

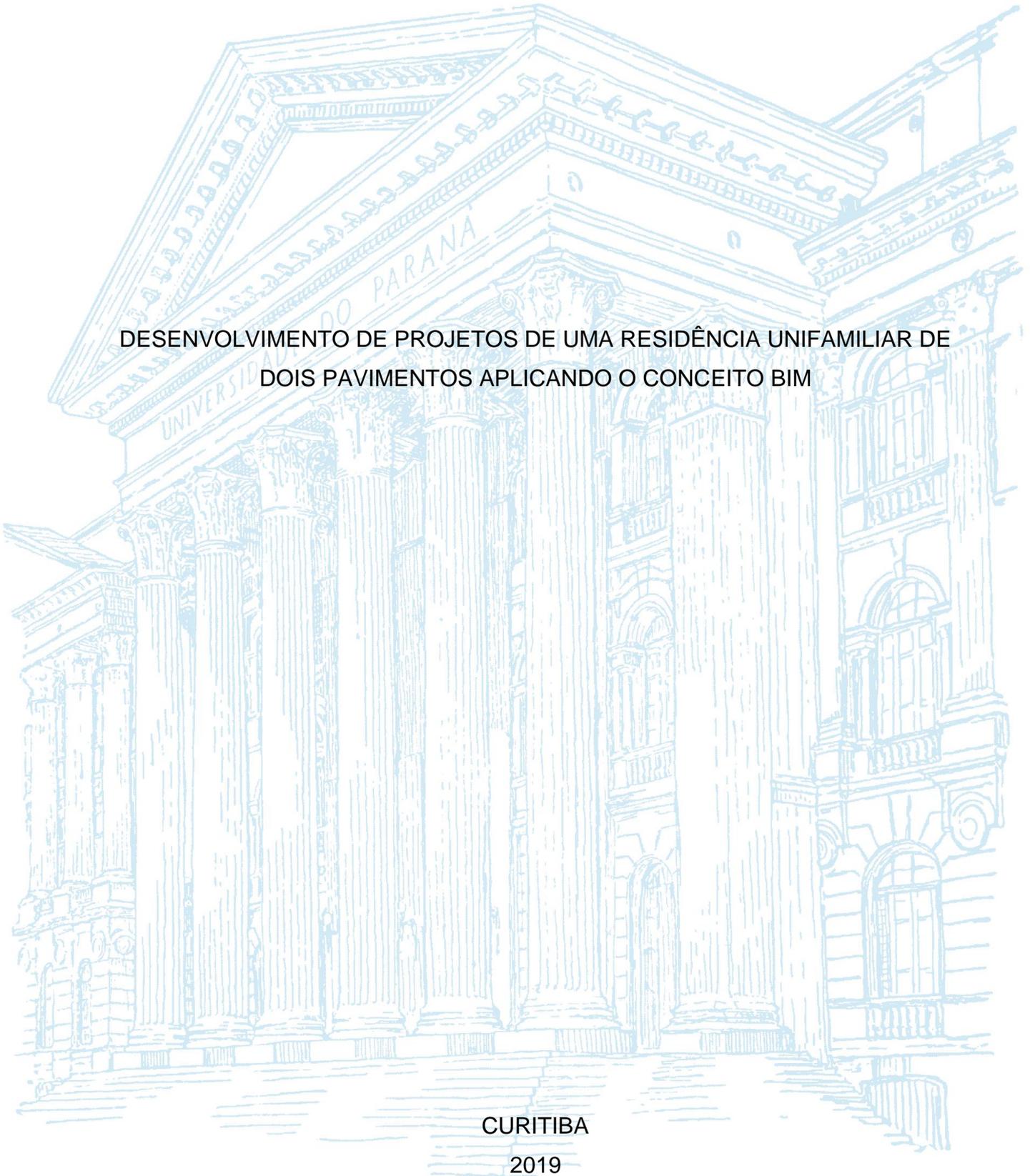
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

MATHEUS KOHLHASE GONÇALVES

DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR DE  
DOIS PAVIMENTOS APLICANDO O CONCEITO BIM

CURITIBA

2019



MATHEUS KOHLHASE GONÇALVES

DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR DE  
DOIS PAVIMENTOS APLICANDO O CONCEITO BIM

Trabalho Final de Curso apresentado ao curso de  
Graduação em Engenharia Civil, Setor de  
Tecnologia, Universidade Federal do Paraná,  
como requisito parcial à obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Isabella Andreczevski  
Chaves

CURITIBA

2019

Dedico este trabalho a meus pais pelo amor e cuidado em todos os momentos e à Isnai, minha namorada, cujo apoio foi fundamental para realização desse trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Universidade Federal do Paraná pela oportunidade que me proporcionou de desenvolvimento pessoal e profissional.

A minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Isabella Andreczewski Chaves por ser gentil e paciente compartilhando o seu conhecimento, estando sempre ao meu lado quando precisei.

Aos meus pais, por sempre fornecerem suporte apesar da distância, acreditando sempre no meu potencial.

À minha namorada, Isnai, por ter dado apoio nos momentos mais difíceis e pelas dicas de Revit e ainda pelas orientações sobre design arquitetônico.

Agradeço a todos que, de maneira direta ou indireta, me auxiliaram para a execução deste trabalho.

A viga é feita de momentos.

(Estudantes de engenharia civil)

## RESUMO

O conceito BIM (*Building Information Modeling*) de trabalho é caracterizada pela uma intensa troca de informações entre diferentes disciplinas da engenharia civil, além do uso de modelos tridimensionais parametrizados que podem carregar individualmente diversas informações pertinentes ao projeto. O constante desenvolvimento tecnológico permitiu a popularização do conceito BIM, inovando os paradigmas estabelecidos no mercado e influenciando em todas as etapas de um projeto. Isto ocorre devido ao desenvolvimento de *softwares* que facilitaram essa troca de informações e permitiu a modelagem de elementos parametrizados. Destarte, é evidente a necessidade da aplicação e do desenvolvimento do conceito BIM de trabalho em um mercado exige projetos cada vez mais econômicos, compatibilizados e com qualidade técnica. A partir disso, este trabalho buscou desenvolver os projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico aplicando o conceito BIM. Em cada passo do desenvolvimento, são destacados as vantagens permitidas pela adoção desse fluxo de trabalho, possibilitando melhor entendimento do mesmo. Para tanto, foram utilizados os *softwares* Revit, para desenvolvimento dos projetos arquitetônico, hidrossanitário e elétrico, Eberick, para o estrutural, e o Excel, para realização de cálculos adicionais. Para permitir a troca de informação entre os modelos de cada disciplina, foi utilizado o formato IFC, que possibilitou a modelagem dos projetos complementares sobre o modelo arquitetônico, garantindo a compatibilidade entre os projetos. Dessa maneira, obtiveram-se os projetos executivos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico compatibilizados e com as demais vantagens da aplicação da metodologia BIM, como a redução de problemas e imprevistos que poderiam ocorrer durante a obra.

