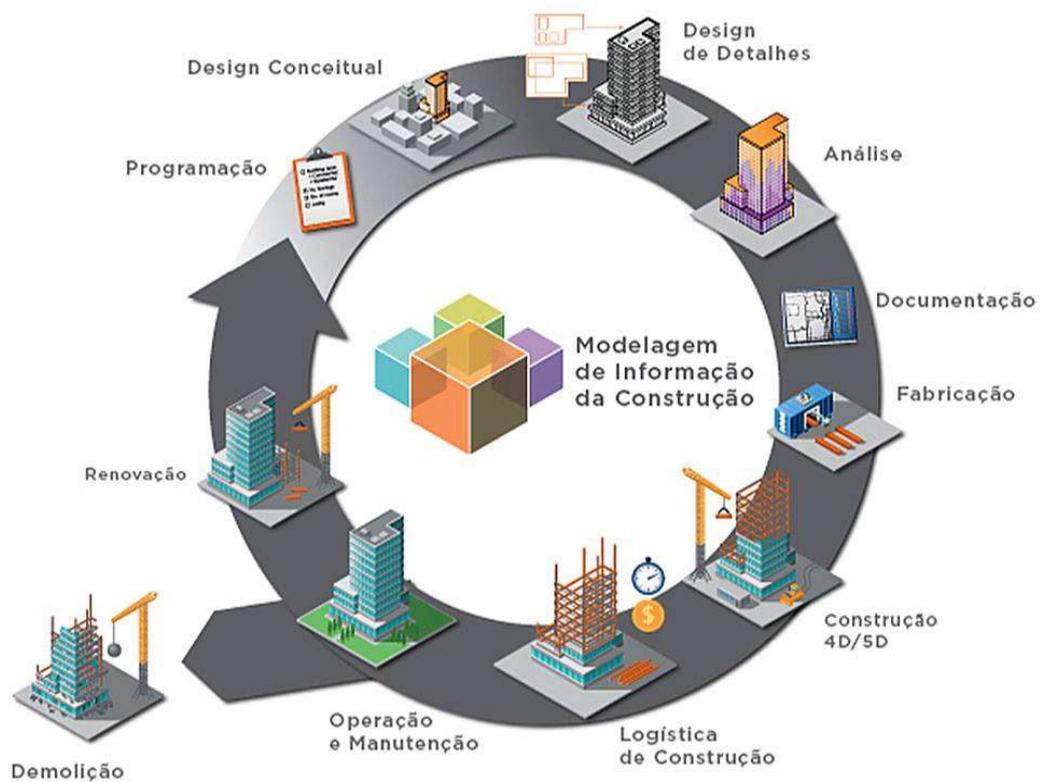
Fonte: Matos (2016)

Porém, o conceito de BIM não deve ser considerado algo novo, uma vez que soluções equivalentes já são utilizadas em diversas indústrias como a automobilística por exemplo, onde havia uma exigência e era permitido um maior investimento na elaboração de

seus projetos e características. A novidade se dá ao acesso dessa tecnologia à indústria da construção, pela facilidade ao acesso a computadores portáteis com capacidade de processamento suficiente para execução dos softwares. (CBIC, 2016a)

Então, o BIM pode ser aplicado em todo o ciclo de vida de uma edificação, desde sua concepção até sua utilização, manutenção ou até mesmo sua demolição. Com isso pode ser utilizado na gestão de utilização do empreendimento e gerenciamento da manutenção, conforme a Figura 3. Portanto, por se tratar de algo bastante abrangente acaba dificultando muitas vezes em sua compreensão do que de fato realmente se trata o BIM.(CBIC, 2016a)

Figura 3: BIM no ciclo de vida das edificações



Fonte: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/inovacao-e-tecnologia/centro-de-inovacao-do-sesi-desenvolve-software-para-reduzir-acidentes-na-construcao/>

Por isso, também é de suma importância também saber o que não é BIM pois muitos acreditam que por ser 3D é BIM, o que não é verdade, mas para ser BIM precisa ser 3D

2.3.2 O que não é BIM?

Muitas vezes o BIM por se utilizar de ferramentas de modelagem tridimensionais, o termo é confundido como sendo apenas um programa de computador de visualização 3D do seu empreendimento, o que não é verdade de acordo com o que foi definido anteriormente. Porém ao observar essa incompreensão do que se trata o BIM, desenvolvedoras de ferramentas computacionais tentam vender o seu produto dizendo ser uma ferramenta BIM onde muitos dos casos não são, tal prática ficou conhecida como *BIM wash* (CBIC, 2016a). Portanto vale a discussão sobre algumas características de ferramentas de modelagem 3D que não utilizam a tecnologia BIM. Segundo Eastman (2016) não utilizam a tecnologia as ferramentas que criam os seguintes tipos de modelos:

- **Modelos que só contêm dados 3D, sem atributos de objetos.** Estes modelos podem ser utilizados somente para visualizações gráficas e não possuem inteligência ao nível do objeto. Eles são bons para visualização, mas não fornecem suporte para integração de dados e análise de projeto.
- **Modelos sem suporte para comportamento.** Estes modelos definem objetos, mas não podem ajustar seu posicionamento ou suas proporções, porque não utilizam inteligência paramétrica. Isso torna as modificações muito trabalhosas e não oferece proteção contra a criação de vistas do modelo inconsistentes ou imprecisas
- **Modelos que são compostos de múltiplas referências a arquivos CAD 2D que devem ser combinados para definir a construção.** É impossível assegurar que o modelo 3D resultante será factível, consistente, contabilizável e que mostrará inteligência com respeito aos objetos contidos nele
- **Modelos que permitem modificações de dimensões em uma vista que não são automaticamente refletidas em outras vistas.** Isso permite erros no modelo que são muito difíceis de detectar (é similar a substituir uma fórmula por uma entrada manual em uma planilha eletrônica).

2.3.3 Níveis de Maturidade BIM

A possibilidade de trabalhar de forma colaborativa é um dos principais pontos abordados pelos profissionais de BIM, pois a tecnologia disponibiliza isso.

Porém não significa que alcançar um nível de total colaboração seja tão fácil, menos ainda que isso aconteça de forma imediata (CBIC, 2016b)

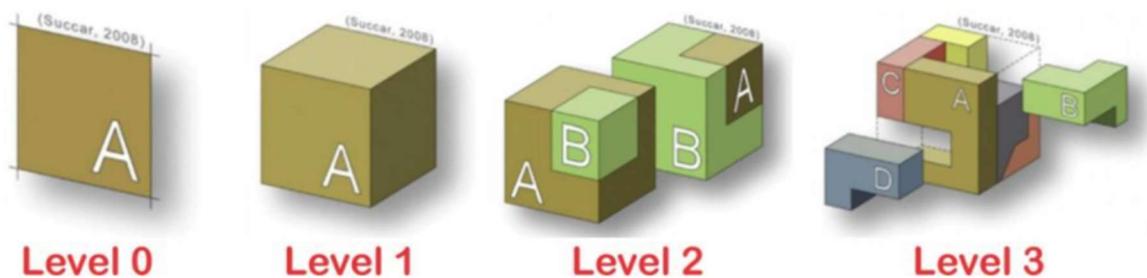
Então, para que haja a implementação do BIM em uma empresa, instituição ou organização, é preciso uma evolução gradativa, dividida em níveis de maturidade.(BESSONI, 2019)

Esses níveis são divididos da seguinte forma,

- **BIM nível 0:** Também conhecido como Pré-BIM pois se refere a projetos feitos em 2D apenas, seja feito a mão em pranchetas ou com auxílio do computador como documentos em CAD-2D. Nesse nível a chance de haver falhas é significativa.
- **BIM nível 1:** Agora os projetos são realizados em 3D por meio de uma ferramenta BIM onde os objetos parametrizados são criados porem de maneira isolada com a utilização de um único software se limitando apenas a uma disciplina
- **BIM nível 2:** Com o avanço das tecnologias nos softwares de modelagem 3D, tornou-se possível a colaboração e a interoperabilidade entre os modelos. Tal avanço exige a necessidade de um compartilhamento integrado de informações entre as partes envolvidas com o intuito de atender a abordagem colaborativa.
- **BIM nível 3:** Para alcançar esse nível o modelo não é mais gerado de forma colaborativa, mas sim de forma integrada por meio de servidores locais ou pela nuvem. Nesse nível a integração entre as diversas disciplinas já estão em um estado de maturidade e eficiência bastante elevado onde não há mais barreiras que dificultam a interoperabilidade entre as ferramentas.

Na Figura 4, é possível observar uma ilustração dos níveis de maturidade BIM segundo Succar (2008).

Figura 4: Níveis de Maturidade do BIM



Fonte: Succar (2008)

2.3.4 Dimensões do BIM

O BIM por se tratar da criação de um modelo 3D inteligente atribuindo informações de maneira integrada e parametrizada de construção, insumos e manutenção aos objetos e ao empreendimento em suas diversas disciplinas, com tais recursos disponíveis considera-se o modelo como sendo multidimensional. Com isso é possível tomar decisões mais complexas e assertivas devido a maior quantidade de informações de diferentes tipos serem modelados dando então aquele modelo um maior número de dimensões.(CAMPESTRINI; RICARDO; JR, 2015)

Segundo Calvert (2013 apud BRAGA, 2015, p.62), algumas das dimensões do BIM são classificadas da seguinte forma:

- **2D Gráfico** – São as duas dimensões do plano, onde estão representadas graficamente as plantas do empreendimento;

- **3D Modelo** – Adiciona a dimensão espacial ao plano, onde é possível visualizar os objetos dinamicamente. Um modelo 3D pode ser utilizado na visualização em perspectiva de um empreendimento, na pré-fabricação de peças, em simulações de iluminação. No caso do BIM, cada componente em 3D possui atributos e parametrização que os caracterizam como parte de uma construção virtual de fato, não apenas visualmente representativa;

- **4D Planejamento** – Refere-se ao cronograma e à sequência de obra; fases de implantação. Adiciona a dimensão tempo ao modelo, definindo quando cada elemento será comprado, armazenado, preparado, instalado, utilizado. Organiza também a disposição do canteiro de obras, a manutenção e movimentação das equipes, os equipamentos utilizados e outros aspectos que estão cronologicamente relacionados;

- **5D Orçamento** – Estimativa de custos; integração de empreiteiros e contratantes. Adiciona a dimensão custo ao modelo, determinando quanto cada parte da obra vai custar, a alocação de recursos a cada fase do projeto e seu impacto no orçamento, o controle de metas da obra de acordo com os custos;

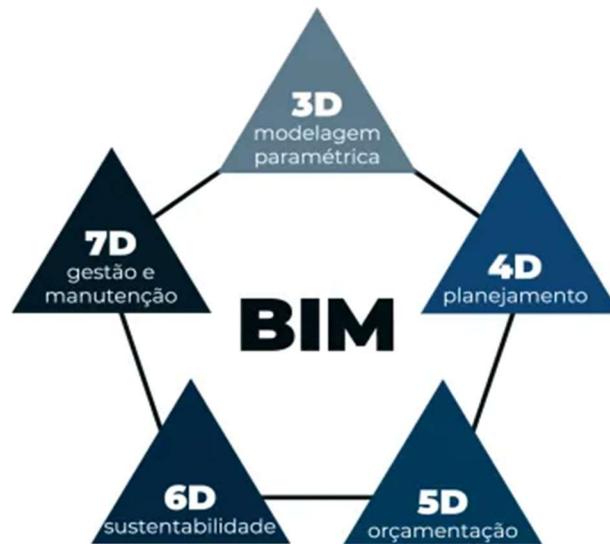
- **6D Sustentabilidade** – Refere-se à operação e manutenção durante a vida útil da edificação. Adiciona a dimensão energia ao modelo, quantificando e qualificando a energia utilizada na construção, a energia a ser consumida no seu ciclo de vida e seu custo, em paralelo à quinta dimensão. A energia, neste caso, pode estar diretamente relacionada ao impacto físico do projeto no meio em que este está inserido;

- **7D Gestão de Instalações** – Adiciona a dimensão de operação ao modelo, onde o usuário final pode extrair informações de como o empreendimento como um todo funciona, suas particularidades, quais os procedimentos de manutenção em caso de falhas ou defeitos.

Para alcançar essas dimensões é necessário que haja a colaboração, parametrização e interoperabilidade como requisito e o BIM seja entendido como um processo. (EASTMAN et al., 2008, apud COMARELLA, 2016).

Pode-se observar cinco das dimensões do BIM na Figura 5.

Figura 5: Dimensões do BIM



Fonte: <https://maiscontroleerp.com.br/dimensoes-do-bim/>

2.3.5 Nível de Desenvolvimento – LOD

O conceito de *Level of Development* (LOD) foi desenvolvido pela *The American Institute of Architects* (AIA) com o intuito de avaliar o estágio de desenvolvimento de um projeto e descreve o estado em que completude de um elemento do modelo é desenvolvido. (CBIC, 2016a)

Manziona (2013, apud COMARELLA; FERREIRA; SILVA, 2016, p.38), define LOD como sendo, “...uma estrutura conceitual para nortear coordenadamente o processo de desenvolvimento do projeto e a evolução de seu detalhamento de informações.

Catelani (2016) define em seis níveis diferentes de desenvolvimento LOD:

- **LOD 100:** Elementos de um modelo podem ser representados graficamente por um

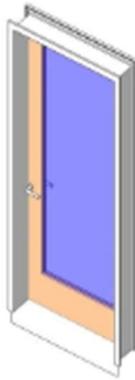
símbolo ou outra representação genérica. Informações relacionadas aos elementos do modelo (ex. custo/m², Ton Resfriamento, etc.) podem ser derivadas de outros elementos.

- **LOD 200:** Elementos de um modelo podem ser representados graficamente como um sistema genérico. Objeto ou montagem com tamanhos, formas, quantidades e orientações aproximadas. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos elementos.
- **LOD 300:** Elementos de um modelo podem ser representados graficamente como um sistema específico. Objeto ou montagem com tamanhos, formas, quantidades e orientações também específicos. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos elementos.
- **LOD 350:** Elementos de um modelo podem ser representados graficamente como um sistema específico. Objeto ou montagem com tamanhos, formas, quantidades, orientações e interfaces com outros sistemas também específicos. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos elementos.
- **LOD 450:** Elementos de um modelo podem ser representados graficamente como um sistema específico. Objeto ou montagem com tamanhos, formas, quantidades, orientações com informações detalhadas sobre fabricação, montagem e instalação. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos elementos.
- **LOD 500:** A representação gráfica dos elementos de um modelo é verificada em campo, em termos de tamanho, formas, localização, quantidades e orientações. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos elementos.

Porém é muito comum que existam variações e adaptações na definição dos níveis de desenvolvimento para diferentes autores de documentos e guias BIM adequando-os a realidade do local. (COMARELLA; FERREIRA; SILVA, 2016)

Na Figura 6, está um exemplo dos diferentes tipos de LOD de uma porta.

Figura 6: Os 5 diferentes níveis de LOD

LOD 100	LOD 200	LOD 300/350	LOD 400	LOD 500
				
Fase de Conceito	Projeto Conceitual	Projeto de Licitação	Projeto de Estado de Construção	Conforme Construído

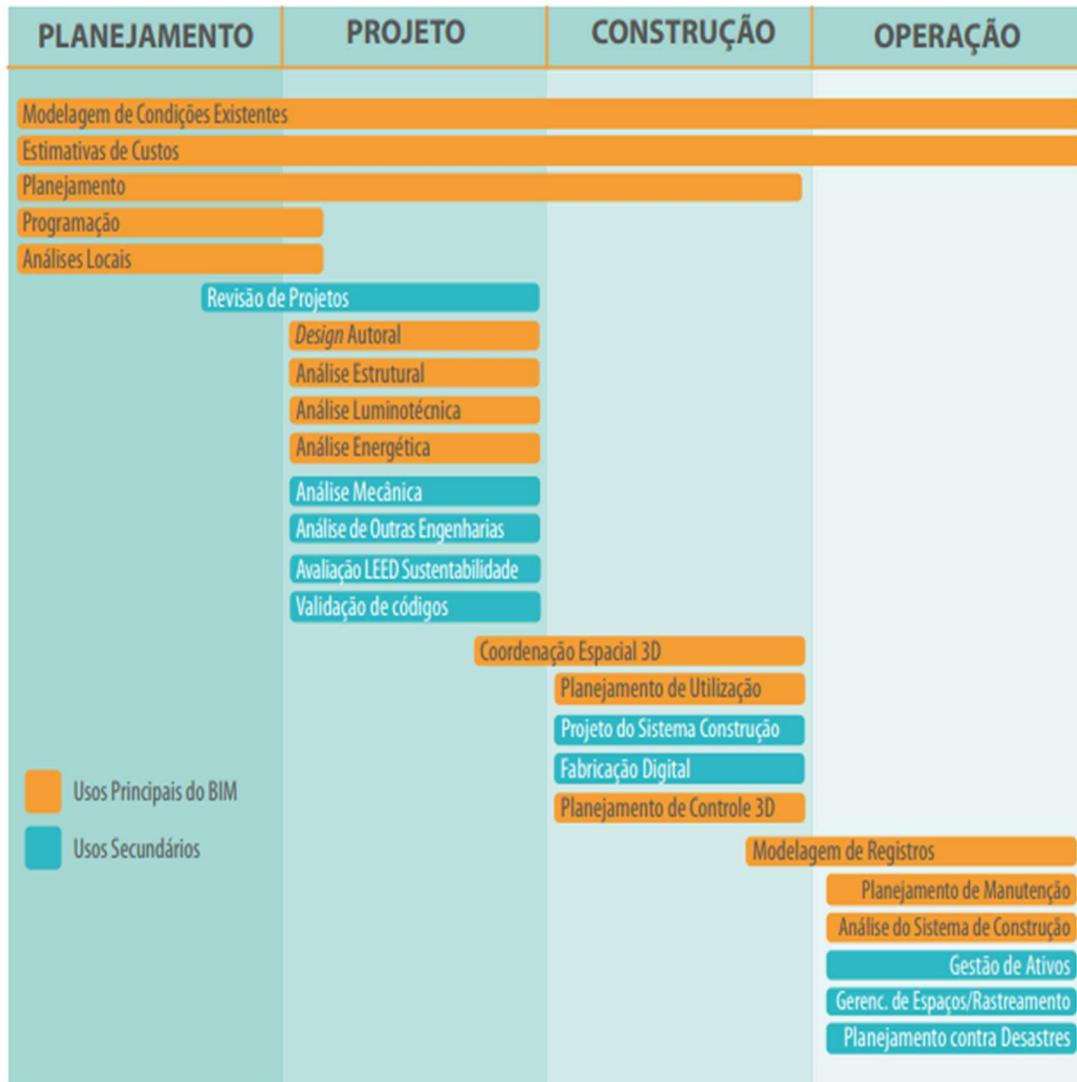
Fonte: <https://www.teamcad.rs/index.php/en/news/330-what-is-lod> (adaptado)

2.3.6 Usos do BIM

A *Pennsylvania State University* publicou um trabalho em dezembro de 2009 onde listava 25 casos de usos diferentes para o BIM e os subdividiu em 4 etapas no ciclo de desenvolvimento de um projeto sendo elas: as de planejamento, projeto, construção e operação. Classificou os casos em principais e secundários em termos de uso. (CBIC, 2016a)

Segundo Catelani (2016), os 25 casos de usos para o BIM são organizados conforme é mostrado na Figura 7.