Palavras-chave: BIM. Compatibilização. Arquitetônico. Estrutural. Hidrossanitário. Elétrico. *Softwares*.

## **ABSTRACT**

The Building Information Modeling (BIM) methodology is characterized by an intense exchange of information between different civil engineering disciplines, as well as the use of parameterized three-dimensional models that can carry many important information available in the project. The constant technological development allowed the BIM concept to be popularized, innovating the established paradigms in the market and influencing in all stages of a project. This happens due to the development of software that facilitates this information exchange and allows the modeling of parameterized elements. It is evident the need to apply and develop the BIM method of work in a market that increasingly requires compatible, economical and quality bearing projects. Based on all this, this work sought to develop the architectural, structural, hydro sanitary and electrical projects applying the BIM methodology. At each development step, the advantages attained by the adoption of this workflow are highlighted, allowing a better understanding of it. Therefore, it was used Revit software to develop the architectural, hydro sanitary and electrical projects, Eberick for the structural project and Excel for additional calculations. The use of IFC format made the exchange of information between the models of each discipline possible, which allowed the modeling of the complementary projects on the architectonic model, ensuring compatibility between projects. With this, the compatibilization of the architectural, structural, hydro sanitary and electrical projects was achieved, along with other advantages of applying the BIM methodology, such as the reduction of problems and improvisations that could occur during construction.

Keywords: BIM. Compatibilization. Architectural. Structural. Hydro sanitary. Electric. Softwares.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – ISOPLETAS DE VELOCIDADE BÁSICA DO VENTO .....	30
FIGURA 2 – ÁBACO PARA PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE RAMAIS.....	37
FIGURA 3 – FACHADA FRONTAL DO SOBRADO.....	43
FIGURA 4 – PROJETO ESTRUTURAL EM 3D .....	49
FIGURA 5 – TUBULAÇÃO DE ÁGUA: CROQUI ISOMÉTRICO PRELIMINAR .....	51
FIGURA 6 – BARRILETE E CAIXA D'ÁGUA .....	51
FIGURA 7 – COORDENAÇÃO DO PROJETO HIDROSSANITÁRIO.....	52
FIGURA 8 – LOCALIZAÇÃO DO <i>SHAFT</i> .....	55
FIGURA 9 – FUIROS NAS VIGAS .....	56
FIGURA 10 – PROBLEMAS DE COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE PROJETOS ESTRUTURAL E ELÉTRICO .....	57
FIGURA 11 – SOLUÇÕES PARA PROBLEMAS DE COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE PROJETOS ESTRUTURAL E ELÉTRICO.....	58

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 – TEMPO PARA REALIZAÇÃO DO PROJETO COM MODIFICAÇÕES	24
---	----

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL.....	27
QUADRO 2– RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO E CLASSE DE RESISTÊNCIA DO CONCRETO.....	28
QUADRO 3 – COBRIMENTO NOMINAL .....	28
QUADRO 4 – CONSUMO DIÁRIO UNITÁRIO.....	33
QUADRO 5 – COMPRIMENTOS EQUIVALENTES DE PEÇAS HIDRÁULICAS.....	35
QUADRO 6 – VAZÃO E PESO DE APARELHOS SANITÁRIOS.....	36
QUADRO 7 – APARELHOS SANITÁRIOS E SEUS NÚMEROS DE UNIDADES HUNTER DE CONTRIBUIÇÃO.....	39
QUADRO 8 – DIÂMETRO NOMINAL MÍNIMO PARA RAMAIS DE ESGOTO.....	40
QUADRO 9 – DIÂMETRO NOMINAL MÍNIMO PARA COLETORES PREDIAIS.....	40

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – PRÉ-DIMENSIONAMENTO BWC .....	53
TABELA 2 – PRÉ-DIMENSIONAMENTO COZINHA .....	53
TABELA 3 – PRÉ-DIMENSIONAMENTO ÁREA DE SERVIÇO.....	53
TABELA 4 – PRÉ-DIMENSIONAMENTO BWC .....	53
TABELA 5 – DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ÁGUA FRIA.....	54

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
1.1 JUSTIFICATIVA .....	17
1.2 OBJETIVOS .....	18
1.2.1 Objetivo geral .....	18
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>19</b>
2.1 DEFINIÇÃO DE BIM.....	19
2.1.1 As dimensões do BIM.....	19
2.1.2 O formato IFC.....	20
2.2 VANTAGENS DO BIM.....	21
2.3 DIFICULDADE DE IMPLANTAÇÃO DO BIM NO BRASIL .....	22
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>23</b>
3.1 PROJETO ARQUITETÔNICO.....	23
3.1.1 Requisitos exigíveis pela legislação municipal .....	24
3.1.2 Condições de acessibilidade .....	25
3.1.3 Condições do corpo de bombeiros .....	25
3.2 PROJETO ESTRUTURAL.....	25
3.2.1 Etapas de elaboração do projeto.....	26
3.2.2 Concepção Inicial .....	27
3.2.3 Lançamento e pré-dimensionamento dos pilares.....	29
3.2.4 Lançamento e pré-dimensionamento das vigas .....	29
3.2.5 Lançamento e pré-dimensionamento das lajes .....	29
3.2.6 Carga de vento .....	30
3.2.7 Ações e cargas verticais atuantes .....	31
3.2.8 Análise estrutural.....	31
3.2.9 Análise dos resultados .....	32
3.3 PROJETO HIDROSSANITÁRIO .....	32
3.3.1 Dimensionamento da tubulação de água fria .....	33
3.3.1.1 Dimensionamento pelo método do máximo consumo provável.....	35
3.3.2 Dimensionamento da tubulação de esgoto .....	38
3.3.2.1 Ramais de descarga.....	39
3.3.2.2 Ramais de esgoto.....	39

3.3.2.3 Coletores Prediais .....	40
3.3.2.4 Caixas de gordura e inspeção .....	40
3.3.2.5 Inclinação da tubulação .....	41
3.4 PROJETO ELÉTRICO.....	41
3.4.1 Posicionamento das tomadas .....	41
3.4.2 Potência das tomadas .....	42
<b>4 METODOLOGIA .....</b>	<b>43</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO .....	43
4.2 PROGRAMAS UTILIZADOS .....	44
4.2.1 Revit 2019 .....	44
4.2.2 Eberick .....	44
4.2.3 Microsoft Excel .....	45
4.3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO ARQUITETÔNICO.....	45
4.4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO ESTRUTURAL.....	46
4.4.1 Parâmetros iniciais de projeto .....	46
4.4.2 Locação e pré-dimensionamento dos pilares .....	46
4.4.3 Lançamento e pré-dimensionamento das vigas .....	47
4.4.4 Pré-dimensionamento das lajes .....	48
4.4.5 Características do vento atuante.....	48
4.4.6 Modelagem no Eberick.....	48
4.5 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO HIDROSSANITÁRIO E ELÉTRICO .....	50
4.5.1 Projeto Hidráulico .....	50
4.5.1.1 Cálculo do volume de reservação.....	50
4.5.1.2 Dimensionamento e modelagem da tubulação de água fria.....	50
4.5.2 Projeto de Esgoto .....	54
4.5.2.1 Dimensionamento da tubulação de esgoto.....	54
4.5.2.2 Modelagem da tubulação de esgoto.....	55
4.5.3 Projeto elétrico .....	56
4.5.3.1 Disposições das tomadas.....	57
4.5.3.2 Modelagem dos eletrodutos .....	57
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>59</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>61</b>
6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	62
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>63</b>

APÊNDICE 1 – PROJETO ARQUITETÔNICO: PLANTAS DO PAVIMENTO TÉRREO, PAVIMENTO SUPERIOR, COBERTURA E CAIMENTO DOS TELHADOS.....	68
APÊNDICE 2 – PROJETO ARQUITETÔNICO: CORTES AA, BB, CC E MODELOS 3D FRONTAL E TRASEIRO.....	69
APÊNDICE 3 – PROJETO ARQUITETÔNICO: ELEVAÇÕES NORTE, SUL, LESTE E OESTE E MODELOS 3D DO TÉRREO E SEGUNDO PAVIMENTO .....	70
APÊNDICE 4 – PROJETO ESTRUTURAL: PLANTA DE LOCAÇÃO DOS PILARES E PLANTA DE CARGAS .....	71
APÊNDICE 5 – PROJETO ESTRUTURAL: PLANTA DE FORMAS DOS PAVIMENTOS TÉRREO, SUPERIOR, COBERTURA E CAIXA D'ÁGUA.....	72
APÊNDICE 6 – PROJETO ESTRUTURAL: CORTES AA, BB E CC.....	73
APÊNDICE 7 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS SAPATAS E PILARES DE ARRANQUE (1/2) .....	74
APÊNDICE 8 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS SAPATAS E PILARES DE ARRANQUE (2/2) .....	75
APÊNDICE 9 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS DE VIGAS BALDRAME (1/2) 76	
APÊNDICE 10 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS DE VIGAS BALDRAME (2/2) E CAIXA D'ÁGUA .....	77
APÊNDICE 11 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS DE VIGAS DO PAVIMENTO SUPERIOR (1/2).....	78
APÊNDICE 12 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS DE VIGAS DO PAVIMENTO SUPERIOR (2/2).....	79
APÊNDICE 13 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS DE VIGAS DA COBERTURA .....	80
APÊNDICE 14 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS DE PILARES DO PAVIMENTO SUPERIOR .....	81
APÊNDICE 15 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS DE PILARES DOS PAVIMENTOS COBERTURA E CAIXA D'ÁGUA .....	82
APÊNDICE 16 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS DE LAJES, POSITIVAS E NEGATIVAS, DO PAVIMENTO SUPERIOR.....	83
APÊNDICE 17 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS DE LAJES, POSITIVAS E NEGATIVAS, DOS PAVIMENTO COBERTURA E CAIXA D'ÁGUA.....	84

<b>APÊNDICE 18 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS DA ESCADA.....</b>	<b>85</b>
<b>APÊNDICE 19 – PROJETO HIDROSSANITÁRIO: PLANTAS DE ÁGUA FRIA DOS PAVIMENTOS TÉRREO, SUPERIOR E COBERTURA.....</b>	<b>86</b>
<b>APÊNDICE 20 – PROJETO HIDROSSANITÁRIO: PLANTAS DE ÁGUA FRIA DOS PAVIMENTOS TÉRREO, SUPERIOR E COBERTURA.....</b>	<b>87</b>
<b>APÊNDICE 20 – PROJETO HIDROSSANITÁRIO: DETALHES, ELEVAÇÕES E ISOMÉTRICAS DOS PONTOS DE CONSUMO DO PAVIMENTO TÉRREO.....</b>	<b>88</b>
<b>APÊNDICE 21 – PROJETO HIDROSSANITÁRIO: DETALHES, ELEVAÇÕES E ISOMÉTRICAS DOS PONTOS DE CONSUMO DO PAVIMENTO SUPERIOR E CAIXA D'ÁGUA.....</b>	<b>89</b>
<b>APÊNDICE 22 – PROJETO HIDROSSANITÁRIO: PLANTAS DE ESGOTO DOS PAVIMENTOS TÉRREO, SUPERIOR E COBERTURA , COM ESQUEMA VERTICAL E ISOMÉTRICA DO SISTEMA COMPLETO.....</b>	<b>90</b>
<b>APÊNDICE 23 – PROJETO HIDROSSANITÁRIO: DETALHES, ELEVAÇÕES E ISOMÉTRICAS DOS BANHEIROS DA RESIDÊNCIA.....</b>	<b>91</b>
<b>APÊNDICE 24 – PROJETO ELÉTRICO: PLANTA DOS PAVIMENTOS TÉRREO E SUPERIOR COM ISOMÉTRICA DE TODO O SISTEMA.....</b>	<b>92</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O conceito BIM (*Building Information Modeling*) pode ser definido como automação do uso da informação, em que, por meio de *softwares* específicos, pode-se montar um modelo tridimensional com objetos dinâmicos que carregam informações individuais (TEKLA, 2018?). Este modelo permite a interoperabilidade entre projetos de diferentes ramos da engenharia para verificação de incongruências que outrora seriam notadas apenas durante a fase de construção.

São diversas as dimensões que podem constituir o BIM, sendo a principal a 3D, pois propicia a verificação de incompatibilidades dos elementos do modelo, as quais outrora seriam notadas apenas em meio ao canteiro de obras. Assim, evita-se a abertura para improvisações e “gambiarras” que futuramente poderiam ser a causa de manifestações patológicas. As demais dimensões permitem se armazenar informações não só da fase de construção, mas também sobre a vida útil do modelo. É possível adicionar aos elementos do modelo informações relacionadas ao cronograma da construção, ou ainda, o valor monetário desses elementos. Dessa forma, pode-se elaborar uma sequência construtiva no modelo, em que as fases da construção podem ser visualizadas junto ao valor gasto até determinada fase, facilitando muito mais o controle executivo e orçamentário da obra. Outra possibilidade propiciada pelo conceito BIM é a atualização do modelo mesmo após a finalização da construção, evitando assim incompatibilidades para o caso de reformas ou facilitando a busca por informações de elementos que necessitam de manutenção (HAMED, 2015).