Figura 7: Os 25 casos de usos BIM, localizados nas grandes fases do ciclo de vida de um empreendimento



Fonte: (CBIC, 2016a)

Através desse estudo também foram classificadas as frequências com que esses usos foram identificados nas empresas de AEC dos Estados Unidos e o valor percebido de cada um, onde foram aplicadas duas perguntas a uma amostra significativa de empresas americanas. Uma das perguntas feitas foi em relação à frequência em que era utilizado cada um dos 25 usos do BIM, onde foram disponibilizadas as opções para responderem de 0,5%, 25%, 50%, 75%, 95% e 100%. Já a segunda pergunta era sobre os benefícios que a empresa percebeu em cada um dos usos, para a qual as respostas poderiam ser: muito negativa, negativa, neutra, positiva e muito positiva. Os resultados obtidos podem ser observados na Figura 8.

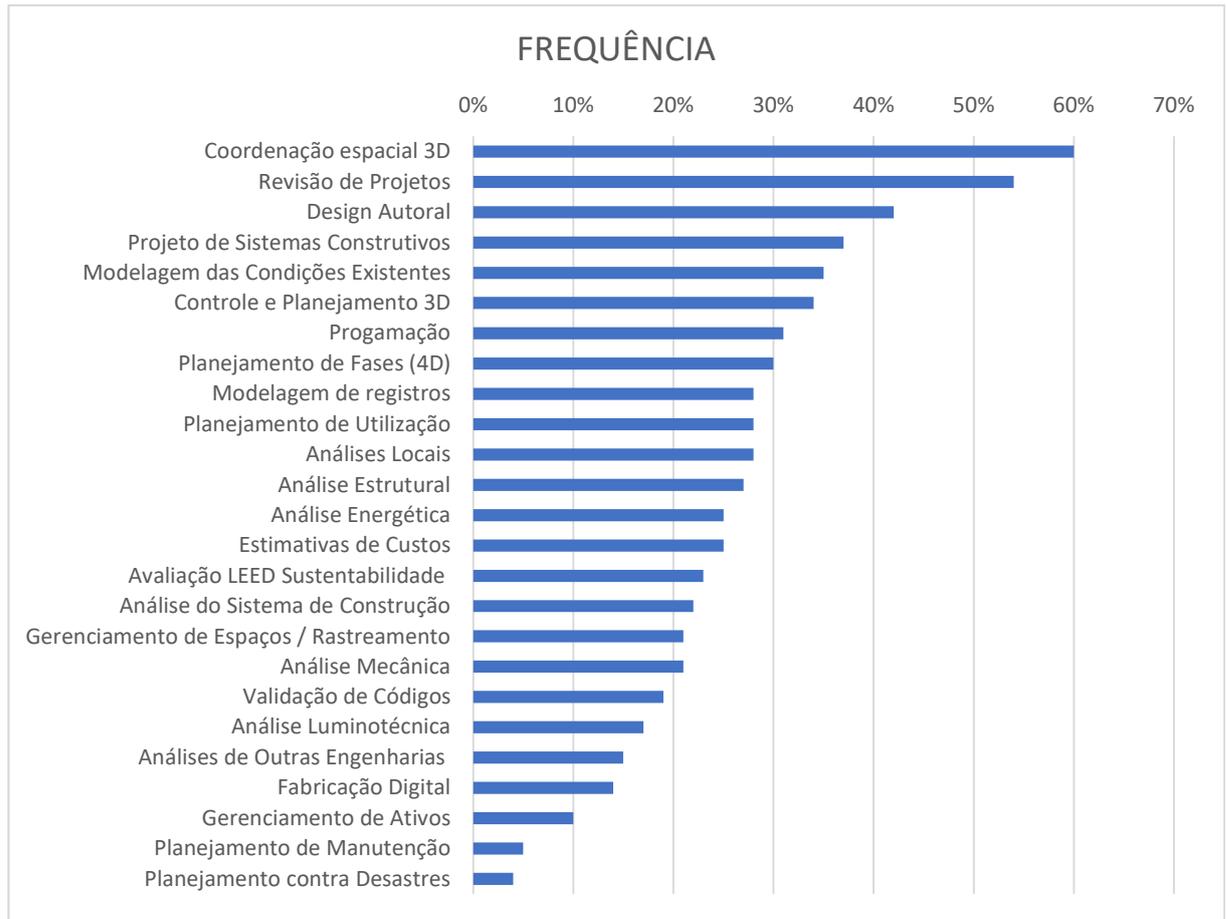
Figura 8: Resultados de pesquisa específica, realizada pela PennState University, sobre frequência de uso e benefícios percebidos, em empresas americanas

USOS DO BIM	Frequência	Ranking	Benefícios	Ranking
	%	1 a 25	-2 a +2	1 a 25
Coordenação espacial 3D	60%	1	1,60	1
Revisão de Projetos	54%	2	1,37	2
Design Autoral	42%	3	1,03	7
Projeto de Sistemas Construtivos	37%	4	1,09	6
Modelagem das Condições Existentes	35%	5	1,16	3
Controle e Planejamento 3D	34%	6	1,10	5
Progamação	31%	7	0,97	9
Planejamento de Fases (4D)	30%	8	1,15	4
Modelagem de registros	28%	9	0,89	14
Planejamento de Utilização	28%	10	0,99	8
Análises Locais	28%	11	0,85	17
Análise Estrutural	27%	12	0,92	13
Análise Energética	25%	13	0,92	11
Estimativas de Custos	25%	14	0,92	12
Avaliação LEED Sustentabilidade	23%	15	0,93	10
Análise do Sistema de Construção	22%	16	0,86	16
Gerenciamento de Espaços / Rastreamento	21%	17	0,78	18
Análise Mecânica	21%	18	0,67	21
Validação de Códigos	19%	19	0,77	19
Análise Luminotécnica	17%	20	0,73	20
Análises de Outras Engenharias	15%	21	0,59	22
Fabricação Digital	14%	22	0,89	15
Gerenciamento de Ativos	10%	23	0,47	23
Planejamento de Manutenção	5%	24	0,42	24
Planejamento contra Desastres	4%	25	0,26	25

Fonte: (CBIC, 2016a) (adaptado)

A partir dessas respostas foi obtido o seguinte gráfico na Figura 9, referente a frequência de uso.

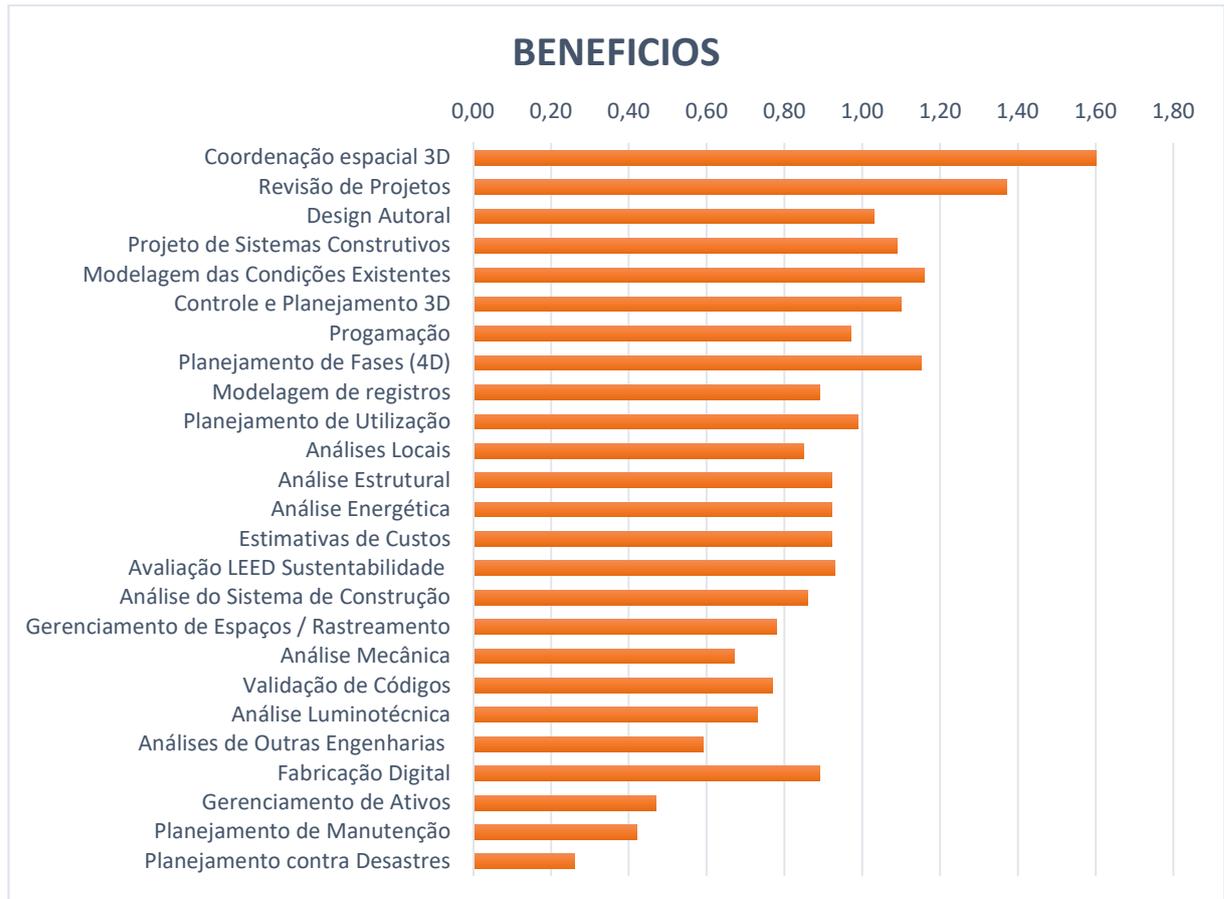
Figura 9: Resultados de pesquisa específica, realizada pela PennState University, sobre frequência de uso percebidos, em empresas americanas



Fonte: (CBIC, 2016a) (adaptado)

Já na Figura 10, tem-se o gráfico de acordo com as respostas da Figura 8, onde trata dos benefícios de uso.

Figura 10: Resultados de pesquisa específica, realizada pela PennState University, sobre benefícios de uso percebidos, em empresas americanas



Fonte: (CBIC, 2016a) (adaptado)

2.3.7 Benefícios do BIM

O uso dessa tecnologia traz diversos benefícios, pois pode melhorar e aprimorar as práticas utilizadas na indústria da AEC onde já foram registrados ganhos significativos em todo o ciclo de vida do empreendimento. (EASTMAN et al., 2014)

Catelani (2016) lista alguns desses benefícios:

2.3.7.1 A visualização em 3D do que está sendo projetado.

A modelagem 3D possibilita a visualização exata do que está sendo projetado, por mais complexa que seja a instalação ou edificação, além de oferecer funcionalidades para a detecção automática de interferências geoespaciais entre objetos.

2.3.7.2 O ensaio da obra no computador

A modelagem de informações possibilita a geração automática de projetos e de relatórios (documentos), análises de projetos, planejamentos, simulações, gestão de

instalações, e mais: definitivamente, permite que a equipe de projeto fique melhor informada, para tomar decisões adequadas e construir edificações melhores.

2.3.7.3 A extração automática das quantidades de um projeto

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

2.3.7.4 A realização de simulações e ensaios virtuais

Simulações do comportamento e do desempenho de edifícios e instalações, ou de suas partes e sistemas componentes, são funcionalidades novas, que não podiam ser executadas antes, com a utilização de processos baseados apenas em documentos (CAD). Os modelos BIM os tornaram possíveis.

2.3.7.5 A identificação automática de interferências (geométricas e funcionais)

Os softwares BIM localizam automaticamente as interferências entre os objetos que compõem um modelo. Esta funcionalidade é conhecida como *clash detection*.

2.3.7.6 A geração de documentos mais consistentes e mais íntegros

No BIM os objetos são paramétricos e inteligentes, e isso significa que esses objetos já têm informações sobre si próprios, sobre o seu relacionamento com outros objetos, e também com o seu entorno ou ambiente no qual está inserido.

2.3.7.7 A capacitação das empresas para executarem construções mais complexas

O BIM também pode ajudar muito nos casos em que a complexidade não é apenas relacionada às formas ou subsistemas construtivos, mas é também logística, quando se requer o cumprimento de prazos muito desafiadores ou mesmo a coordenação simultânea de diversas frentes de obras.

2.3.7.8 A viabilização e a intensificação do uso da industrialização

No BIM, a coordenação geométrica de componentes também pode ser verificada automaticamente por softwares, eliminando a maioria dos potenciais erros e interferências. Além disso, todos os passos das montagens podem ser ensaiados previamente nos computadores, com a utilização de processos de “Projeto e Construção Virtual” (VDC – *Virtual and Design Construction*), garantindo alto nível de confiabilidade e previsibilidade aos projetos e especificações.

Estes são alguns dos benefícios que é possível se obter com a metodologia BIM aplicada, porém existem inúmeros outros benefícios onde são citados por outras referências.

2.3.8 Compatibilização de projetos

Com o crescimento das cidades e o aumento populacional houve uma maior demanda no setor imobiliário, fazendo com que os profissionais da AEC começassem a se especializar em áreas específicas da construção como por exemplo arquitetura, estruturas, instalações entre outros. Inicialmente tal abordagem de segmentação entre os projetos deu certo pois os profissionais ainda tinham um conhecimento abrangente entre as diversas disciplinas que compunham uma edificação, porém com o desenvolvimento das especializações o conhecimento generalizado foi se perdendo com o tempo. Como consequência, esses distanciamentos entre os projetos dos subsetores da construção começaram a apresentar incompatibilidades que só seriam detectadas apenas na fase de execução. (COSTA, 2013)

Para (SCHEER;MIKALDO JR. *apud* PRAIA, 2019, p.14),

Com o passar do tempo, os construtores ficaram mais distanciados das atividades de projeto e os projetistas ficaram mais longe da execução dos sistemas por eles projetados. Esta perda de elos entre os participantes, fez com que a atividade construtiva passasse a ter altos índices de desperdício.

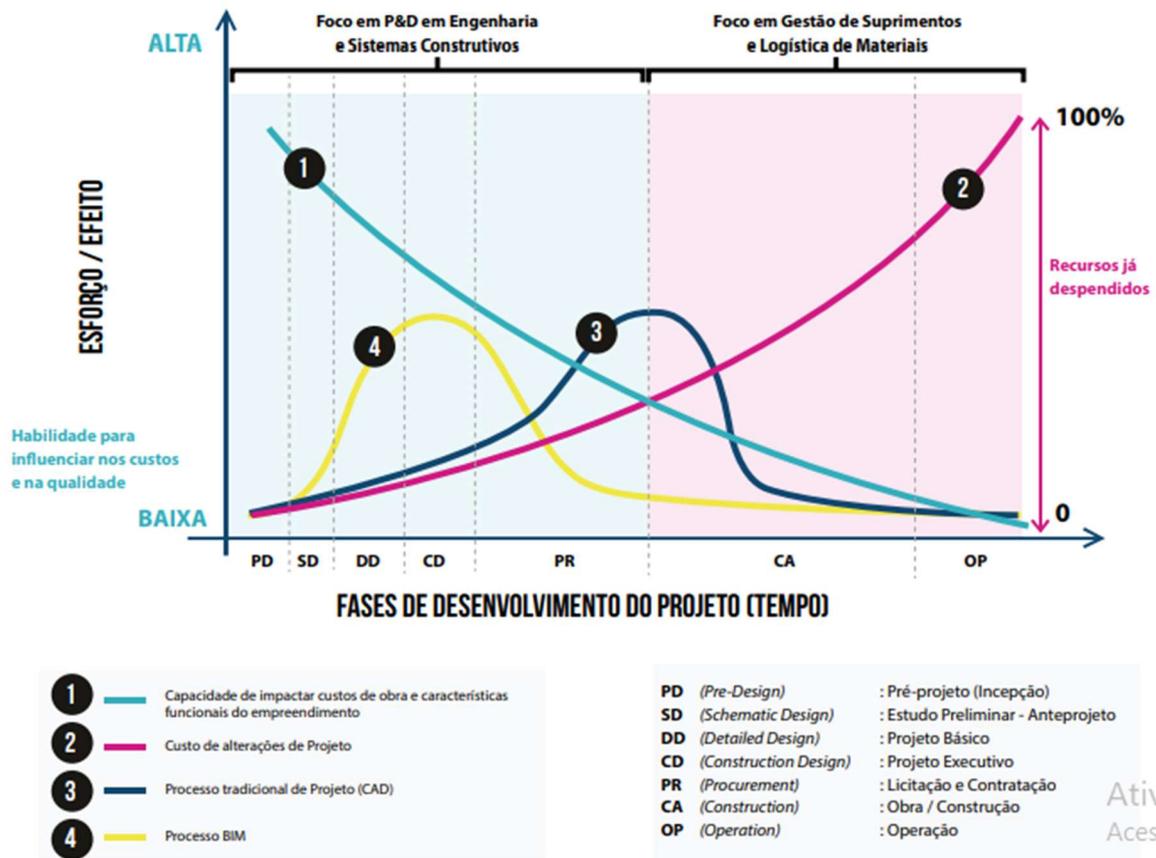
Segundo (MARCOS *et al.*, 2018), um projeto é composto por várias áreas especializadas, que em sua grande maioria, é realizado por diversos projetistas, onde cada um fica responsável por realizar a parte de sua especialidade até chegar na fase final de sua execução. A ausência de comunicação entre eles acaba gerando diversas falhas e incompatibilidades tendo um impacto negativo no valor final e na qualidade da obra.

Os processos habituais utilizados na maioria das empresas de AEC ultimamente preparam seus projetos em etapas como arquitetura, estrutura, instalações e outros, onde em cada área está responsabilizada por um profissional específico, o que torna esse método por existência, fragmentado. Além disso cada setor específico do projeto global, realiza seu projeto desconexo dos demais, complicando a possibilidade de uma comunicação entre os participantes do projeto, afetando sua qualidade, deixando-o lento, custoso e favorável a gerar falhas e desperdícios desnecessários. (PRAIA, 2019)

Porém, tal assunto viria à tona em meados dos anos 80 quando as empresas do ramo perceberam a necessidade de investir na contratação de profissionais de coordenação e compatibilização de projetos, elevando os custos para os construtores e projetistas já que provavelmente fosse necessária maior dedicação de ambos para a realização das compatibilizações. (COSTA, 2013)

Com isso, é evidente que a etapa de projeto tem fundamental importância em antecipar os esforços para esta fase acarreta na diminuição dos custos provenientes de alterações que forem realizadas. Dessa forma, observa-se na Figura 11, a curva de MacLeamy, onde ela mostra uma comparação entre os métodos de elaboração de projetos do processo tradicional e do processo BIM. (BELTRÃO, 2015)

Figura 11: Curva de MacLeamy



Fonte: CBIC (2016)

Pois, uma vez que a ausência dessas compatibilizações acarreta em desperdício de materiais, gastos desnecessários com máquinas, equipamentos, mão de obra, trabalhos inúteis que não agregam valor ao produto final. Tais perdas são consequências de uma metodologia falha que resulta em aumento no custo e um produto final de má qualidade. (NASCIMENTO 2014 *apud* PANWALA *et al.*, 2017, p.54)

Por isso, é de suma importância que as empresas de AEC adotem uma prática de compatibilização de projetos em qualquer empreendimento que será construído, já que a compatibilização é explanada por (CALLEGARI, 2007 *apud* PANWALA *et al.*, 2017, p.56), como sendo uma,

ação do gerenciamento e integração dos projetos, tendo como objetivo a sincronização entre os mesmos, eliminando os conflitos entre os projetos relacionados a determinada obra, simplificando a execução, otimização e utilização de materiais, tempo e mão de obra, bem como as posteriores manutenções.