Ademais, a modelagem tridimensional constituída por informações pode garantir maior atratividade do projeto ao cliente já que os modelos que podem ser visualizados por meio da realidade virtual ou pode-se ilustrar o desenvolvimento da obra em vídeo junto aos custos derivados dela.

É de suma importância o desenvolvimento da formação com o conceito BIM para o profissional presente no mercado da construção civil, já que é um conceito cuja implementação se encontra num futuro próximo. No dia 17 de maio de 2018 foi decretado pelo governo federal por meio do decreto Nº 9.377 a exigência do uso da plataforma BIM em obras públicas, visando incentivar a instauração da metodologia (BRASIL, 2018). Com isso, a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial

(ABDI) estima um aumento de 10% na produtividade do setor de construção civil, e uma redução de custos que pode chegar a 20%.

Logo, propondo acompanhar o desenvolvimento do mercado em relação à plataforma BIM e visando aplicar os conceitos e habilidades aprendidos em meio a graduação, este trabalho tem por objetivo modelar um sobrado de 2 pavimentos aplicando conceitos atrelados ao BIM. Com isso, foram executados os projetos arquitetônico, hidrossanitário, elétrico e estrutural empregando-se as ferramentas computacionais: Revit, Excel e Eberick. Para a interoperabilidade entre os programas, foi-se utilizado o formato IFC quando necessário. Dessa maneira, buscou-se desenvolver e construir o conhecimento técnico através dos projetos e também destacar as vantagens do uso do BIM, aplicando as características de interoperabilidade, e, com isso, reduzindo os problemas de compatibilidade e facilitando modificações nos projetos.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Neste trabalho tem-se a intenção de desenvolver de forma prática os conhecimentos adquiridos durante o curso de engenharia civil, garantindo uma inserção mais segura no mercado de trabalho. Logo, para benefício profissional e pessoal, objetivou-se projetar um sobrado de dois pavimentos utilizando o conceito de interoperabilidade entre plataformas permitido pelo BIM.

É importante a busca por métodos mais inovadores de projeção de forma a acompanhar o desenvolvimento tecnológico do mercado. O uso de novas tecnologias permite maior controle de qualidade e de segurança, fatores esses de grande importância no mercado da construção civil. O profissional que faz uso dessas inovações garante o pioneirismo na exploração dos novos ramos do mercado que demandam por maior controle de qualidade. É nesse ponto que o conceito BIM ganha destaque: a interoperabilidade entre diferentes plataformas de projetos assegura que erros são identificados com muita facilidade e permite essa correção de forma rápida e econômica.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Projetar um sobrado de 2 pavimentos localizado no município de Chapada dos Guimarães - MT aplicando o conceito de interoperabilidade entre os projetos em BIM.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Desenvolver os projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico de um sobrado de 2 pavimentos;
- Aplicar conceitos BIM na confecção dos projetos com auxílio de *softwares* de engenharia com intuito de demonstrar as facilidades ofertadas pelos mesmos.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 DEFINIÇÃO DE BIM

Segundo Eastman *et. al.* (2014) o termo BIM foi criado para distinguir a nova geração de tecnologia de informação em relação ao CAD (Computer-Aided Design), o qual foca apenas em desenvolver um método computadorizado de desenho. Diferentemente do CAD, BIM é um processo de geração de um modelo formado por informações que podem ser intercambiadas e adaptadas de forma prática e rápida.

Além disso, o Nacional Institute of Building Sciences define BIM como uma representação computadorizada de todas características físicas funcionais de uma estrutura, além de seus projetos relacionados e o ciclo de vida de seus componentes (ASHCRAFT, 2008).

Logo, pode-se dizer que BIM não é apenas a representação de um modelo 3D, mas a adição desse modelo com as informações dos componentes pertencentes a este junto à possibilidade de intercâmbio dessas informações.

#### 2.1.1 As dimensões do BIM

As dimensões do BIM são classificadas de acordo com o tipo de informação inserida no modelo. O BIM 3D é o mais básico, sendo esse caracterizado pela modelagem de objetos em um ambiente tridimensional em que cada objeto reflete um volume no espaço, o qual não pode ser sobreposto por outro. Cada uma das dimensões seguintes trabalha com um tipo de informação diferente que pode ser incorporada ao modelo, sendo que estas não estão necessariamente relacionadas entre si ou com uma representação física.

O BIM 4D é responsável pela inserção da informação relacionada ao tempo no modelo. Com esse dado, pode-se planejar a ordem de inserção dos componentes do modelo atrelado a um cronograma de projeto. Dessa forma, é possível acompanhar o andamento físico da obra e compara-lo ao modelo, permitindo o maior controle sobre atrasos e reprogramações (CAVALCANTI, 2016).

O BIM 5D introduz a orçamentação dos elementos do modelo, garantindo maior controle sobre o planejamento de custos. Cada elemento passa a caracterizar um valor monetário e, dessa forma, quaisquer alterações no modelo

consequentemente alteram o gasto relacionado à construção. Essa dimensão normalmente é usada junto ao BIM 4D com o propósito de se obter o gasto com a obra com o decorrer do cronograma de planejamento (ANDERLE, 2017).

Também denominado como *Green BIM*, o BIM 6D auxilia na análise da eficiência energética da edificação, assim como no consumo de energia e na pegada de carbono. Esse estudo permite verificar o quão sustentável é o edifício além de contribuir para as certificações existente com os selos de construção sustentável (MUNCH, 2016).

O BIM 7D está relacionada não só com a concepção do edifício, mas com todo o seu ciclo de vida. Esta é usada de forma a permitir o rastreamento de dados ativos relevantes sobre componentes da edificação, como modelo, especificação, dados de garantia, histórico de manutenção, manual de uso, entre outros. Dessa forma, o BIM 7D torna muito mais rápido a fácil a substituição de peças, otimizando a gestão de informações relevantes ao componente durante todo o período de uso do edifício (HAMED, 2015).

### 2.1.2 O formato IFC

Para a aplicação do BIM, é usado o formato de arquivo nomeado como IFC (*Industry Foundation Classes*), cuja finalidade é permitir a transferência de modelos compostos por informação sem distorção ou perda de dados (BIBLUS, 2017). Esse formato de arquivo é aberto e neutro, ou seja, não é controlado por fornecedores individuais, permitindo assim a interoperabilidade entre *softwares* de desenvolvedoras diferentes.

A organização internacional buildingSMART, criadora do formato, define o formato IFC como uma ferramenta de implementação do pensamento de Open BIM, conceito representado por uma abordagem de colaboração universal e multidisciplinar para desenho e construção de edifícios baseado em fluxos abertos de trabalho. Os elementos modelados são caracterizados como componentes associados a diversas grandezas como forma, custo, posição, dentre outros.

## 2.2 VANTAGENS DO BIM

Um projeto modelado em BIM contém mais dados do que um projeto simplesmente desenhado, visto que seus componentes carregam informações ao serem inseridos ao modelo. Isso é vantajoso pois o modelo contém uma base de dados onde as características dos componentes são aglomeradas, a qual permite realizar processos instantaneamente como o levantamento de quantitativos. Além disso, é possível alterar esse quantitativo de forma automática (GHOLIZADEH et al., 2017).

Uma das principais ferramentas proporcionadas pelo BIM é a detecção de sobreposição de elementos. Como cada componente representa não só um desenho, mas um volume no espaço, é possível detectar em que pontos do projeto existem incongruências de posições. Outrora esse problema seria apenas notado em meio à execução do projeto, confiando para a resolução da incongruência a criatividade do responsável pela obra, o que por corolário aumentava o desperdício de materiais e atrasava o cronograma da obra (LIMA, 2019).

O conceito BIM também inclui a facilidade de compartilhamento de dados. É possível fazer *upload* do modelo para a nuvem e compartilhar uma chave de acesso com os profissionais envolvidos com o projeto. Dessa maneira tem-se a garantia de que o arquivo utilizado pelos profissionais de outras inteligências da construção civil é único e de fácil acesso, limitando assim erros de compatibilização e reduzindo o tempo gasto com o envio incessante de novas revisões. Outrossim, essa possibilidade apresenta grande vantagem para o cliente, uma vez que o modelo na nuvem pode ser acessado pelo mesmo, oportunizando o acompanhamento do desenvolvimento do projeto (DESIGN, 2015).

Outra vantagem é a crescente quantia de ferramentas que permitem simular diferentes situações sobre o modelo, como a incidência da luz do sol sobre o modelo em diferentes horas do dia e em diferentes estações do ano. Assim pode-se adquirir o desempenho energético do modelo para diversas circunstâncias e, com esses dados, consegue-se estudar melhores soluções para se adquirir o melhor desempenho energético (HAMED, 2015).

### 2.3 DIFICULDADE DE IMPLANTAÇÃO DO BIM NO BRASIL

A adoção do BIM é dividida em estágios, sendo o primeiro o qual usa-se o BIM meramente como disciplina de projeto. Assim, por meio de *softwares* como Revit ou AchiCAD obtém-se desenhos parametrizados, pelos quais podem-se extrair quantitativos e relatórios correspondentes. O segundo estágio conta com o uso multidisciplinar do modelo, permitindo a colaboração e comunicação entre, por exemplo, arquitetos e calculistas. Dessa forma, são verificadas as interferências entre as diferentes disciplinas integradas no projeto para que sejam corrigidas ainda em fase de projeto. É nesse estágio que o Brasil se encontra (SUCCAR, 2009 *apud* SANTOS, 2019).

Dentre os maiores entraves para a implantação do BIM tem-se a dificuldade de adaptação dos profissionais já consolidados do mercado. A familiaridade com o uso de *softwares* CAD juntamente com a interface aparentemente mais complicada dos *softwares* BIM gera aversão à transição (FEITOSA, 2019). O desafio é unir a experiência desses profissionais com as inovações permitidas pelo BIM, buscando melhoras na produtividade da empresa (EASTMAN et al, 2011. *apud* FEITOSA, 2019).

Outro problema existente é o baixo investimento em tecnologia e informação na indústria da construção civil. Em média, as indústrias gastam cerca de 3,3% do faturamento em novas tecnologias, podendo chegar a 15% como na indústria farmacêutica. Contudo a indústria da construção investe apenas aproximadamente 1,1% (RICOTTA, 2018).

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 PROJETO ARQUITETÔNICO

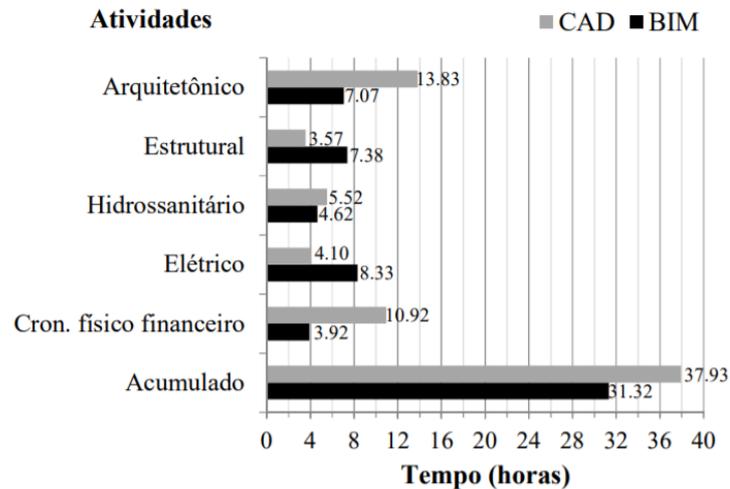
É importante durante a concepção do projeto arquitetônico a verificação de possíveis incompatibilidades com os demais projetos complementares. Dessa forma pode-se evitar interferências espaciais entre dois ou mais projetos (MALDONADO, 2018).

A exemplo disso, pode-se citar a compatibilização entre os projetos arquitetônico, estrutural e hidráulico em áreas úmidas: a locação dos pilares pelo projeto estrutural pode influenciar na tubulação de água fria de um banheiro, visto que essa pode ser embutida em alvenaria convencional, mas não pode atravessar elementos estruturais sem planejamento prévio. Ademais, pelo fato de a tubulação estar embutida na alvenaria, é importante que ela seja detalhada junto ao projeto arquitetônico para evitar a passagem de tubulação por aberturas provenientes de esquadrias, pois isso acarretaria no impacto estético da obra.

Por essa razão a modelagem em BIM tem ganhado cada vez mais destaque no mercado de trabalho da engenharia civil. Os projetos seriam modelados em uma plataforma em comum, facilitando assim a visualização e o posicionamento dos elementos de cada projeto (DESIGN, 2015). Além do mais, para casos de obras que necessitam de mais de um projetista, as desenvolvedoras dos *softwares* de modelagem normalmente oferecem uma plataforma de troca de informações compatível com o formato IFC, tornando a comunicação entre diferentes projetistas de forma rápida e fácil.