Já para (PICCHI, 1993 *apud* PRAIA, 2019, p.56), a compatibilização de projetos se refere ao processo de sobreposição dos projetos e compará-los verificando se há

interferências ou choques presente com o objetivo de eliminar as incompatibilidades encontradas.

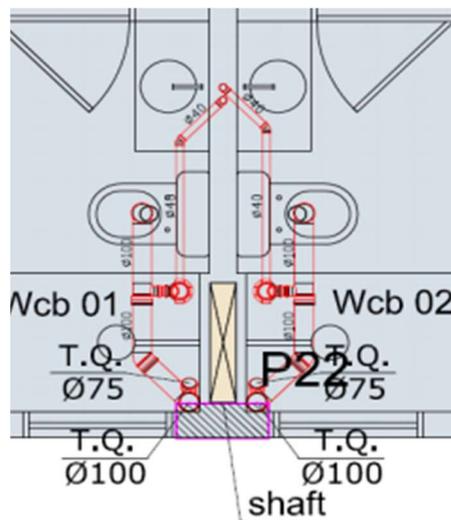
Segundo (SANTOS;ALTAIR, 2013 *apud* DOLABELA; FERNANDES, 2014, p.3) e (HOROSTECKI, 2014 *apud* BALEM, 2015, p.22) tal pratica requer um investimento entre 1% e 1,5% do valor da obra. Trazendo assim uma economia de até 10% desse mesmo investimento, sem contar com redução de tempo no canteiro de obras, desperdício de matérias, retrabalho zero, elevando assim a qualidade do empreendimento. Diminuindo as incidências de patologias futuras.

Para Praia (2019), “compatibilização de projetos é um processo necessário para a melhoria da qualidade e para o aumento da racionalização da obra, buscando solucionar aspectos da falta de eficiência do setor da construção.”

Porém o processo tradicional usado para compatibilizar os projetos, demanda bastante tempo de sua produção. Ademais, a representação bidimensional traz determinadas restrições, como pouca integração entre as diversas informações e baixa eficiência na execução.

Pode-se observar um exemplo do processo tradicional de compatibilização de projetos por meio de ferramentas CAD 2D na Figura 12, onde é mostrado a sobreposição dos projetos de instalações de esgoto e estrutural.

Figura 12: Interferências dos tubos de queda em elementos estruturais e desprezo do *shaft*.



Fonte: (MARIANO *et al.*, 2014)

Diante disso, a necessidade da utilização da metodologia BIM como um novo processo para realizar as compatibilizações dos projetos uma vez que por meio dessa tecnologia

além da representação tridimensional precisa, é possível realizar uma simulação virtual da execução do empreendimento. Outro benefício muito importante dessa metodologia é a possibilidade da colaboração antecipada entre todas as disciplinas presentes na construção ainda na fase de projeto.(PRAIA, 2019)

Segundo (MARCOS *et al.*, 2018), “A tecnologia BIM veio para promover integralidade e compatibilidade nas diversas fases de elaboração de um projeto, além de proporcionar uma melhor visualização geral e maior automação dos processos.”

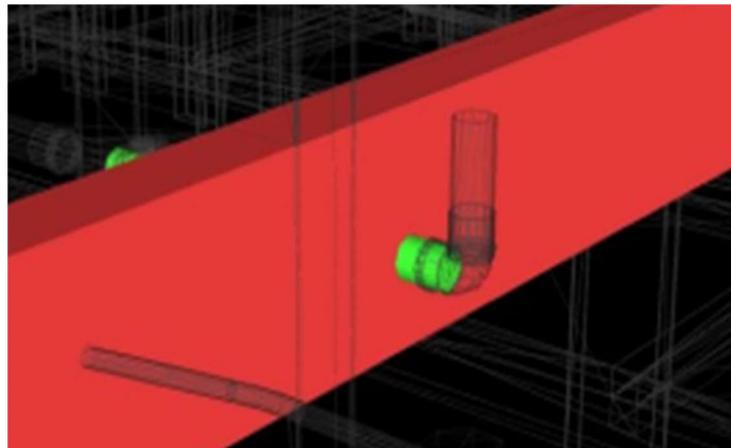
Para corroborar que a integração entre os projetos é importante Praia (2019), diz que:

O processo de construção digital proporcionado pela tecnologia BIM possibilita a detecção de falhas e incongruências entre os projetos envolvidos que normalmente só seriam percebidas no canteiro de obras, dessa forma a aplicação do BIM proporciona a economia de gastos e a diminuição do custo final da obra. Ao mesmo tempo que os projetos feitos nessa plataforma acabam onerando o projeto, a minimização de erros e desperdícios acabam por diminuir o custo global da edificação.

Ainda para (PRAIA, 2019), a adoção do BIM, nesse sentido, tem uma enorme importância para as empresas de AEC de projetos.

Já na Figura 13, tem-se um exemplo também de compatibilização entre os projetos de instalações de esgoto e estrutural, porém, utilizando-se uma ferramenta BIM 3D.

Figura 13: Viga em conflito com tubulação de esgoto.



Fonte: (UMBERTO; LOCKS; CAUDURO, 2018)

2.3.9 Normas ABNT

Apesar de inúmeros benefícios em toda a cadeia da construção com o advento do BIM, o mesmo não possui um conceito fácil de ser corretamente entendido o que acarreta sendo um dos principais entraves que levam a demora de sua adoção em alguns mercados.(CATELANI; SANTOS, 2016)

Em 2009 no Brasil, o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (MDIC) tomou uma iniciativa e criou a Comissão de Estudo Especial de Modelagem de Informação da Construção, ABNT/CEE-134, onde ficou responsável por desenvolver normas técnicas sobre BIM. Inicialmente foram definidas três atividades para a comissão. A primeira: traduzir a norma ISO 12006-2. A segunda: desenvolver um sistema de classificação para a construção. E a terceira: desenvolver diretrizes para a criação de componentes BIM (CATELANI; SANTOS, 2016)

A primeira etapa já foi realizada logo no ano seguinte com a publicação da norma ABNT NBR ISO 12006-2:2010 Construção de edificação — Organização de informação da construção - Parte 2: Estrutura para classificação de informação, onde ela determina diretrizes e uma estruturação para o entendimento de sistemas de classificação das informações da Construção Civil. (CATELANI; SANTOS, 2016)

Para a segunda parte foi utilizada a norma ABNT NBR ISO 12006-2:2010 e as 15 tabelas *OmniClass*, que é o sistema de classificação para o mercado da construção norte-americana, como referência para o desenvolvimento da norma ABNT NBR 15965 - Sistema de Classificação da Informação da Construção, que seria a primeira norma BIM do Brasil.(CATELANI; SANTOS, 2016)

Vale ressaltar que as tabelas presentes na norma NBR não são apenas uma tradução das tabelas norte-americanas, cada uma das tabelas foi adaptada para a realidade brasileira no que se refere a métodos construtivos e matérias utilizados. O sistema de classificação da norma abrange toda a indústria da construção civil como edificações, infraestrutura e industrial como por exemplo, mineração e extração de petróleo e gás.(CATELANI; SANTOS, 2016)

Com o intuito de tornar possível um sistema de classificação das informações padrão para todo o país, a norma ABNT NBR 15965 utiliza a nomenclatura nos seus processos. Ela é composta por sete partes:(ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017)

- Parte 1: Terminologia e estrutura

- Parte 2: Características dos objetos da construção
- Parte 3: Processos da construção
- Parte 4: Recursos da construção
- Parte 5: Resultados da construção
- Parte 6: Unidades e espaços da construção
- Parte 7: Informação da construção

Segundo (ANDRADE; BORGES; LIMA, 2017), foram encontradas 4 partes no banco de dados da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o ABNT Catálogo da norma ABNT NBR 15965, as partes 1, 2, 3 e 7, e segundo (CATELANI; SANTOS, 2016) as demais partes estão em desenvolvimento.

2.3.10 Decretos Federais

2.3.10.1 Decreto Nº 9.983, de 22 de agosto de 2019

Procurando impulsionar o crescimento da indústria da construção, diminuir os gastos públicos e propiciar maior clareza aos processos licitatórios, otimizando ainda as atividades de manutenções e controle de ativos, o Governo Federal estabeleceu a utilização do BIM em obras públicas federais, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do BIM - Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. (BRASIL, 2019)

A Estratégia BIM BR foi criada com o intuito de gerar um cenário apropriado ao investimento em BIM e sua propagação no País onde essa estratégia tem os seguintes objetivos:

- I - difundir o BIM e os seus benefícios;
- II - coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM;
- III - criar condições favoráveis para o investimento, público e privado, em BIM;
- IV - estimular a capacitação em BIM;
- V - propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do BIM;
- VI - desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para adoção do BIM;
- VII - desenvolver a Plataforma e a Biblioteca Nacional BIM;
- VIII - estimular o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM; e

IX - incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM.

Segundo (BRASIL, 2018), “com a difusão do BIM no país, o Governo Federal busca alcançar resultados que representam alguns dos benefícios esperados pela sua aplicação.”

Diante disso, a implantação dessa norma, busca-se alcançar os seguintes resultados:

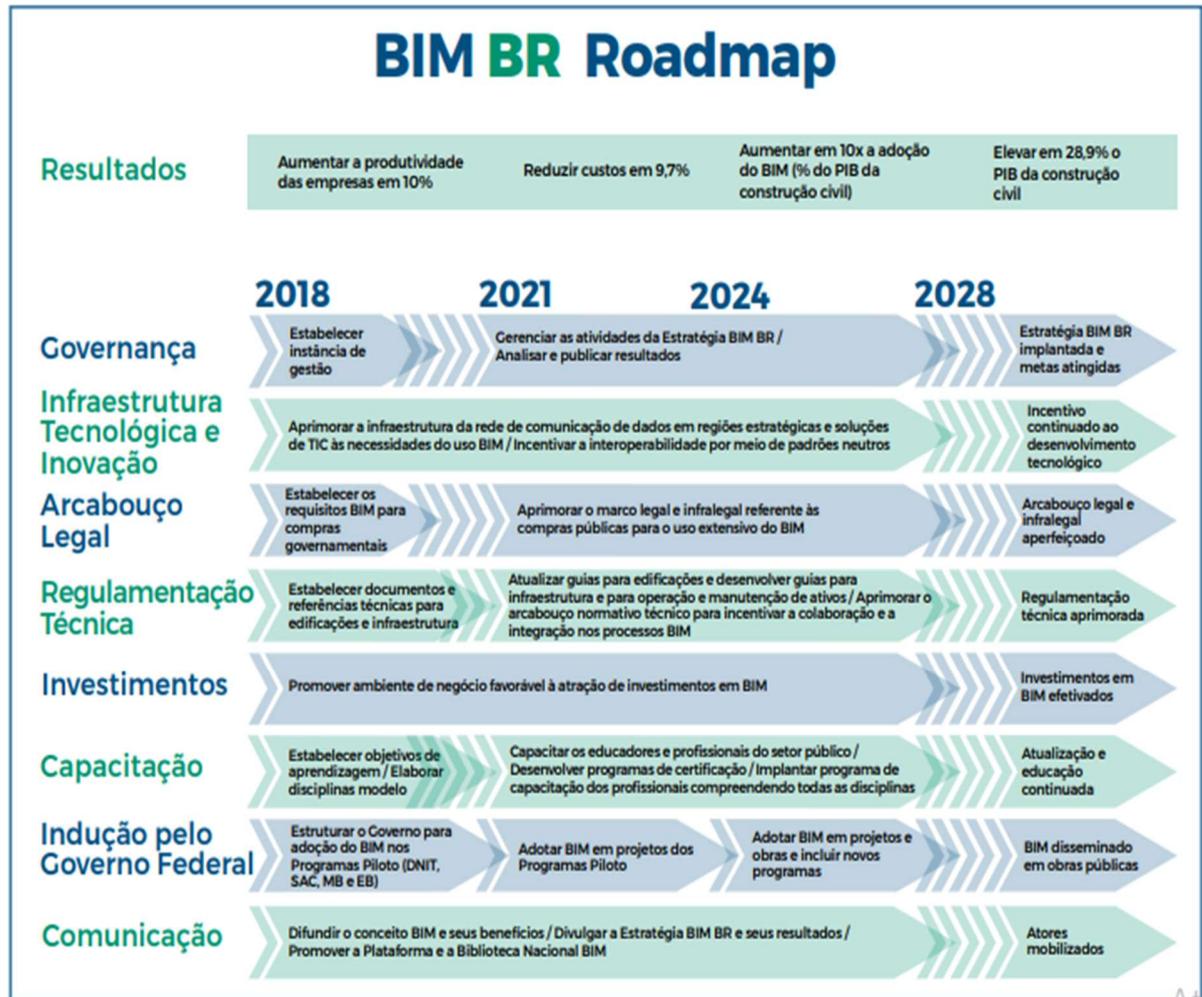
- Assegurar ganhos de produtividade ao setor de construção civil;
- Proporcionar ganhos de qualidade nas obras públicas;
- Aumentar a acurácia no planejamento de execução de obras proporcionando maior confiabilidade de cronogramas e orçamentação;
- Contribuir com ganhos em sustentabilidade por meio da redução de resíduos sólidos da construção civil;
- Reduzir prazos para conclusão de obras;
- Contribuir com a melhoria da transparência nos processos licitatórios;
- Reduzir necessidade de aditivos contratuais de alteração do projeto, de elevação de valor e de prorrogação de prazo de conclusão e de entrega da obra;
- Elevar o nível de qualificação profissional na atividade produtiva;
- Estimular a redução de custos existentes no ciclo de vida dos empreendimentos.

As metas que a Estratégia BIM BR almeja alcançar até o ano de 2028 são para as empresas que adotarem o BIM (BRASIL, 2019):

- Aumentar a produtividade das empresas em 10%;
- Reduzir custos em 9,7%;
- Aumentar em 10 vezes a adoção do BIM;
- Elevar em 28,9% o PIB da Construção Civil (com a adoção do BIM, o PIB do setor, ao invés de se elevar 2,0% ao ano, patamar estimado sem alterações no status quo, elevar-se-á em 2,6% entre 2018 e 2028, ou seja, terá aumentado 28,9% no período, atingindo um patamar de produção inédito).

Na Figura 14 a seguir é apresentado o ROADMAP da Estratégia BIM BR extraído do livreto ESTRATÉGIA BIM BR - Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* – BIM

Figura 14: Roadmap da Estratégia BIM BR.



Fonte: (BRASIL, 2018)

2.3.10.2 Decreto Nº 10.306, de 2 de abril de 2020

O Diário Oficial da União (DOU) publica o Decreto Nº 10.306, no dia 2 de abril de 2020 onde fica estabelecido a utilização do BIM na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* - Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. (BRASIL, 2020)

Segundo o Art. 4º do documento a implementação do BIM se dará de forma gradual para os projetos de engenharia e arquitetura, referentes a construções novas, ampliações ou

reabilitações, quando consideradas relevantes para a disseminação do BIM, obedecendo as seguintes fases:

- I. Primeira fase: a partir de 1º de janeiro de 2021, o BIM deverá ser utilizado no desenvolvimento de projetos;
- II. Segunda fase: a partir de 1º de janeiro de 2024, o BIM deverá ser utilizado na execução direta ou indireta dos projetos;
- III. Terceira fase: a partir de 1º de janeiro de 2028, o BIM deverá ser utilizado no desenvolvimento de projetos e na gestão de obras.

Apesar de apenas os órgãos ligados ao Ministério da Defesa e ao Ministério da Infraestrutura terem a obrigatoriedade da utilização, o decreto deixa claro que os demais órgãos e entidades da administração pública federal tem a liberdade para a implementação do BIM nos termos do disposto neste Decreto, independentemente da finalidade do uso do BIM, prevista ou não neste Decreto. (BRASIL, 2020)

2.4 Lei Federal de Licitações

Em 1993 foi decretada a Lei Nº 8.666, de 21 de junho de 1993, onde ela estabelece as normas gerais sobre licitações e contratos administrativos pertinentes a obras e serviços no âmbito dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. (BRASIL, 1993)

No Art.7º desta lei, fica posto que as licitações para execução de obras e prestação de serviços, precisarão obedecer, essencialmente, a seguinte sequência, onde a execução de cada etapa será precedida da conclusão da etapa anterior: (BRASIL, 1993)

- I - Projeto básico;
- II - Projeto executivo;
- III - Execução das obras e serviços.

Onde no Art.6º. no inciso IX, ela define projeto básico como sendo,

Conjunto de elementos necessários e suficientes, com nível de precisão adequado, para caracterizar a obra ou serviço, ou complexo de obras ou serviços objeto da licitação, elaborado com base nas indicações dos estudos técnicos preliminares, que assegurem a viabilidade técnica e o adequado tratamento do impacto ambiental do empreendimento, e que possibilite a avaliação do custo da obra e a

definição dos métodos e do prazo de execução, devendo conter os seguintes elementos. (BRASIL, 1993)

Logo em seguida, no inciso X diz que projeto executivo é “o conjunto dos elementos necessários e suficientes à execução completa da obra, de acordo com as normas pertinentes da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT” (BRASIL, 1993)

A lei ainda estabelece os documentos necessários para a definição do objeto da licitação onde são eles, “desenhos do projeto (projeto básico e/ou executivo), memorial descritivo (especificações e normas de execução) e orçamento estimativo (planilhas de quantitativos e preços unitários).” (MAYR, 2000)

No Art.45º da lei são definidos os tipos de licitações, onde são eles o por menor preço, por melhor técnica, por melhor técnica e preço e por maior lance ou oferta. (BRASIL, 1993)

2.4.1 LEI Nº 14.133, DE 1º DE ABRIL DE 2021

Foi sancionada no dia 1º de abril de 2021, a nova lei de licitações e contratos administrativos, a Lei nº 14.133, substituindo a lei de licitações (Lei 8.666/1993), que estabelece normas gerais de licitações e contratação para as Administrações Públicas diretas, autárquicas e fundacionais da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios. (BRASIL, 2021)

Serão abrangidas pela a lei os órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário da União, dos Estados e do Distrito Federal e os órgãos do Poder Legislativo dos Municípios. (BRASIL, 2021)

No artigo 19, inciso V, parágrafo 3º é previsto pela lei sempre que adequada ao objeto da licitação a preferência da utilização do BIM para obras e serviços de engenharia e arquitetura ou tecnologias e processos integrados similares ou mais avançados que venham a substituí-la. (BRASIL, 2021)

3 METODOLOGIA

A metodologia desse trabalho consiste num estudo de caso de caráter exploratório de uma escola profissionalizante com o intuito de realizar a modelagem paramétrica do edifício

em questão utilizando ferramentas BIM a partir dos projetos originais aprovados no processo licitatório realizados da maneira tradicional sem a utilização de ferramentas BIM. Tendo como objetivo o de apontar os benefícios da utilização da metodologia BIM na elaboração e na compatibilização dos projetos.

Para Yin (2005 apud, CLEMENTE, 2011, p3),

o estudo de caso se presta nas investigações de fenômenos sociais contemporâneos nos quais o pesquisador não pode manipular comportamentos relevantes que influenciam e / ou alteram seu objeto de estudo. O método possibilita ao pesquisador lidar com uma ampla variedade de evidências, provenientes de análise documental, visitas de campo, entrevistas e observação participativa.