Outrossim, o *software* aponta eventuais falhas de sobreposição, as quais seriam resolvidas em todos os aspectos do projeto de forma rápida e pouco onerosa. Um estudo de caso realizado por Nunes e Leão (2018) revela a vantagem de tempo que o uso da plataforma BIM apresenta sobre métodos de desenho de projeto convencionais, mostrado no GRÁFICO 1.

GRÁFICO 1 – TEMPO PARA REALIZAÇÃO DO PROJETO COM MODIFICAÇÕES



FONTE: NUNES, LEÃO (2018).

### 3.1.1 Requisitos exigíveis pela legislação municipal

Será usado como documento base para aprovação de projetos arquitetônicos no município de Chapada dos Guimarães - MT o “Manual para Aprovação de Projetos” da capital Cuiabá – MT, visto que foram encontradas dificuldades para encontrar um documento montando pela própria prefeitura de Chapada dos Guimarães que redigisse os requisitos de aprovação de projetos arquitetônicos.

O “Manual para Aprovação de Projetos” foi publicado pela Prefeitura de Cuiabá em agosto de 2014 e nesse constam orientações sobre os procedimentos necessários para realizar a aprovação de um projeto arquitetônico no município.

O documento é composto por vários tópicos, detalhando o processo de aprovação de diversos tipos de edifícios. O tópico específico que será usado para o fim deste trabalho é o “APROVAÇÃO DE PROJETOS COM ALVARÁ – EDIFICAÇÕES EM GERAL”. O tópico detalha os documentos necessários para que a prefeitura possa realizar a análise e conceder a aprovação. Dentre os documentos exigidos estão o requerimento de aprovação, as ART's do projeto e a certidão negativa do proprietário.

Além disso é necessário detalhar na planta de implantação como será feito o lançamento de esgoto na rede pública ou indicar o local do sistema de tratamento.

### 3.1.2 Condições de acessibilidade

O artigo 2 do Decreto-lei 5296 de 2 de dezembro de 2004 (também conhecida como lei da acessibilidade) indica que projetos de natureza arquitetônica para uso coletivo ou público exigem adequações de acessibilidade como requisito para aprovação.

### 3.1.3 Condições do corpo de bombeiros

O Corpo de Bombeiros do estado de Mato Grosso possui uma lista de exigências que as edificações do estado devem cumprir para garantir a segurança do estabelecimento. As exigências são detalhadas na Lei de Segurança Contra Incêndio e Pânico (LSCIP) do estado de Mato Grosso.

Todavia, o parágrafo 1 do item IV do artigo 4 exclui residências exclusivamente unifamiliares das exigências estabelecidas.

## 3.2 PROJETO ESTRUTURAL

A NBR 6118 (ABNT, 2014) estabelece requisitos sobre projetos estruturais que devem ser respeitados para garantir não só a segurança da estrutura, mas também sua funcionalidade. O estado-limite relacionado ao colapso da estrutura é caracterizado como Estado Limite Último (ELU) e a ocorrência do alcance desse estado pela estrutura implica na paralização imediata de seu funcionamento. Já o caso do estado-limite pertinente à formação de fissuras ou outras características que comprometem a funcionalidade e a vida útil da estrutura, porém que não acarretam em seu colapso, é qualificado como Estado Limite de Serviço (ELS).

Dito isso, é notável a importância da NBR 6118 (ABNT, 2014) para a elaboração de projetos estruturais. Entretanto, há outras normas que estabelecem características pertinentes ao dimensionamento da estrutura:

- NBR 6120 (ABNT, 1980): Carregamento e pesos específicos dos materiais;
- NBR 6123 (ABNT, 1988): Influência do vento sobre a estrutura;

NBR 14931 (ABNT, 2004): Características de execução das estruturas de concreto;

- NBR 8681 (ABNT, 2003): Ações e combinações de esforços sobre estruturas.

### 3.2.1 Etapas de elaboração do projeto

O primeiro passo para confecção de um projeto estrutural consiste da disposição dos elementos como pilares, vigas e lajes. Opta-se por locá-los de forma estratégica com o intuito de se influenciar minimamente no projeto arquitetônico, uma vez que muitas alterações no projeto arquitetônico podem resultar em atrasos no cronograma do projeto. É importante ressaltar a importância da “sensibilidade estrutural” do projetista, dado que a locação dos elementos influencia diretamente no consumo de materiais e, conseqüentemente, no valor da obra (KIMURA, 2018).

Feita a disposição, é realizado um pré-dimensionamento dos elementos, obtendo-se suas dimensões iniciais. Sucede-se então a análise estrutural, na qual são determinados os carregamentos e analisados os esforços internos e deformações. Para isto, a estrutura real é simplificada à um modelo com o intuito de permitir os cálculos para realização das análises. Contudo, existem diversos modelos para realização dos cálculos e a escolha do mais adequado é feita pelo engenheiro de estruturas (KIMURA, 2018).

Enfim, é realizado o dimensionamento, em que é verificada a necessidade do aumento da seção obtida no pré-dimensionamento e o cálculo da armadura necessária para os elementos do projeto. O resultado é detalhado na forma de desenho técnico com a posição, seção e armação de todos os elementos (KIMURA *apud* LIMA, 2018).

No contexto social contemporâneo é impraticável o dimensionamento de uma estrutura sem o uso de *softwares*, dado a exacerbada quantidade de cálculos necessários para cada elemento. Todavia, é importante salientar o papel do engenheiro nesses casos, pois o *software* serve apenas como ferramenta de serviço, necessitando de um operário qualificado para operá-la. O julgamento sobre os resultados obtidos provenientes dos conhecimentos e da experiência do profissional determinará se o projeto modelado é passível de alterações ou não (KIMURA, 2018 *apud* LIMA, 2018).

### 3.2.2 Concepção Inicial

É de suma importância o conhecimento do escopo do projeto para a elaboração do detalhamento estrutural uma vez que a locação da obra influencia diretamente nas características dos materiais a serem usados, assim como no detalhamento dos elementos. A classificação da agressividade do ambiente varia de acordo com a concentração de contaminantes no ar causadores da carbonatação do concreto e com a probabilidade da infiltração de elementos químicos que podem causar a despassivação da armadura (FREITAS JR, 2016). O QUADRO 1 a seguir define as classes de agressividade.

QUADRO 1 – CLASSE DE AGRESSIVIDADE AMBIENTAL

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fraca	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana <sup>a, b</sup>	Pequeno
III	Forte	Marinha <sup>a</sup>	Grande
		Industrial <sup>a, b</sup>	
IV	Muito forte	Industrial <sup>a, c</sup>	Elevado
		Respingos de maré	

<sup>a</sup> Pode-se admitir um microclima com uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) para ambientes internos secos (salas, dormitórios, banheiros, cozinhas e áreas de serviço de apartamentos residenciais e conjuntos comerciais ou ambientes com concreto revestido com argamassa e pintura).

<sup>b</sup> Pode-se admitir uma classe de agressividade mais branda (uma classe acima) em obras em regiões de clima seco, com umidade média relativa do ar menor ou igual a 65 %, partes da estrutura protegidas de chuva em ambientes predominantemente secos ou regiões onde raramente chove.

<sup>c</sup> Ambientes quimicamente agressivos, tanques industriais, galvanoplastia, branqueamento em indústrias de celulose e papel, armazéns de fertilizantes, indústrias químicas.

FONTE: NBR 6118 (2014).

A relação água/cimento e a classe do concreto estão diretamente relacionados à porosidade do concreto, uma vez que, quanto menor a relação água/cimento e maior a classe do concreto, menos poroso o concreto será. Conseqüentemente, mais difícil será a infiltração de agentes patológicos (FREITAS JR, 2016). O QUADRO 2 especifica a relação água/cimento e a classe de resistência do concreto de acordo com a classe de agressividade do ambiente.

QUADRO 2– RELAÇÃO ÁGUA/CIMENTO E CLASSE DE RESISTÊNCIA DO CONCRETO

Concreto <sup>a</sup>	Tipo <sup>b, c</sup>	Classe de agressividade (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV
Relação água/cimento em massa	CA	≤ 0,65	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,45
	CP	≤ 0,60	≤ 0,55	≤ 0,50	≤ 0,45
Classe de concreto (ABNT NBR 8953)	CA	≥ C20	≥ C25	≥ C30	≥ C40
	CP	≥ C25	≥ C30	≥ C35	≥ C40

<sup>a</sup> O concreto empregado na execução das estruturas deve cumprir com os requisitos estabelecidos na ABNT NBR 12655.  
<sup>b</sup> CA corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto armado.  
<sup>c</sup> CP corresponde a componentes e elementos estruturais de concreto protendido.

FONTE: NBR 6118 (2014).

O cobrimento nominal dos elementos da estrutura influencia na dificuldade da penetração de agentes patológicos, dado que quanto maior o cobrimento, mais distante da superfície do elemento a armadura se encontra (FREITAS JR, 2016). O QUADRO 3 designa os cobrimentos mínimos para cada elemento dada a classe de agressividade do ambiente:

QUADRO 3 – COBRIMENTO NOMINAL

Tipo de estrutura	Componente elemento ou	Classe de agressividade ambiental (Tabela 6.1)			
		I	II	III	IV <sup>c</sup>
		<b>Cobrimento nominal mm</b>			
Concreto armado	Laje <sup>a</sup>	20	25	35	45
	Viga/pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo <sup>d</sup>	30		40	50
Concreto protendido <sup>a</sup>	Laje	25	30	40	50
	Viga/pilar	30	35	45	55

<sup>a</sup> Cobrimento nominal da bainha ou dos fios, cabos e cordoalhas. O cobrimento da armadura passiva deve respeitar os cobrimentos para concreto armado.  
<sup>b</sup> Para a face superior de lajes e vigas que serão revestidas com argamassa de contrapiso, com revestimentos finais secos tipo carpete e madeira, com argamassa de revestimento e acabamento, como pisos de elevado desempenho, pisos cerâmicos, pisos asfálticos e outros, as exigências desta Tabela podem ser substituídas pelas de 7.4.7.5, respeitado um cobrimento nominal > 15 mm.  
<sup>c</sup> Nas superfícies expostas a ambientes agressivos, como reservatórios, estações de tratamento de água e esgoto, condutos de esgoto, canaletas de efluentes e outras obras em ambientes química e intensamente agressivos, devem ser atendidos os cobrimentos da classe de agressividade IV.  
<sup>d</sup> No trecho dos pilares em contato com o solo junto aos elementos de fundação, a armadura deve ter cobrimento nominal > 45 mm.

FONTE: NBR 6118 (2014).

Dessa maneira, pode-se garantir que os estados limites delimitados por norma não serão atingidos devido ao ambiente de exposição da estrutura.

### 3.2.3 Lançamento e pré-dimensionamento dos pilares

A locação dos pilares da estrutura deve seguir algumas premissas básicas para garantir o melhor funcionamento da estrutura como um todo. Pilares devem ser colocados em duas direções para garantir a estabilidade global da estrutura à esforços horizontais pela formação de pórticos planos. Além disso esses devem ter um espaçamento mínimo e não muito variável para não prejudicar a execução de fundações e evitar a ocorrência de vigas hiperestáticas nos casos de vãos muito pequenos (SCHEMIKO e QUEIROZ, 2017 *apud* LIMA, 2018).

O pré-dimensionamento dos pilares foi realizado de forma intuitiva, usando como base a área mínima de 360 cm<sup>2</sup> exigidas pela NBR 6118 (ABNT, 2014) e tamanhos usuais para construções de pequeno porte. A partir do uso do *software*, os resultados do dimensionamento são estudados para verificar se os pilares precisam ter uma dimensão maior ou podem ser diminuídos, reduzindo o consumo de material.

### 3.2.4 Lançamento e pré-dimensionamento das vigas

Seguindo a mesma premissa dos pilares, as vigas devem ser dispostas de forma a garantir a formação de pórticos sempre que possível. Além disso, com o intuito de tornar mais fácil o dimensionamento, detalhamento e principalmente execução, há preferência pela disposição de vigas paralelas e perpendiculares umas às outras (YAMAMOTO, 2018).

Em relação à seção transversal da viga, é indicado que a largura seja menor que a espessura da parede por questões estéticas. Entretanto a NBR 6118 (ABNT, 2014) determina que essa largura não seja menor que 12 cm. Já para a altura é adotado o valor correspondente a 10% do comprimento do maior trecho da viga. Assim como nos pilares, após análise e dimensionamento pelo *software*, é estudado a possibilidade de redução ou a necessidade de aumento dessa dimensão.

### 3.2.5 Lançamento e pré-dimensionamento das lajes

É determinado pela NBR 6118 (ABNT, 2014) a espessura mínima para lajes maciças da seguinte forma:

- Laje de cobertura: 7 cm;
- Laje de piso: 8 cm;
- Laje em balanço: 10 cm.