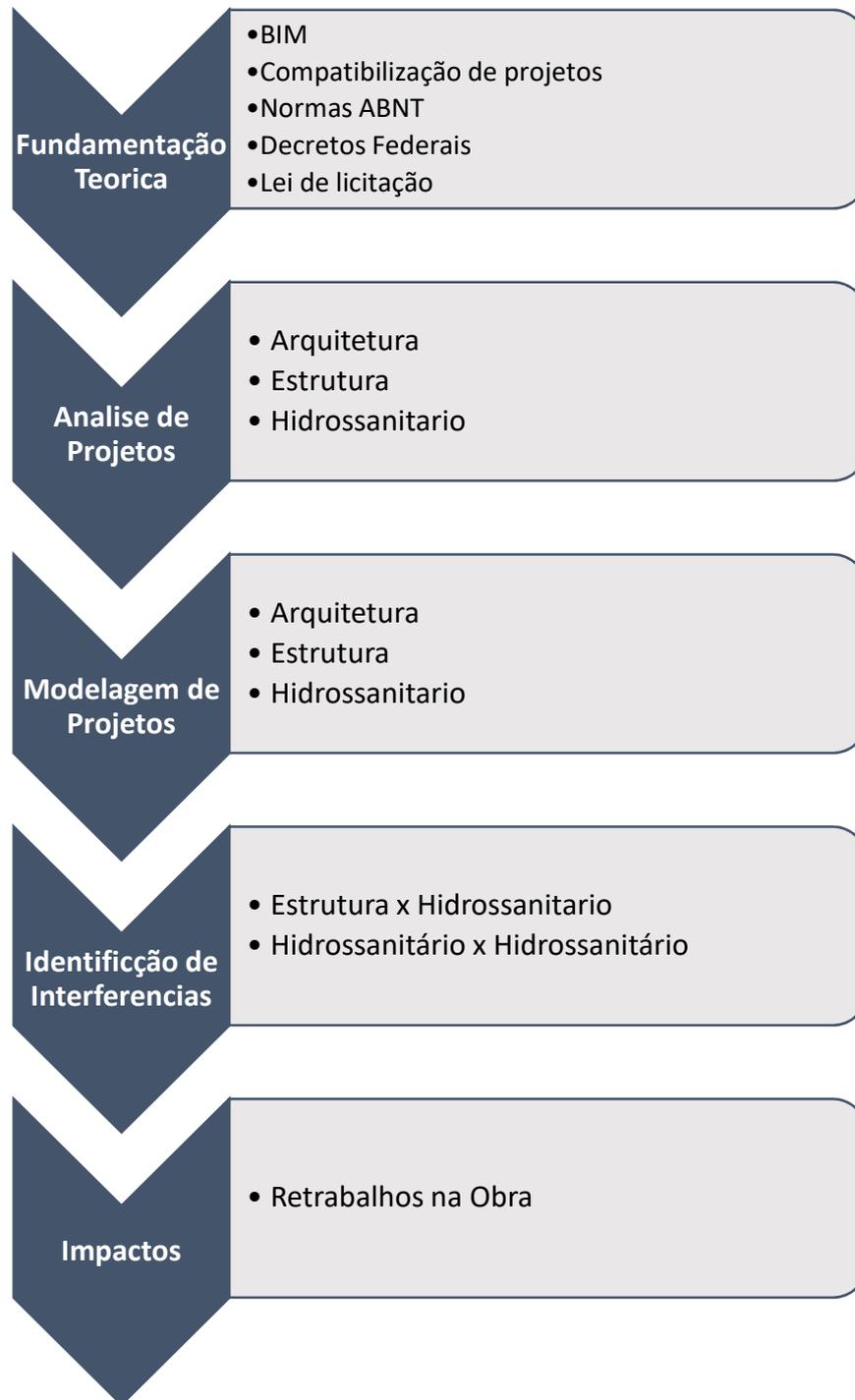
Segundo Gil (2002 apud, PANWALA et al., 2017, p64.), pesquisas de caráter exploratório possuem a finalidade de proporcionar um maior entendimento do problema, com o intuito de torna-lo mais evidente ou a criar suposições.

A partir disso a pesquisa será formatada da seguinte maneira:

- Revisão da literatura para fundamentação dos conceitos BIM e sua aplicação na realização de projetos e compatibilização, dos decretos federais, das normas vigentes existentes sobre essa metodologia e da lei aplicada aos processos licitatórios de obras públicas.
- Obter os projetos originais de uma escola profissionalizante e realizar um estudo destes projetos para melhor entendimento da edificação.
- Executar a modelagem paramétrica dos projetos de arquitetura, estrutura e hidrossanitário através do *software AutoDesk Revit 2021*.
- Identificar as incompatibilidades com o recurso de verificação de interferências do *software AutoDesk Revit 2021*.
- Verificar o impacto dos retrabalhos na obra.

As etapas para a realização desse trabalho são ilustradas na Figura 15 a seguir:

Figura 15: Etapas de execução do trabalho



Fonte: Autor (2021)

3.1 Estudo de Caso

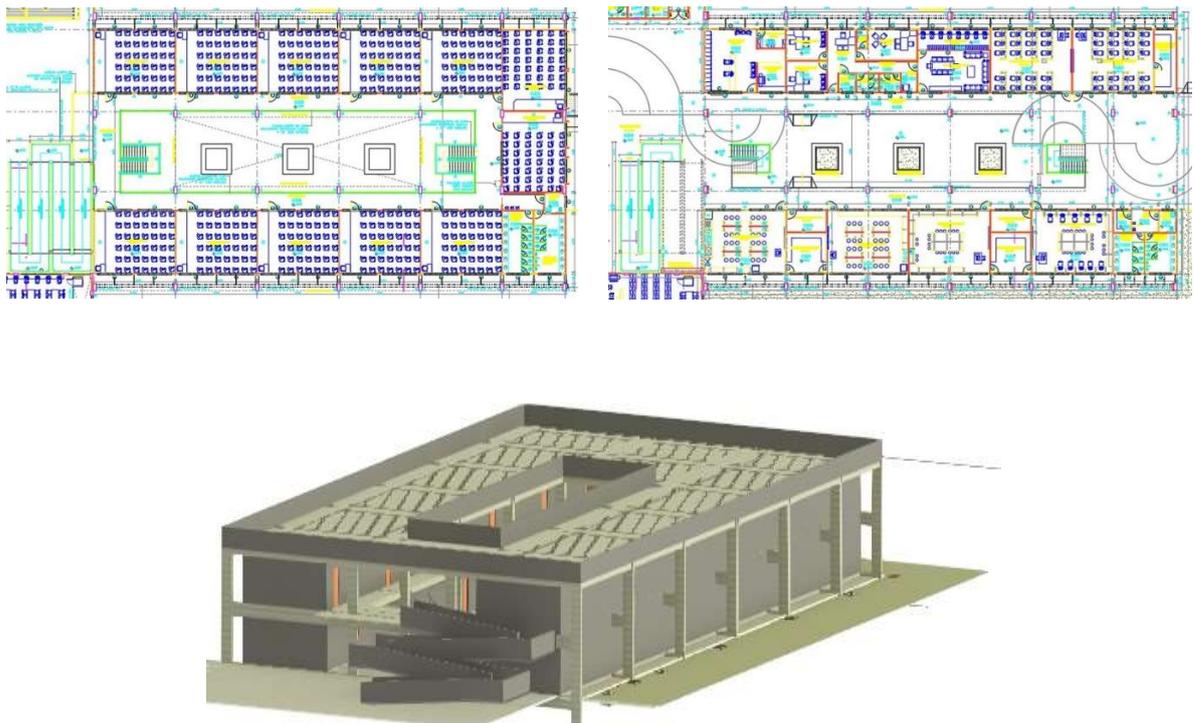
O estudo de caso que será analisado neste trabalho, trata-se de um projeto desenvolvido pela equipe de Coordenação de Desenvolvimento de Projeto do Fundo de

Desenvolvimento da Educação (FNDE), objeto de financiamento pelo Programa Brasil profissionalizado, possui 12 salas de aula, 6 laboratórios básicos, auditório, biblioteca, teatro de arena, refeitório, área de vivência, quadra poliesportiva coberta e 2 grandes laboratórios especiais para a preparação do jovem para o mercado de trabalho, de acordo com as especificidades regionais.

Para este trabalho o estudo será realizado nos sanitários masculinos, femininos e acessíveis dos pavimentos térreo e superior do bloco pedagógico, onde serão realizadas as modelagens por meio da ferramenta embasada na metodologia BIM onde no caso foi escolhido o *software Revit 2021* da fabricante *Autodesk*.

Conforme mostra a Figura 16, pode-se observar a modelagem da arquitetura do prédio a partir dos projetos em CAD 2D.

Figura 16: Modelo CAD 2D x Modelo BIM 3D



Fonte: FNDE (2009) - adaptado

3.2. Modelagem Paramétrica dos Projetos

Foram modeladas as disciplinas de arquitetura, estrutura e instalações hidro sanitárias a partir dos projetos da edificação disponibilizados no portal do FNDE em arquivos dwg e pdf. Fundações não foram modeladas devido a indisponibilidade dos projetos.

3.2.1. Arquitetura

Inicialmente houve um estudo do projeto para um melhor entendimento e uma maior familiaridade com o mesmo afim de auxiliar no processo de modelagem como o planejamento das etapas.

Os projetos de arquitetura foram disponibilizados em dwg onde foi necessário apenas realizar a importação da planta baixa para dentro do *Revit*, facilitando o processo de modelagem do mesmo. Tal processo de importação pode ser visualizado na Figura 17.

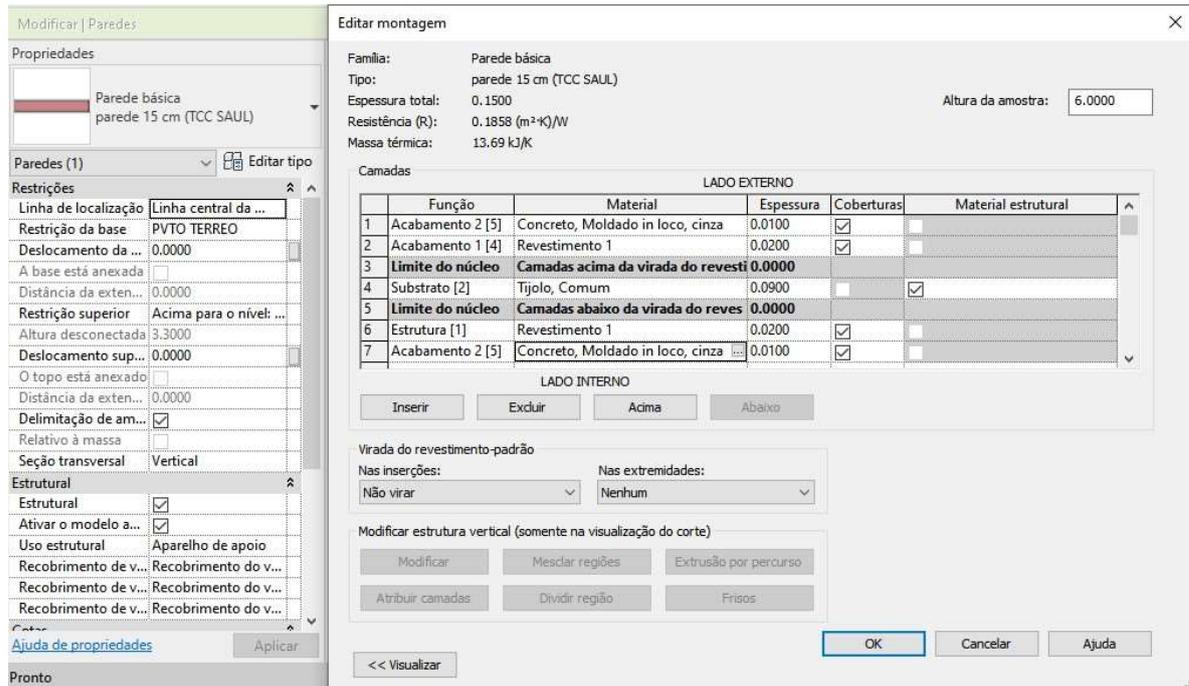
Figura 17: menu de importação de arquivos



Fonte: Autor (2021)

Após a inserção da planta no *Revit*, optou-se por iniciar a modelagem a partir das paredes utilizando paredes genéricas obedecendo as suas espessuras. Na Figura 18 e possível observar as camadas das paredes utilizadas na modelagem.

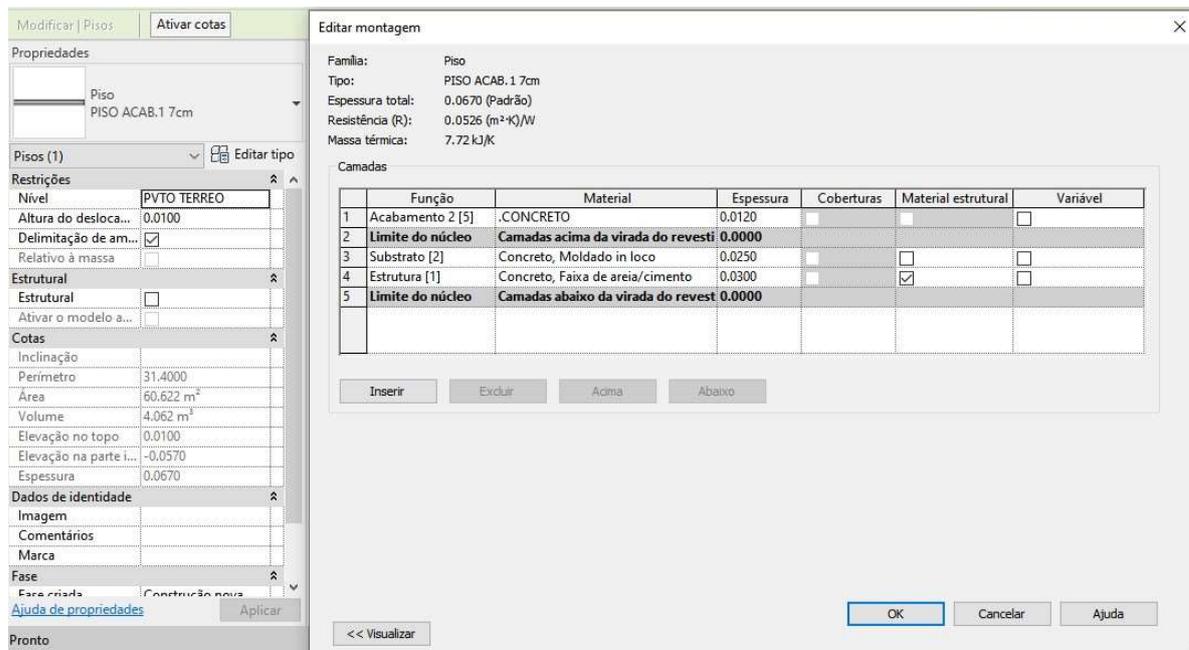
Figura 18: Camadas da parede



Fonte: Autor (2021)

Finalizada a modelagem das paredes, foram modelados os pisos internos do edifício utilizando pisos genéricos obedecendo as espessuras estabelecidas nos detalhes obtidos na planta de pisos conforme mostrado na Figura 19.

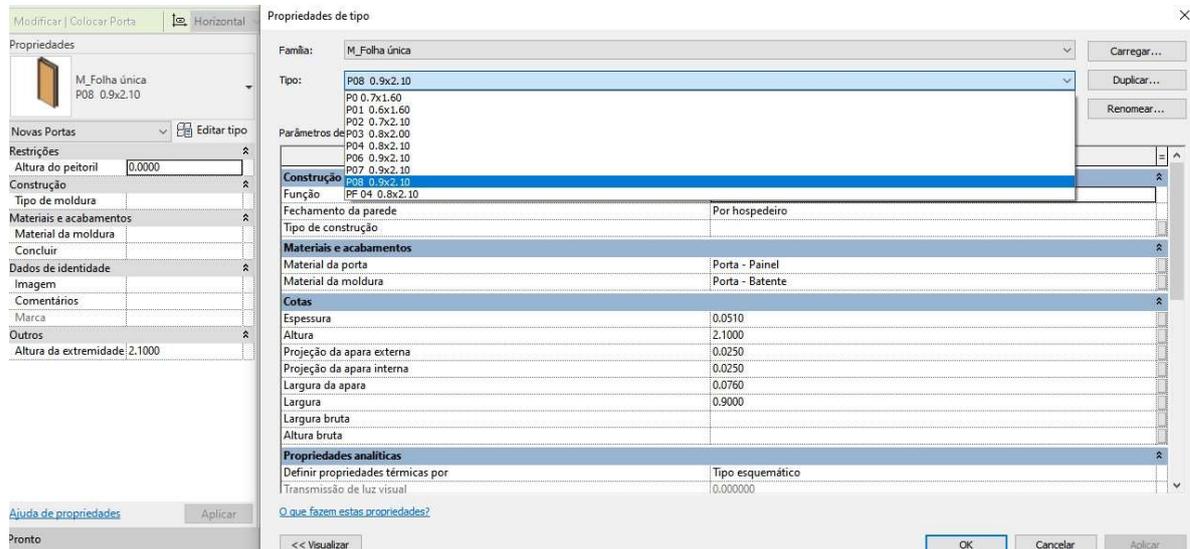
Figura 19: Camadas do piso



Fonte: Autor (2021)

Em seguida foram criadas as portas com suas larguras e alturas atendendo o quadro de esquadrias apresentado na Figura 20, onde depois foram inseridas no projeto.

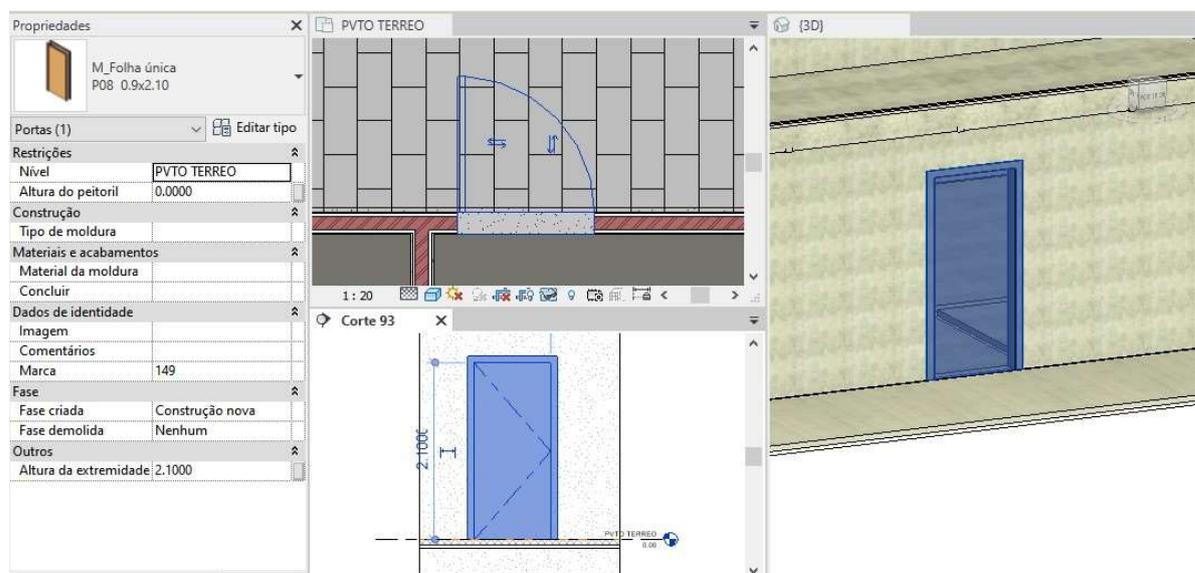
Figura 20: Portas



Fonte: Autor (2021)

Por se tratar de objetos parametrizados, ao inserir uma porta em uma parede, automaticamente já é realizado a abertura na parede do formato da porta onde é possível observar na Figura 21.

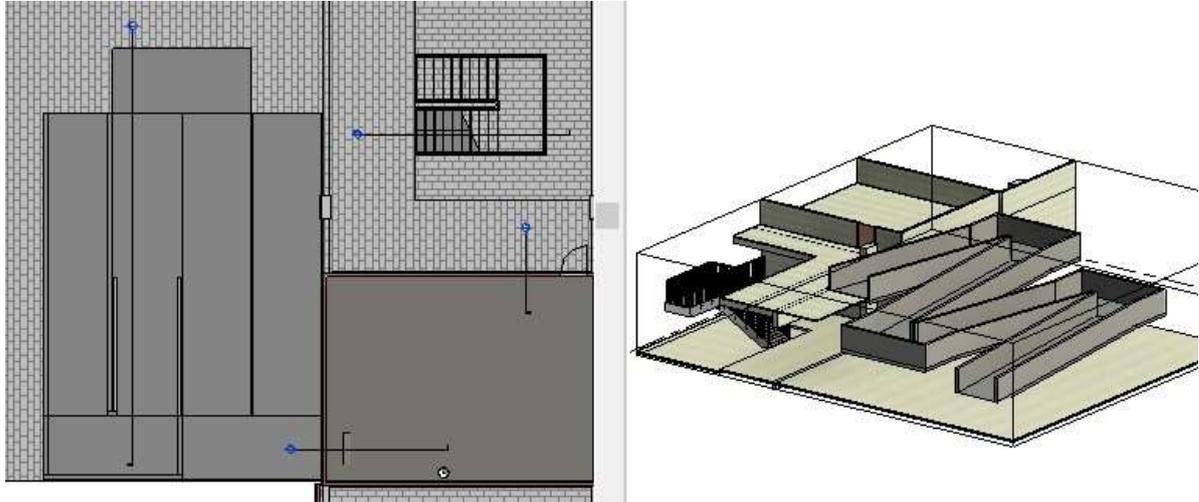
Figura 21: Porta Parametrizada



Fonte: Autor (2021)

Por fim, modelou-se as escadas e as rampas do bloco pedagógico mostrados na Figura 22.

Figura 22: Rampas e Escada

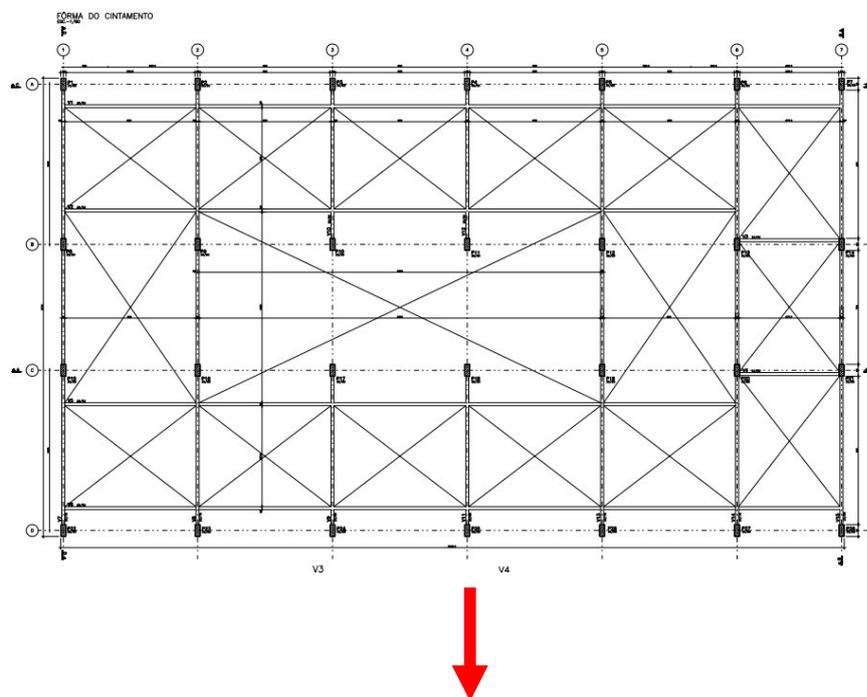


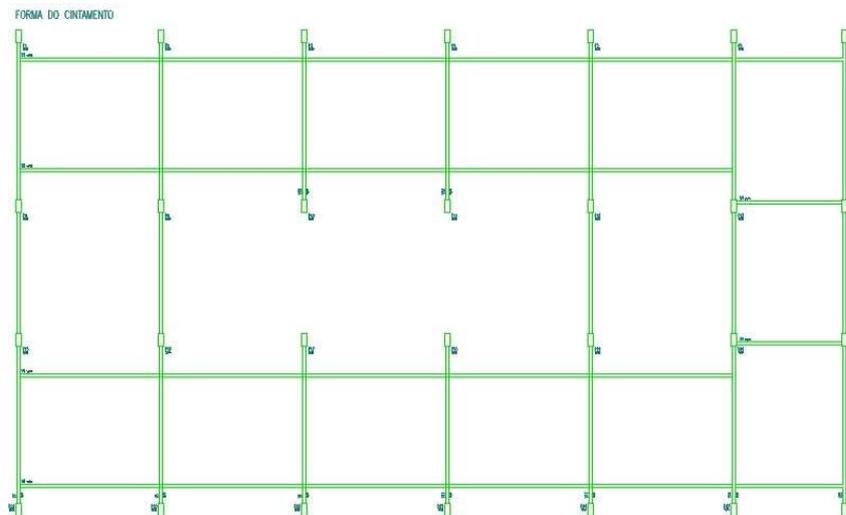
Fonte: Autor (2021)

3.2.2 Estrutura

Já o processo de modelagem das estruturas por obter apenas os arquivos em pdf, tornou a atividade um pouco mais complexa devido a necessidade de desenhá-lo no *AutoCAD* para depois inseri-lo no *Revit*, como pode ser visto na Figura 23.

Figura 23: Desenho da estrutura de pdf para dwg

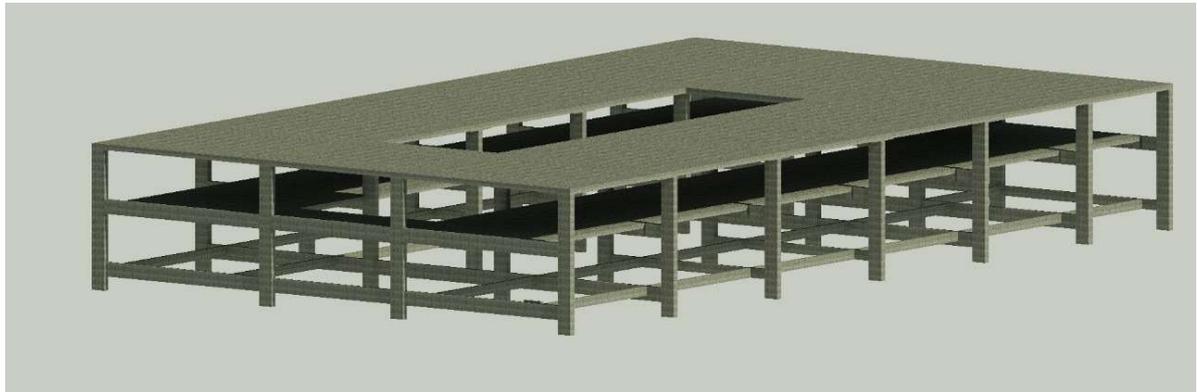




Fonte: FNDE (2009) - adaptado

Finalizado os desenhos das plantas de estrutura no AutoCAD, foi inserido os desenhos no *Revit* para então iniciar o processo de modelagem dos elementos estruturais onde obteve-se as imagens presentes na Figura 24.

Figura 24: Estrutura Bloco Pedagógico



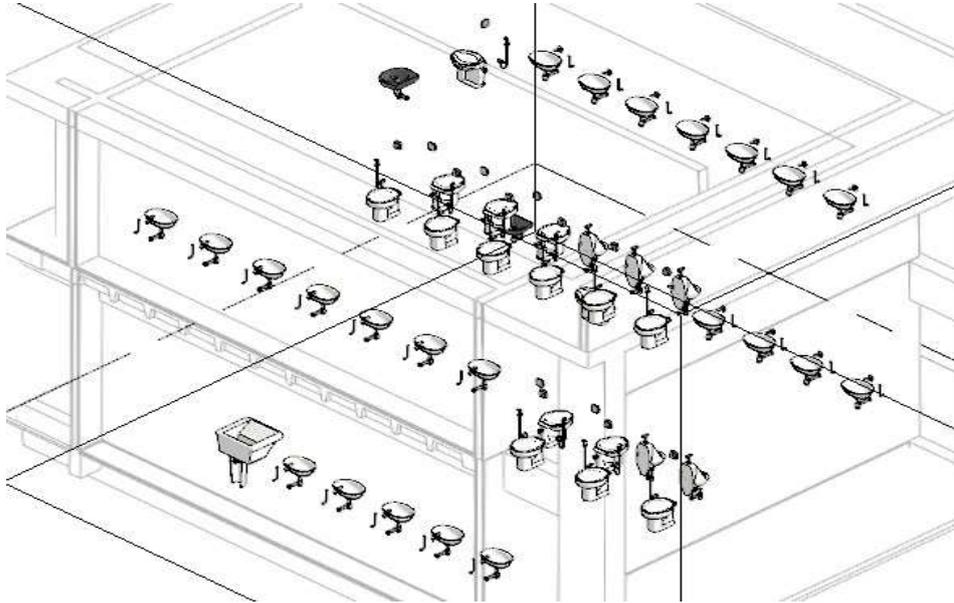
Fonte: Autor (2021)

3.2.3 Instalações Hidrosanitárias

Por um processo análogo ao utilizado para a modelagem da arquitetura, foram modeladas as instalações de água e esgoto dos banheiros a serem analisadas.

Inicialmente, de acordo com o que é mostrado na Figura 25, foram inseridas as peças hidrossanitárias como bacias, cubas, torneiras, duchas e mictórios.

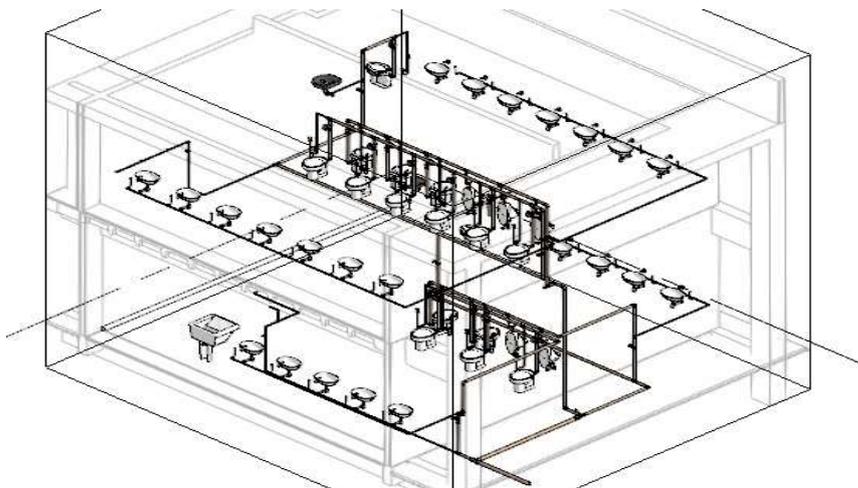
Figura 25: Louças e acessórios



Fonte: Autor (2021)

Finalizada a inserção das peças hidráulicas e sanitárias, deu início à etapa de modelagem das tubulações de água fria dos banheiros a partir dos projetos obtidos em dwg onde tem-se as plantas baixas e as vistas isométricas das tubulações em concordância com as imagens presentes na Figura 26.

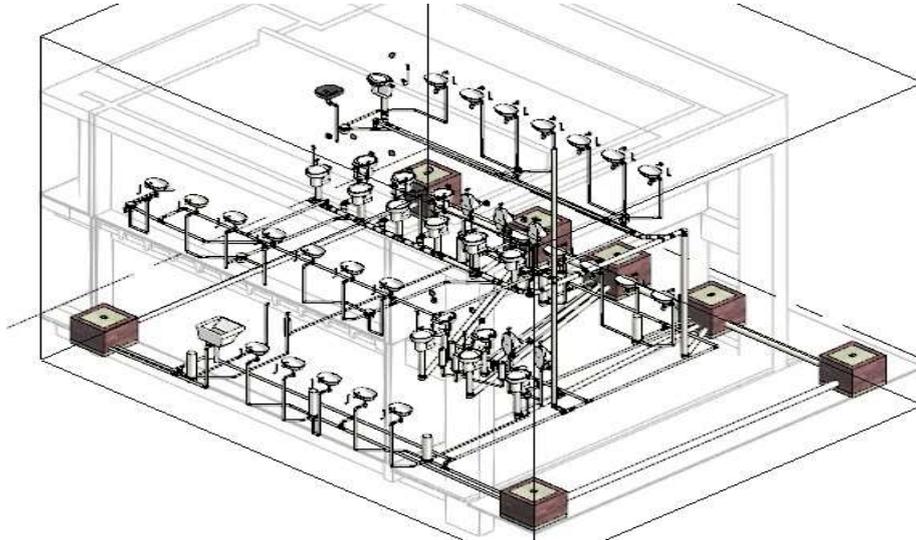
Figura 26: Instalações de Agua Fria



Fonte: Autor (2021)

Finalizado as instalações de água, iniciou-se o processo de modelagem das tubulações de esgoto e ventilação dos banheiros a partir das plantas de esgoto mostrados na Figura 27.

Figura 27: Instalações de Esgoto e Ventilação



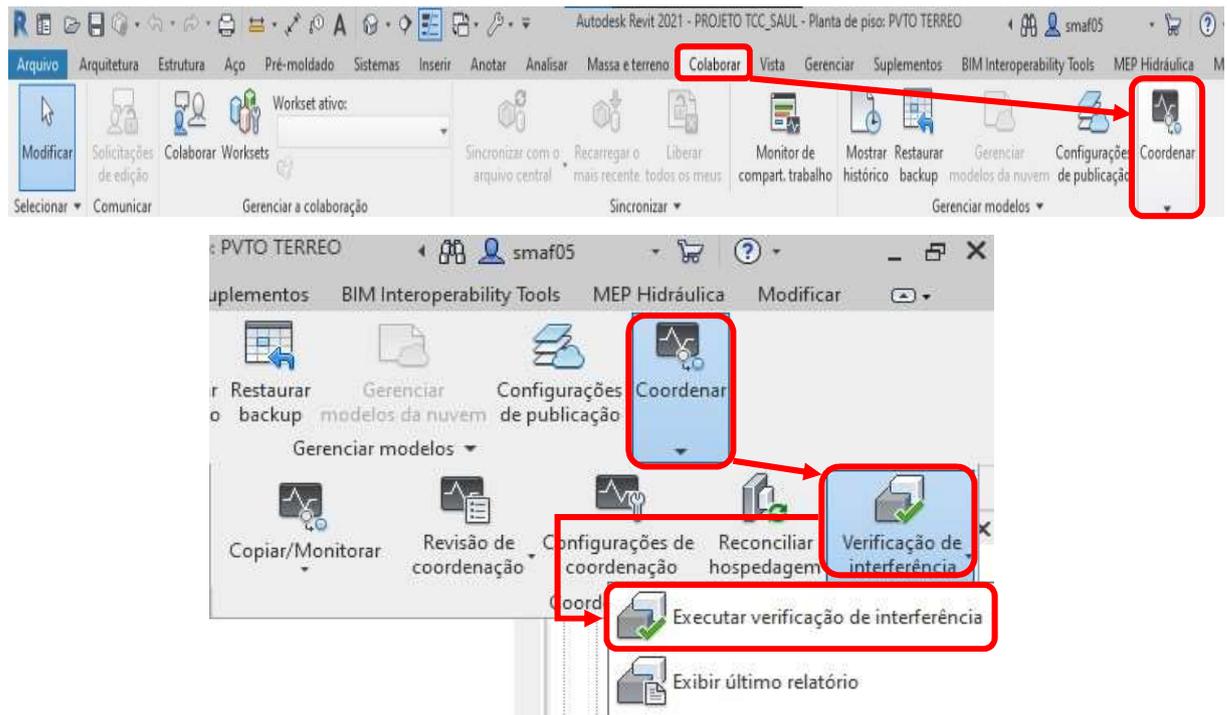
Fonte: Autor (2021)

Diferentemente dos projetos de água, os projetos de esgoto não possuem vistas isométricas o que dificulta o entendimento das alturas das tubulações uma vez que não foram definidas em projeto, onde foi adotado pelo o autor limitar a altura superior das tubulações de ventilação abaixo das vigas.

3.3 Compatibilização dos Projetos

No processo de identificação das incompatibilidades utilizou-se o recurso de “Verificação de Interferência” do *software Revit®*, onde é possível gerar um relatório das interferências encontradas no modelo nas disciplinas que o usuário solicitar. Na Figura 28 está a demonstração de como acessar este recurso.

Figura 28: Menu de Verificação de Interferência

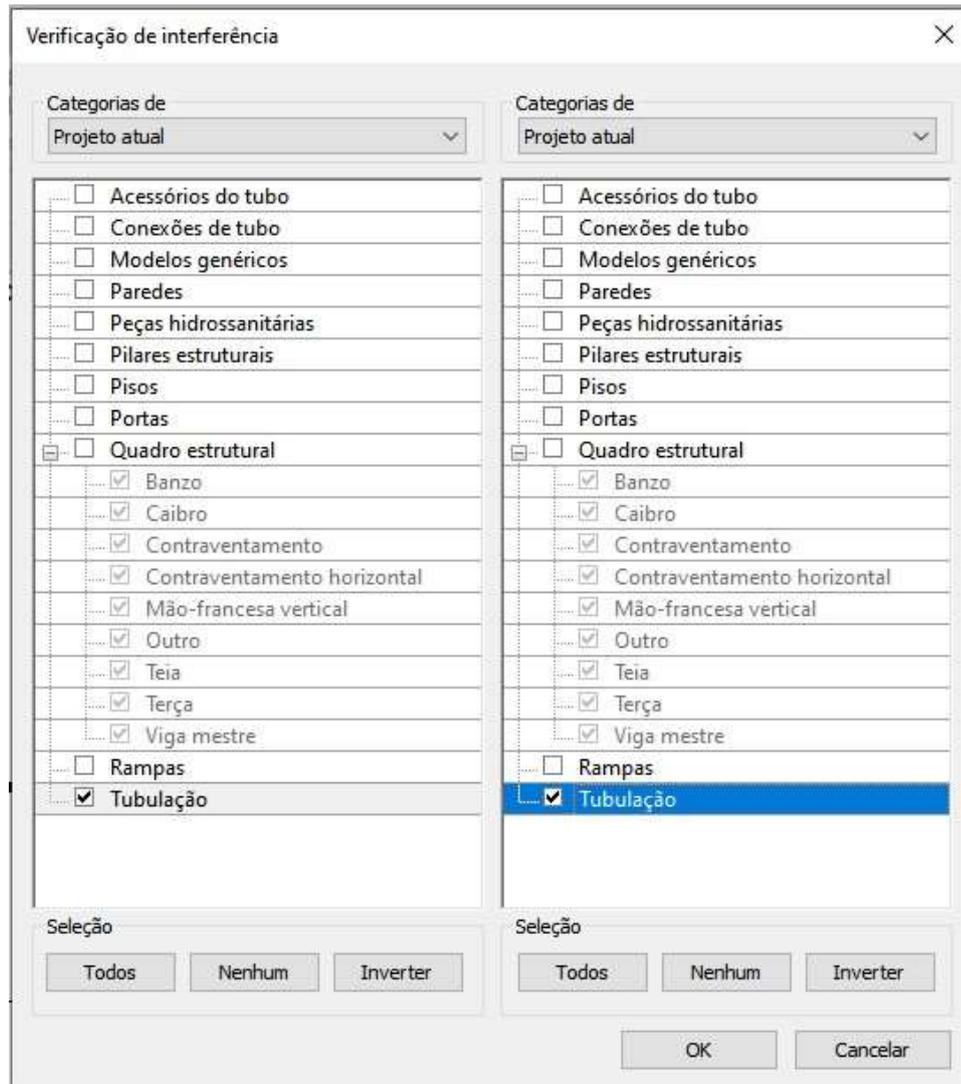


Fonte: Autor (2021)

Ao abrir qualquer projeto no *Revit*, na barra de ferramentas existe uma aba chamada “colaborar” onde será encontrado um botão de coordenar e logo em seguida aparecerá a opção de verificação de interferência, onde poderá ser executado as verificações das interferências presentes no projeto.

Após solicitar a execução de verificação de interferências, aparecerá uma janela com as disciplinas que o usuário poderá decidir quais delas irá fazer a checagem como pode ser observado na Figura 29.

Figura 29: Janela de Disciplinas para Verificação de Interferências (Tubulação X Tubulação)

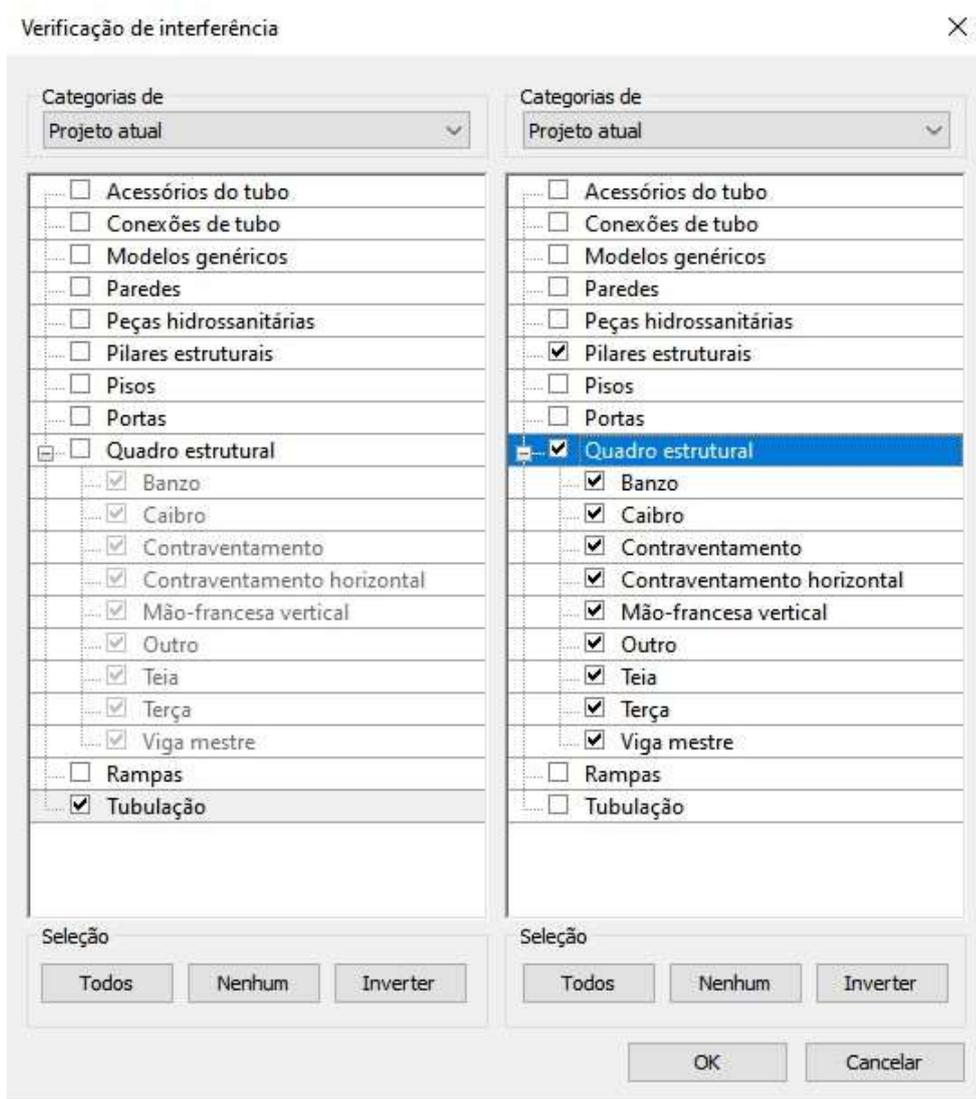


Fonte: Autor (2021)

Após marcar os itens de tubulação nas duas listas, o *Revit* irá gerar uma lista de todas as interferências entre as tubulações que estão presentes no projeto.

Depois da verificação das interferências entre os itens marcados na figura x, foi realizado o mesmo processo e selecionadas as disciplinas de tubulações e estruturas como podem ser observadas na Figura 30.

Figura 30: Janela de Disciplinas para Verificação de Interferências (Tubulação X Pilares estruturais mais Quadro estrutural)



Fonte: Autor (2021)

Após marcar os itens de tubulação na lista a esquerda e pilares estruturais e quadro estrutural na lista a direita, o *Revit* irá gerar uma lista de todas as interferências entre as tubulações e estruturas que estão presentes no projeto.

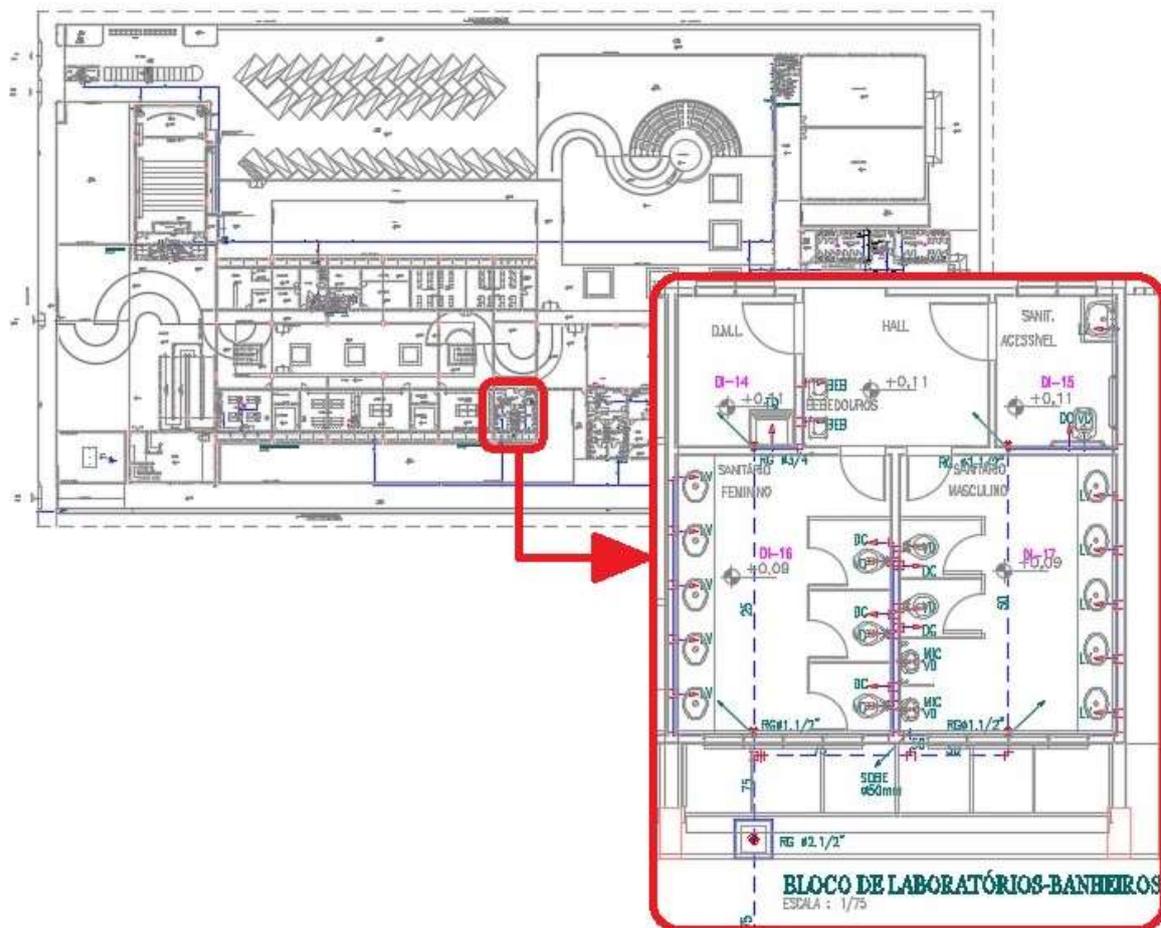
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Identificação de Incompatibilidades

Nos projetos hidráulicos elaborados em CAD 2D, as tubulações são representadas por linhas localizadas no eixo da tubulação, onde não é possível ter uma real dimensão dos diâmetros das tubulações e suas conexões, que acabam passando despercebidos pelo projetista, provocando a sobreposição e o cruzamento destas tubulações na hora da execução tendo então a necessidade de realizar alterações na obra gerando retrabalhos e desperdícios de tempo e material.

As interferências analisadas estão presentes nos sanitários masculino, feminino e acessível do pavimento térreo do bloco pedagógico, como mostra a Figura 31.

Figura 31: Planta baixa instalação de água sanitários masculino feminino e acessível pavimento térreo bloco pedagógico



Fonte: FNDE (2009) - adaptado

Os sanitários da Figura 31 estão localizados na extremidade inferior direita do edifício.

Primeiramente foram analisadas as interferências entre tubulações x tubulações.

4.1.1 Tubulações x Tubulação

Ao executar a verificação de interferências das tubulações entre si, o *Revit* gerou a lista presente no Quadro 2

Quadro 2: Listagem das incompatibilizações da combinação Hidrossanitário x Hidrossanitário

ITEM	ELEMENTO 1	ELEMENTO 2	QUANTIDADE
1	Tubulação : Agua Fria Soldável	Tubulação : Agua Fria Soldável	16
2	Tubulação : Agua Fria Soldável	Tubulação : Esgoto Série Normal COM Bolsa	1
3	Tubulação : Esgoto Série Normal COM Bolsa	Tubulação : Esgoto Série Normal COM Bolsa	3
Total:			20

Fonte: Autor (2021)

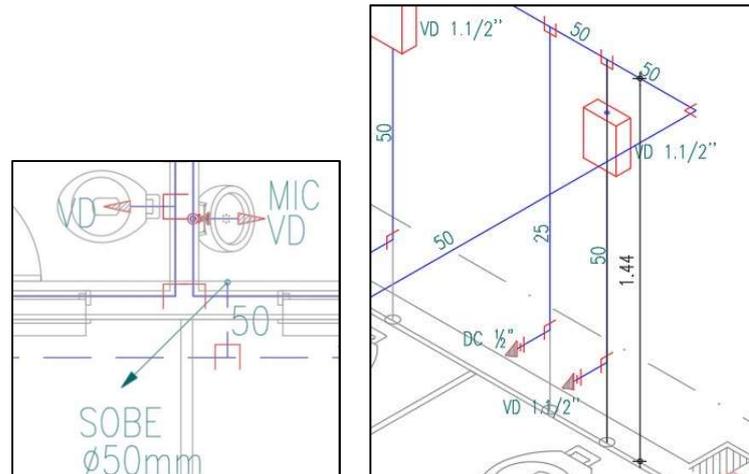
Foram encontradas vinte (20) inconformidades das quais dezesseis (16) foram entre tubulações de agua fria, uma (1) entre tubulações de agua fria com as de esgoto e três (3) entre as tubulações de esgoto.

Foi possível identificar algumas incompatibilidades entre as tubulações de agua e esgoto nos projetos de instalações hidrossanitárias, uma vez que são feitas em várias plantas separadamente em relação a ambientes distintos nos seus respectivos pavimentos, onde pode-se observar variações de locais de tubulação quando se alterava o projeto a ser analisado.

4.1.1.1 Tubulação de Água fria

Na figura 32 estão as indicações das tubulações de agua que abastecem os vasos sanitários e as duchas higiênicas do sanitário feminino do pavimento térreo do bloco pedagógico com sua planta baixa e isometrias em CAD.

Figura 32: Planta baixa mais isometria das instalações de agua do sanitário feminino do pavimento térreo do bloco pedagógico

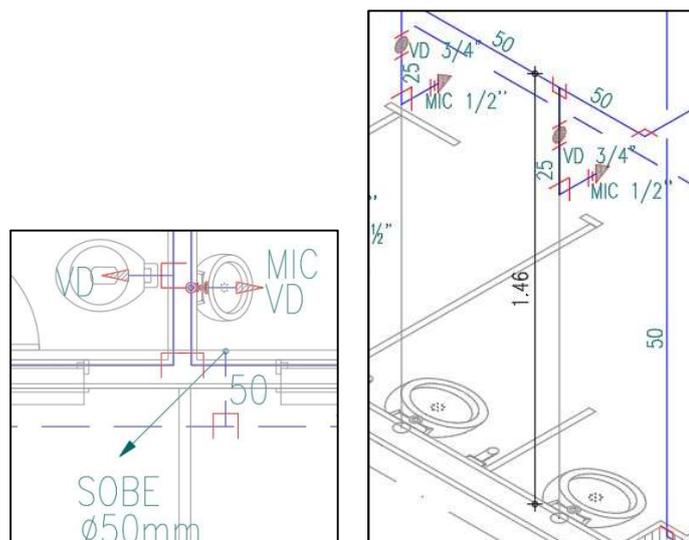


Fonte: FNDE (2009) - adaptado

Devido as tubulações serem representadas por linhas, não representando assim a real dimensão dos diâmetros das tubulações e das conexões, torna-se difícil a visualização para quem for ler o projeto identificar algum tipo de incompatibilidade.

Observam-se as indicações das tubulações de água que abastecem os vasos sanitários, as duchas higiênicas e os mictórios do sanitário masculino do pavimento térreo do bloco pedagógico com sua planta baixa e isometrias em CAD, conforme Figura 33.

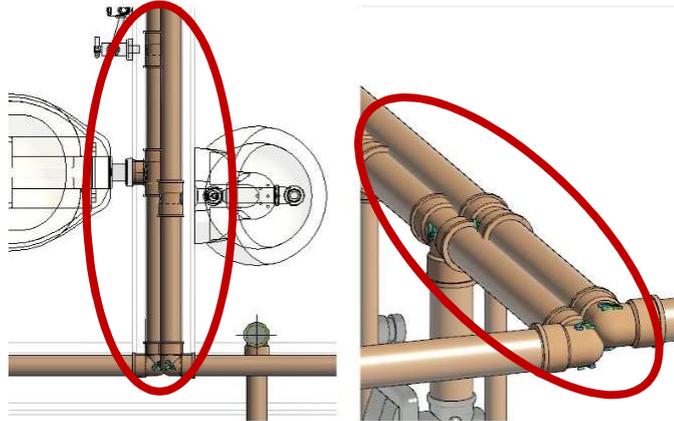
Figura 33: Planta baixa com isometria das instalações de água do sanitário masculino do pavimento térreo do bloco pedagógico



Fonte: FNDE (2009) - adaptado

Após a modelagem das instalações hidrossanitárias dos banheiros, mostrados nas Figuras 32 e 33 por meio do *Revit*, foram geradas as imagens presentes na Figura 34 onde estão sendo representadas a planta baixa e ao lado uma visualização 3D do trecho.

Figura 34: Modelo paramétrico 3D das instalações de água

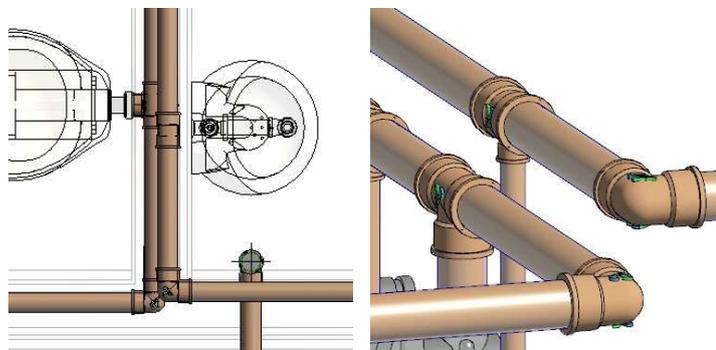


Fonte: Autor (2021)

Dessa forma, no *Revit* é possível representar os diâmetros das tubulações e suas conexões onde pôde ser identificada a sobreposição de tubulações de água na mesma parede devido a suas respectivas alturas.

Neste caso, uma possível solução seria alterar as alturas das tubulações para evitar a sobreposição entre as tubulações que abastecem os sanitários e os mictórios dos banheiros masculino e feminino do pavimento térreo do bloco pedagógico conforme é demonstrado na Figura 35.

Figura 35: Modelo paramétrico 3D das instalações de água da solução sugerida

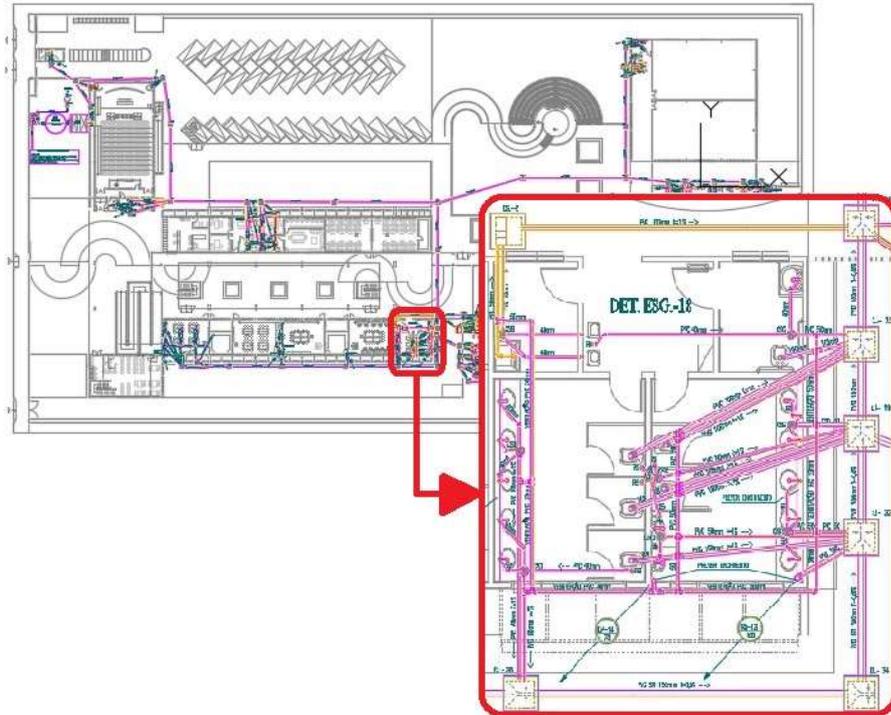


Fonte: Autor (2021)

4.1.1.2 Tubulação de Esgoto

Já na Figura 36 está a planta baixa do projeto de esgoto dos sanitários a ser analisado.

Figura 36: Planta baixa de instalação de esgoto dos sanitários masculino feminino e acessível pavimento térreo bloco pedagógico

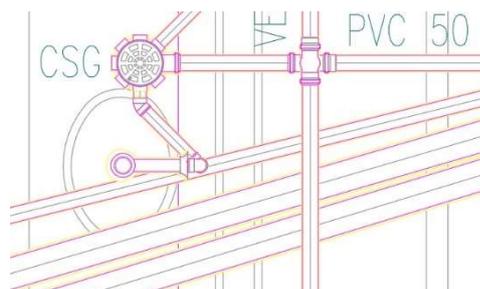


Fonte: FNDE (2009) - adaptado

O projeto de esgoto do pavimento térreo conta com as caixas de inspeção externas ao edifício.

Identifica-se na Figura 37 as tubulações de esgoto do lavatório e da caixa sifonada do sanitário masculino do pavimento térreo do bloco pedagógico com sua planta baixa desenvolvida no CAD.

Figura 37: Planta baixa das instalações de esgoto do sanitário masculino do pavimento térreo do bloco pedagógico

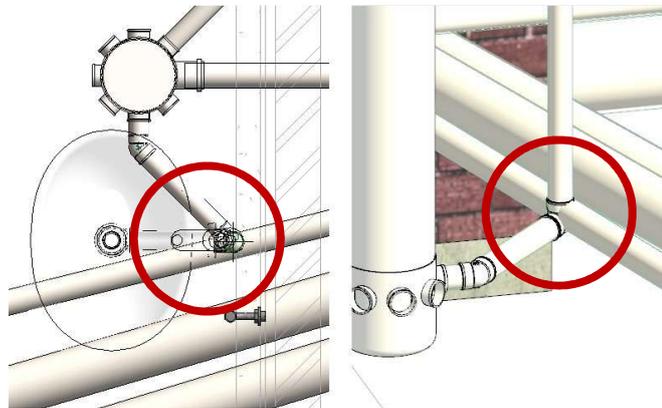


Fonte: FNDE (2009) - adaptado

Devido à falta de indicações de altura das tubulações, o processo de visualização das interferências é prejudicado. Assim, não é possível identificar com clareza as tubulações que realmente existem neste trecho, sendo, também, dificultada a verificação de interferências entre elas.

Posteriormente a modelagem das instalações hidrossanitárias do banheiro mostrado na Figura 37 utilizando o *Revit*, constituiu na produção das imagens presentes na Figura 38 onde estão presentes a planta baixa e ao lado uma visualização 3D do trecho.

Figura 38: Modelo paramétrico 3D das instalações de esgoto

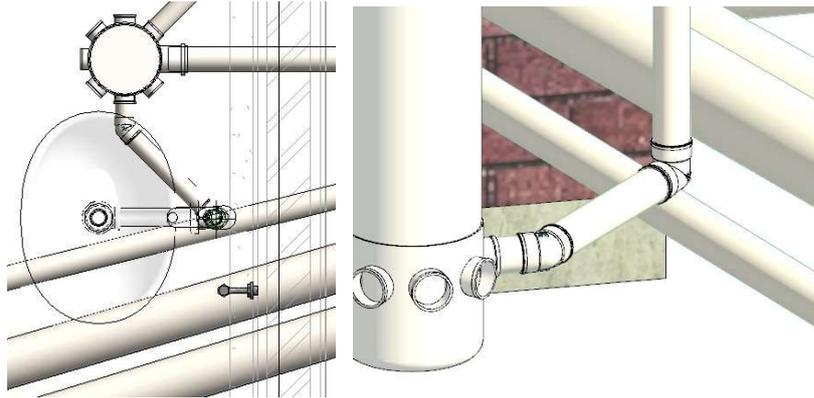


Fonte: Autor (2021)

Assim, no *Revit* é possível representar os diâmetros das tubulações, suas conexões e suas respectivas posições reais com suas inclinações, onde pôde ser identificada a sobreposição da tubulação que coleta o esgoto do lavatório até a caixa sifonada com a coleta de esgoto de uma outra caixa sifonada até a caixa de inspeção.

Nesta situação, uma provável solução seria alterar a altura da caixa sifonada que está ligada à caixa de inspeção para que a mesmo passe abaixo da tubulação de esgoto do lavatório, como pode ser visto na Figura 39.

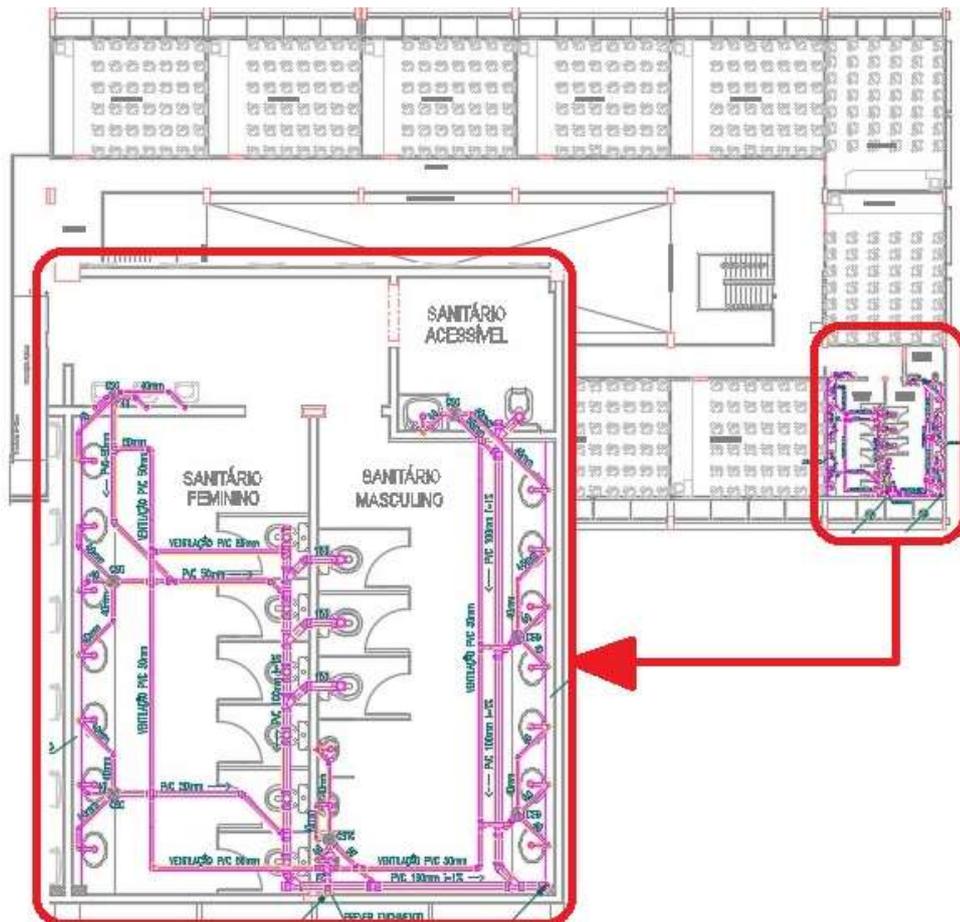
Figura 39: Modelo paramétrico 3D das instalações de esgoto da solução sugerida



Fonte: Autor (2021)

Já no pavimento superior o projeto de instalações de esgoto dos sanitários masculino, feminino e acessível pode ser verificado na Figura 40

Figura 40: Planta baixa instalação de esgoto sanitários masculino feminino e acessível pavimento superior bloco pedagógico



Fonte: FNDE (2009) - adaptado

Como no pavimento térreo, os sanitários encontram-se na extremidade inferior direita do prédio.

Já na figura 41 é possível observar a indicação da tubulação de esgoto do sanitário masculino e acessível do pavimento superior do bloco pedagógico com sua planta baixa.

Figura 41: Planta baixa das instalações de esgoto do sanitário masculino e acessível do pavimento superior do bloco pedagógico

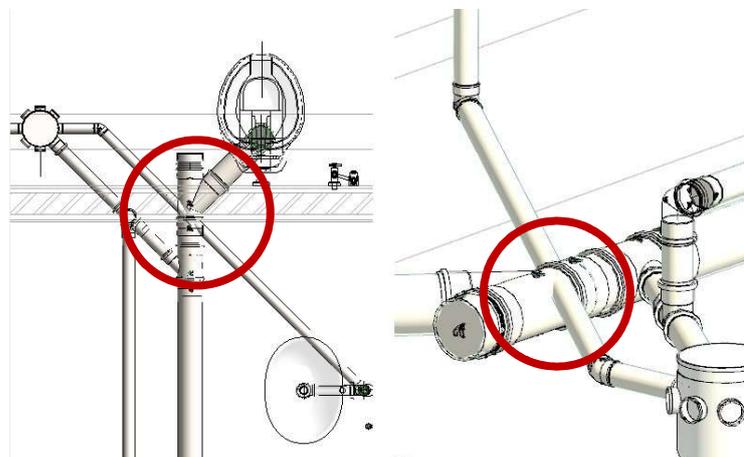


Fonte: FNDE FNDE (2009) - adaptado

Graças à ausência de referências de altura das tubulações, confunde-se a visualização de onde é que estão realmente passando e verificar se não haverá algum choque ou interferência entre as mesmas.

Seguidamente a modelagem das instalações hidossanitárias do banheiro mostrado na Figura 41 através do *Revit*, foram concebidas as imagens presentes na Figura 42 onde estão sendo representadas a planta baixa e ao lado uma visualização 3D do trecho.

Figura 42: Modelo paramétrico 3D das instalações de esgoto

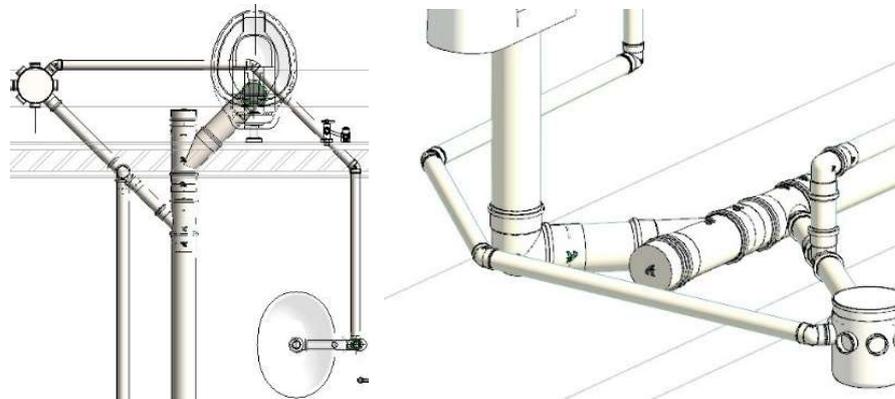


Fonte: Autor (2021)

Portanto, no *Revit* é possível demonstrar os diâmetros das tubulações, suas conexões e suas respectivas posições reais com inclinações, onde pôde ser identificada a sobreposição de tubulações de esgoto que vem do lavatório do sanitário masculino para conectar na caixa sifonada do sanitário acessível com a junção que liga o vaso sanitário ao ramal de esgoto.

Nesta circunstância, uma solução razoável seria alterar o traçado do esgoto do lavatório evitando o cruzamento entre as tubulações, como demonstrado na Figura 43.

Figura 43: Modelo paramétrico 3D das instalações de esgoto da sugestão proposta



Fonte: Autor (2021)

Após serem identificadas as incompatibilidades entre as tubulações, foram detectadas interferências entre tubulações e estrutura.

4.1.2 Tubulações x Estrutura

Ao verificar as incompatibilidades das tubulações com as estruturas o *Revit* concebeu-se a lista contida no Quadro 3.

Quadro 3: Listagem das incompatibilizações da combinação Hidrossanitário x Estrutural

ITEM	ELEMENTO 1	ELEMENTO 2	QUANTIDADE
1	Tubulação : Agua Fria Soldável	Viga	3
2	Tubulação : Esgoto Série Normal COM Bolsa	Viga	22
Total:			25

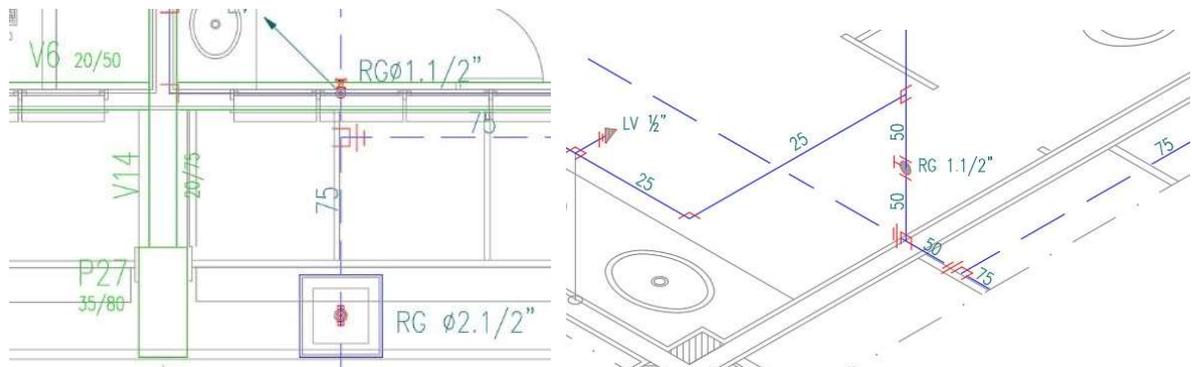
Fonte: Autor (2021)

Podem ser identificados vinte e cinco (25) interferências das quais três (3) foram entre as tubulações de água fria coincidindo com vigas e vinte e duas (22) das tubulações de esgoto com vigas.

Analisando a integração da estrutura com as instalações hidrossanitárias pôde-se detectar incompatibilidades entre essas disciplinas.

Conforme é mostrado na Figura 44 estão a planta baixa das instalações de água e a planta baixa de estrutura sobrepostas e o isométrico da instalação hidráulica do abastecimento de água do sanitário feminino do pavimento térreo do bloco pedagógico.

Figura 44: Planta baixa das instalações de água e planta baixa de estrutura sobrepostas e o isométrico da instalação hidráulica do sanitário feminino do pavimento térreo do bloco pedagógico

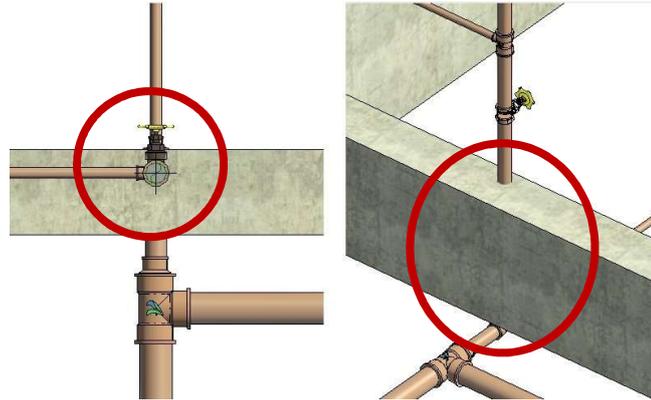


Fonte: FNDE (2009) - adaptado

Seguidamente a integração do projeto estrutural com o projeto hidráulico, pode-se constatar uma possível incompatibilidade porem sem muita precisão e a real proporção desta interferência devido a representação em 2D dos projetos.

A seguir a modelagem das instalações hidrossanitárias e da estrutura do banheiro visualizado na Figura 44, mediante o uso do *Revit*, foi concebida nas imagens contidas na Figura 45 onde estão sendo representadas a planta baixa e ao lado uma visualização 3D do trecho com a interação das duas disciplinas em conjunto.

Figura 45: Modelo paramétrico 3D das instalações de água e das estruturas

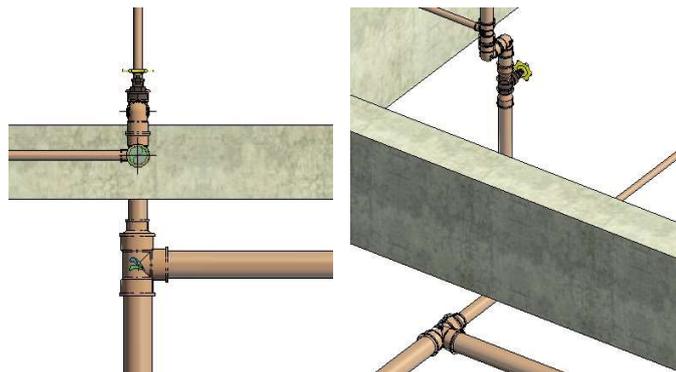


Fonte: Autor (2021)

Por meio do *Revit* é possível representar os diâmetros das tubulações e suas conexões do projeto hidrossanitário e as dimensões reais dos elementos no projeto estrutural e suas devidas posições, tornando assim fácil a identificação da incompatibilidade com precisão e real proporção onde essas características permitem verificar que a tubulação de abastecimento de água está passando dentro de uma viga estrutural.

Uma possível solução seria deslocar a coluna do abastecimento de água do banheiro, desviando assim da viga e criar um enchimento na parede internamente para ocultar a tubulação a fim de posicionar adequadamente o registro geral do banheiro como pode ser visto na Figura 46.

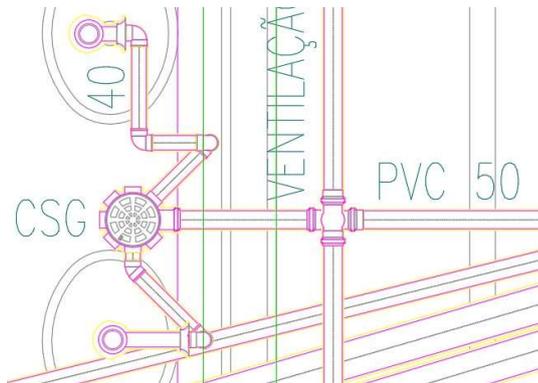
Figura 46: Modelo paramétrico 3D das instalações de água e das estruturas da solução sugerida



Fonte: Autor (2021)

Identifica-se a planta baixa das instalações de esgoto e a planta baixa de estrutura sobrepostas dos lavatórios e a caixa sifonada do sanitário masculino do pavimento térreo do bloco pedagógico como pode ser visualizado na Figura 47.

Figura 47: Planta baixa das instalações de esgoto e planta baixa da estrutura sobrepostas do sanitário masculino do pavimento térreo do bloco pedagógico

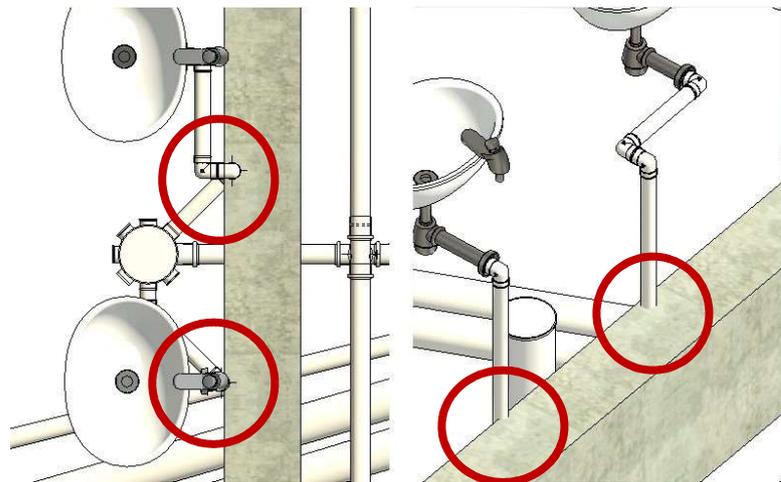


Fonte: FNDE (2009) - adaptado

Em seguida feita a sobreposição do projeto estrutural ao projeto sanitário, pode-se identificar uma possível incompatibilidade porém sem muita precisão e real proporção desta interferência devido a representação em 2D dos projetos.

Seguidamente a modelagem das instalações hidrosanitárias e da estrutura do banheiro mostrado na Figura 47 por meio do *Revit*, foram geradas as imagens presentes na Figura 48 onde estão sendo representadas a planta baixa e ao lado uma visualização 3D do trecho com a interação das duas disciplinas em conjunto.

Figura 48: Modelo paramétrico 3D das instalações de esgoto e das estruturas



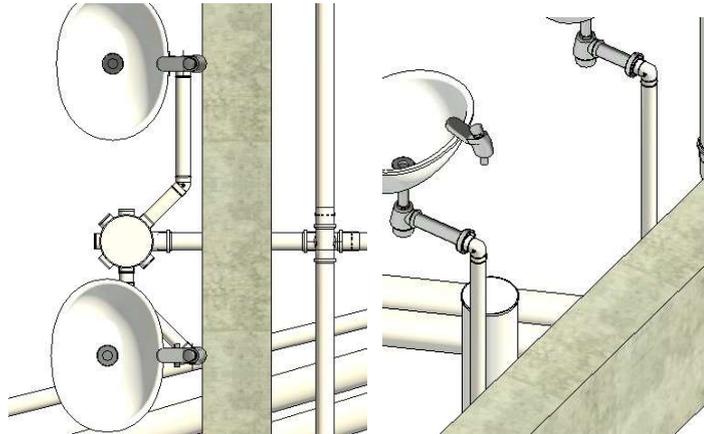
Fonte: Autor (2021)

Através do *Revit* é capaz de retratar os diâmetros das tubulações e suas conexões do projeto hidrosanitário e as dimensões reais dos elementos do projeto estrutural e suas devidas posições, tornando assim fácil a identificação da incompatibilidade com precisão e real

proporção onde a tubulação de saída do esgoto dos lavatórios estão passando dentro de uma viga estrutural.

Uma sugestão para tentar solucionar tal problema pode ser verificada na Figura 49, onde seria deslocar as descidas do esgoto dos lavatórios para mais internamente do banheiro livrando-as de se chocarem com a viga e criar um enchimento na parede para embutir estas tubulações.

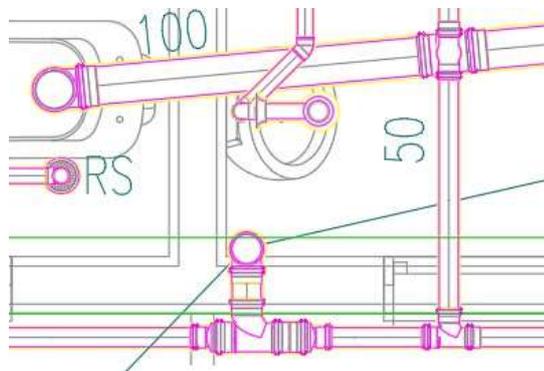
Figura 49: Modelo paramétrico 3D das instalações de esgoto e das estruturas da solução sugerida



Fonte: Autor (2021)

A planta baixa das instalações de esgoto com a ventilação e a planta baixa de estrutura sobrepostas dos sanitários masculino e feminino do pavimento térreo do bloco pedagógico podem ser visualizadas na Figura 50.

Figura 50: Planta baixa das instalações de esgoto e planta baixa da estrutura sobrepostas do sanitário masculino do pavimento térreo do bloco pedagógico

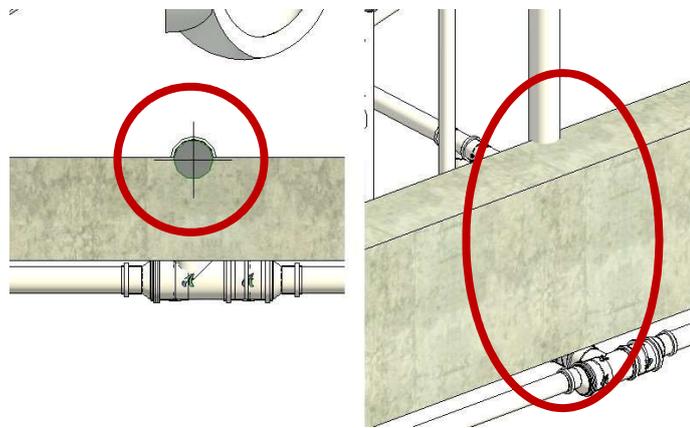


Fonte: FNDE (2009) - adaptado

Após a justaposição do projeto estrutural ao projeto sanitário, pode-se identificar uma possível incompatibilidade, porém sem muita precisão e real proporção desta interferência devido a representação em 2D dos projetos.

Em seguida ao processo de modelagem das instalações hídrosanitarias e da estrutura do banheiro visualizado na Figura 50 utilizando-se o *Revit*, foi produzido as imagens contidas na figura 51 onde estão sendo representadas a planta baixa e ao lado uma visualização 3D do trecho com a interação das duas disciplinas em conjunto.

Figura 51: Modelo paramétrico 3D das instalações de ventilação e das estruturas

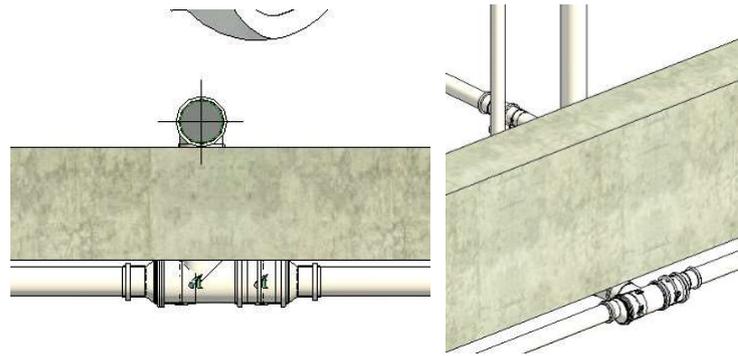


Fonte: Autor (2021)

Conforme é observado, no *Revit* é possível representar os diâmetros das tubulações e suas conexões do projeto hídrosanitario e as dimensões reais dos elementos do projeto estrutural e suas devidas posições, tornando assim fácil a identificação da incompatibilidade com precisão e real proporção onde a tubulação da coluna de ventilação está passando dentro de uma viga estrutural.

Na Figura 52, é sugerida uma possível solução onde seria deslocar a coluna de ventilação dos sanitários feminino e masculino para mais internamente do banheiro livrando-as de se chocar com a viga e criar um enchimento na parede para embutir esta tubulação.

Figura 52: Modelo paramétrico 3D das instalações de ventilação e das estruturas da solução sugerida



Fonte: Autor (2021)

Em resumo, pode-se observar a quantidade de incompatibilidades encontradas nos banheiros analisados demonstradas no Quadro 4.

Quadro 4: Quadro resumo de incompatibilidades

SISTEMAS	ITEM	ELEMENTO 1	ELEMENTO 2	QUANTIDADE
TUBULAÇÃO X TUBULAÇÃO	1	Tubulação : Agua Fria Soldável	Tubulação : Agua Fria Soldável	16
	2	Tubulação : Agua Fria Soldável	Tubulação : Esgoto Série Normal COM Bolsa	1
	3	Tubulação : Esgoto Série Normal COM Bolsa	Tubulação : Esgoto Série Normal COM Bolsa	3
Sub-Total:				20
TUBULAÇÃO X ESTRUTURA	1	Tubulação : Agua Fria Soldável	Viga de Concreto	3
	2	Tubulação : Esgoto Série Normal COM Bolsa	Viga de Concreto	22
Sub-Total:				25
Total de Incompatibilidades do Estudo:				45

Fonte: Autor (2021)

No quadro 4 tem-se o exemplo que relaciona o elemento 1 de tubulação de agua fria com o elemento 2 de tubulação de esgoto no item 2 dos sistemas em conflitos de tubulações entre tubulações

Observa-se que a maior quantidade de incompatibilidades encontradas entre o elemento 1 das tubulações de esgoto e o elemento 2 que são as vigas de concreto da estrutura, totalizando de vinte e duas (22) interferências.

5 CONCLUSÃO

A partir da análise dos resultados obtidos neste trabalho, notou-se que após a modelagem realizada no *Revit*, com base nos projetos de arquitetura, instalações hidrossanitárias e estruturas de uma escola profissionalizante obtidos em *CAD*, puderam ser identificadas incompatibilidades entre os projetos. O que mostra a importância da etapa de compatibilização de projetos para evitar assim retrabalhos e desperdícios na fase de construção.

Porém, tal etapa utilizando o método tradicional 2D torna-se um processo trabalhoso e bastante complexo, onde a metodologia BIM veio para facilitar este processo e obter resultados mais precisos, trazendo assim diversos benefícios para a indústria da AEC.

Com a visualização tridimensional das interferências se tem um maior entendimento e compreensão dos problemas encontrados colaborando para tomada de decisões e soluções.

Tais benefícios podem ser identificados a partir da Curva de MacLeamy uma vez que ao se antecipar as tomadas de decisões para fase de projeto pode-se reduzir os custos nas alterações que por ventura vierem a surgir.

Com isso, o presente trabalho atingiu os objetivos propostos de analisar os projetos de arquitetura e os complementares de uma Escola de Ensino Profissional do programa Brasil profissionalizado desenvolvido pelo FNDE, a partir do projeto em 2D e modelado em 3D utilizando a ferramenta *Revit* visando identificar incompatibilidades após o processo de compatibilização dos projetos e demonstrar os benefícios que a aplicação da metodologia proporciona.

Identificando os erros e as incompatibilidades presentes no projeto previamente, evita-se a necessidade de medidas corretivas que por sua vez trazem desperdícios de materiais e mão de obra que elevam os custos para a construção da edificação. Com a compatibilização se busca economizar recursos financeiros públicos que poderão ser investidos de uma melhor maneira para a sociedade.

Conforme mostrado no Quadro 4, as incompatibilidades entre os projetos podem trazer retrabalhos, aumentos nos custos e no tempo de execução, caso sejam identificados somente na fase de construção.

Segundo análise da pesquisa, foram encontradas dezesseis (16) interferências entre os elementos das tubulações de água onde podem representar maiores problemas na obra, gerando atrasos e desperdícios de materiais devido a cortes das tubulações errados onde não se

consegue aproveitar o pedaço do tubo necessitando realizar um outro corte demandando um maior tempo de execução para aquela atividade afetando a produtividade.

Já ao analisar os choques de tubulações de água com as de esgoto foi possível identificar uma (1), no qual corre o risco de necessitar-se de deslocamento na tubulação exigindo a criação de enchimentos muitas vezes não previstos em projeto o que acaba por trazer impactos na arquitetura do ambiente.

Quando se trata de conflitos entre os elementos das tubulações de esgoto é necessário um cuidado maior devido a maiores exigências neste tipo de sistemas com relação as inclinações dos tubos que precisam ser atendidas conforme a NBR 8160, onde houve três (3) desses conflitos, além de interferir nos dos forros dos pavimentos inferiores e nas escavações do terreno nos ambientes sobre o solo.

Os casos de maior impacto ocorreram com as incompatibilidades entre as instalações hidrossanitárias e a estrutura do empreendimento apresentado no Quadro 4, com vinte e cinco (25) incompatibilidades entre esses sistemas, dos quais três (3) entre tubulações de água fria e viga estrutural e vinte duas (22) entre tubulações de esgoto e ventilação com vigas da estrutura, visto que necessitam de soluções mais complexas devido as restrições que precisam ser atendidas.

Sendo assim, evita-se realizar qualquer alteração em um elemento estrutural que na maioria dos casos são realizados por meio de furos, onde muitas vezes possuem preços elevados e demandam um tempo considerável para sua execução por necessitarem de mão de obra especializada e equipamentos específicos.

Portanto, tem-se a importância da aplicação da metodologia BIM para poder identificá-los ainda na fase de projeto, trazendo assim inúmeros benefícios às obras públicas e evitar que tais problemas ocorram. Desse modo, as empresas contratadas que utilizarem essa metodologia podem se beneficiar identificando falhas no projeto facilmente antes mesmo do início da obra e da licitação.

Com isso, o contratante não teria futuros problemas com atrasos na entrega e contratos financeiros com aditivos das obras públicas, além de atender as novas normas técnicas desenvolvidas pelo CEE – 134, os decretos federais nº 9.983 de 22 de agosto de 2019 e nº 10.306 de 2 de abril de 2020 e a nova Lei de Licitações e Contratos Administrativos, LEI Nº 14.133, DE 1º DE ABRIL DE 2021, que exigem a partir do ano da realização deste trabalho a obrigatoriedade o desenvolvimento dos projetos utilizando a metodologia BIM para licitações.

Como sugestão para trabalhos futuros, por exemplo, realizar pesquisa com os benefícios do BIM no planejamento de obras públicas, aplicação do BIM 4D em um estudo de caso. Outro estudo que contribuiria para a continuação deste trabalho seria os benefícios do BIM para orçamentação em obras públicas, aplicação do BIM 5D em um estudo de caso, e por fim, pesquisa com o uso do BIM como auxílio em obras de reformas de edificações públicas, aplicação em um estudo de caso.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R. A. DE; BORGES, M. M.; LIMA, F. T. DE A. O projeto integrado e o processo de projeto em BIM - aplicação e normas brasileiras. p. 393–396, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 8160/1999**. Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Acesso em 17 de junho de 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. **NBR 15965/2011**. Sistema de classificação da informação da construção - Parte 1: Terminologia e estrutura. Acesso em 8 de dezembro de 2020.
- AUTODESK. Primeiros passos com o bim em engenharia civil. 2020.
- BALEM, A. F. Vantagens da compatibilização de projetos na engenharia civil aliada ao uso da metodologia bim. p. 0–75, 2015.
- BELTRÃO, E. A. **Modelagem e compatibilização de projetos de instalações elétricas com o uso do BIM**. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 2015.
- BESSONI, A. INTRODUÇÃO AO BIM. 2019.
- BRAGA, P. R. Levantamento de quantitativos com uso da tecnologia BIM. Salvado: Universidade Federal da Bahia, 2015.
- BRASIL. **Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019**. Dispõe sobre a Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling e institui o Comitê Gestor da Estratégia do Building Information Modelling. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Decreto/D9983.htm>. Acesso: 8 de dezembro de 2020.
- BRASIL. **Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020**. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do Building Information Modelling- EstratégiaBIMBR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. Disponível em <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/decreto-n-10.306-de-2-de-abril-de-2020-251068946>>. Acesso: 8 de dezembro de 2020
- BRASIL. **Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993**. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8666cons.htm>. Acesso: 11 de novembro de 2020.
- BRASIL. **Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021**. Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14133.htm>. Acesso: 17 de junho de 2021.

- CAMPESTRINI, T. F.; RICARDO, P.; JR, M. Entendendo BIM. 2015.
- CATARINA, G. DO ESTADO DE S. Caderno De Apresentação De Projetos Em Bim. **Norma**, v. 1, n. September 2013, p. 1–36, 2013.
- CATELANI, W. S.; SANTOS, E. T. Normas Brasileiras sobre BIM. **Concreto & Construção**, v. 84, p. 54–59, 2016.
- CBIC. Volume 01 - Fundamentos BIM: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras. **CBIC- Câmara Brasileira da Indústria da Construção**, v. 1, p. 124, 2016a.
- CBIC. Volume 3 Colaboração e Integração BIM. v. 3, 2016b.
- CLEMENTE, S. Estudo de Caso x Casos para Estudo: Esclarecimentos a cerca de suas características e utilização. p. 1–12, 2011.
- COMARELLA, C. W.; FERREIRA, É. V.; SILVA, R. K. P. DA. NÍVEIS DE DESENVOLVIMENTO BIM DE GUIAS NACIONAIS E INTERNACIONAIS – ESTUDO DE CASO. p. 1–103, 2016.
- COSTA, E. N. Avaliação da metodologia BIM para compatibilização de projetos. **Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós- Graduação do Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto na área de Construção Metálica como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia**, p. 84, 2013.
- CREDER; H. Instalações Hidráulicas e Sanitárias. 6° ed. Rio de Janeiro. LTC, 2006.
- DOLABELA, G. S.; FERNANDES, J. G. M. FALHAS DEVIDO À FALTA DE COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS – ESTUDO DE CASOS EM OBRAS DE EDIFICAÇÕES. **Journal of Chemical Information and Modeling**, v. 2, n. 1, p. 1689–1699, 2014.
- FURIAN, F.; BOAS, B. V. **No Brasil, as obras públicas sofrem com a incompetência**. Disponível em: <<https://exame.com/revista-exame/o-custo-da-burrice/>>. Acesso em: 27 set. 2020.
- MARCOS, A. et al. TECNOLOGIA BIM E SUA APLICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL PARA COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS INTRODUÇÃO Novas tecnologias surgem a todo momento em diversas partes do mundo com o objetivo de tornar cada vez mais práticas atividades que anteriormente exigiam esfor. **Anuário De Produções Acadêmico-Científicas Dos Discentes Da Faculdade Araguaia**, p. 80–87, 2018.
- MARIANO, A. et al. Compatibilização de projeto arquitetônico, estrutural e sanitário: Uma abordagem teórica e estudo de caso. **Revista Monografias Ambientais - REMOA - Centro do Ciências Naturais e Exatas**, v. 2, p. 3236–3244, 2014.
- MAYR, L. R. **Falhas de projeto e erros de execução: uma questão de comunicação**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.
- PANWALA, T. et al. Compatibilização de projetos na construção civil: importância, métodos e ferramentas. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 9, n. 5, p. 1–14, 2017.
- PRAIA, P. A plataforma BIM na compatibilização de projetos de arquitetura e estrutura: estudos de caso. p. 180, 2019.
- SOUZA. M. G. Histórico da relação e comunicação gráfica entre projeto de arquitetura e o

projeto de estrutura. Curitiba: Universidade FUMEC – Faculdade de Engenharia e Arquitetura, 2007

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders, 2008.

TCU, S. **Obras para controle de inundações na Baixada Fluminense (RJ) têm projeto deficiente**. Disponível em: <<https://portal.tcu.gov.br/imprensa/noticias/obras-para-controle-de-inundacoes-na-baixada-fluminense-rj-tem-projeto-deficiente.htm>>. Acesso em: 27 set. 2020a.

TCU, S. **Projeto da obra de requalificação da Praia de Iracema/CE apresentou diversas falhas | Portal TCU**. Disponível em: <<https://portal.tcu.gov.br/imprensa/noticias/projeto-da-obra-de-requalificacao-da-praia-de-iracema-ce-apresentou-diversas-falhas.htm>>. Acesso em: 27 set. 2020b.

UMBERTO, J. DE; LOCKS, T.; CAUDURO, F. Estudo De Caso : Compatibilização De Uma Edificação De Pequeno Porte Com Uso De Sistema Bim (Building Information Modeling). p. 1–13, 2018.

KATHLEEN, E.C.T.P.S.R. L. MANUAL DE BIM. [DIGITE O LOCAL DA EDITORA]: GRUPO A, 2014. 9788582601181. DISPONÍVEL EM:

[HTTPS://INTEGRADA.MINHABIBLIOTECA.COM.BR/#/BOOKS/9788582601181/](https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582601181/). ACESSO EM: 06 OCT 2020