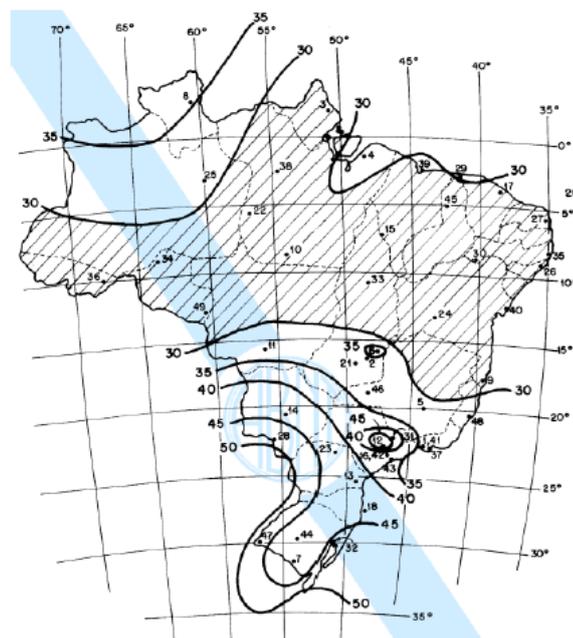
Logo, as lajes de cobertura, piso e em balanço presentes na estrutura possuem as dimensões mínimas delimitadas por norma e então, após análise pelo software, estuda-se a necessidade do aumento da dimensão.

### 3.2.6 Carga de vento

A carga de vento que atua sobre a estrutura é determinada segundo a NBR 6123 (ABNT, 1988). Nessa são detalhados as fórmulas e os parâmetros necessários para calcular a carga de vento atuante sobre a estrutura. Para o uso de softwares de dimensionamento estrutural são necessários apenas a entrada de alguns desses parâmetros, os quais estão relacionados à localização da edificação. Esses são: velocidade básica do vento, S1, S2 e S3, que serão melhor apresentados a seguir.

A velocidade básica do vento corresponde à intensidade do vento que pode ser superada uma vez a cada cinquenta anos e é determinada pelo mapa das isopletas apresentado na NBR 6123 pela FIGURA 1.

FIGURA 1 – ISOPLETAS DE VELOCIDADE BÁSICA DO VENTO



FONTE: NBR 6123 (2014).

A variável S1 é correspondente à topografia do local, em que para terrenos planos ou pouco acidentados esse possui o valor de 1,0.

Já o valor de S2 varia de acordo com as dimensões da edificação em questão, além da rugosidade do terreno e características das dimensões vizinhas. Tais variáveis classificam S2 entre 5 categorias de rugosidade, sendo a primeira para terrenos com poucos obstáculos e a última para locais com muitos. Ademais, também se classifica S2 em relação às dimensões, sendo essa divisão entre 3 categorias. Dessas, a primeira engloba edificações cuja maior dimensão, horizontal ou vertical, seja menor que 20 m, enquanto a segunda abrange aquelas cuja maior dimensão esteja entre 20 m e 50 m e a última compreende as que não entrarem na classificação das duas primeiras.

Por fim, o parâmetro S3 varia entre 0,83 e 1,10 de acordo com o uso da edificação.

### 3.2.7 Ações e cargas verticais atuantes

O *software* de dimensionamento Eberick considera automaticamente o peso próprio dos elementos estruturais para realização do dimensionamento. Entretanto, é necessário especificar no *software* sobre quais vigas e em quais posições das lajes haverá paredes para que sua carga adicional seja contemplada no dimensionamento. As demais cargas acidentais como, a proveniente do peso da caixa d'água, também devem ser adicionadas manualmente ao *software*.

### 3.2.8 Análise estrutural

Após a locação dos elementos e a definição dos materiais e dos esforços atuantes, deve ser realizada a análise estrutural. Esta avalia o comportamento da estrutura de acordo com as variáveis inseridas no projeto, calculando reações e deslocamentos. Com esse resultado, avalia-se a necessidade da armadura para cada trecho calculado e a necessidade de alterar o tamanho da seção de algum elemento do pré-dimensionamento. (KIMURA, 2018 *apud* LIMA, 2018)

### 3.2.9 Análise dos resultados

Essa é uma das principais etapas que o engenheiro aplica seu papel como profissional. A facilidade proveniente do uso de *softwares* é passível de erros de modelagem estrutural, podendo apresentar resultados diferentes dos esperados após a conclusão da análise. Cabe então ao engenheiro avaliar se tais resultados são condizentes com a realidade e, se não, corrigi-los (KIMURA, 2018).

Dessa forma, após validação dos valores obtidos, alguns *softwares* permitem a visualização de alguns resultados como deformações, momentos fletores e cortantes de maneira global na estrutura, facilitando a possibilidade de otimização da disposição dos elementos. Assim, pode-se obter uma estrutura segura e com menor custo (KIMURA, 2018).

## 3.3 PROJETO HIDROSSANITÁRIO

Um dos elementos mais importantes do projeto hidrossanitário é o reservatório, visto que seu volume influencia não apenas no arquitetônico, mas também no estrutural. Isso advém do seu volume expressivo e carga considerável, fatores de suma importância a serem ponderados durante a confecção dos projetos arquitetônico e estrutural (LIMA, 2018). Além disso, a tubulação também possui influência sobre ambos os projetos, pois o tamanho dos tubos principais pode delimitar a espessura das paredes ou a necessidade de *shafts* no arquitetônico e a localização de furos em lajes e vigas no estrutural.

Com o uso do BIM, a relação interdisciplinar fica mais rápida e menos passiva de erros, já que é possível integrar os 3 projetos em um modelo só, verificando a compatibilidade dos elementos específicos de cada um. Outrossim, o trabalho conjunto dos modelos também permite a otimização da disciplina hidráulica, em que se otimiza o posicionamento da tubulação de forma a evitar furos em vigas e a alta concentração de tubulações em um forro, provocando seu rebaixamento.

Para cálculo do volume de reservação, a NBR 5626 (ABNT, 1998) especifica que para residências deve-se considerar 2 habitantes para cada quarto social e 1 habitante para cada quarto de serviço. Obtendo-se o número de habitantes, multiplica-se esse valor pelo consumo diário unitário estabelecido pelo QUADRO 4.

QUADRO 4 – CONSUMO DIÁRIO UNITÁRIO

Prédio	CD (l)	
Alojamentos provisórios	80	per capita
Casa populares ou rurais	120	per capita
Residências	150	per capita
Apartamentos	200	per capita
Hotéis sem cozinha e sem lavanderia	120	por hóspede
Hospitais	250	por leito
Escolas - internatos	150	per capita
Escolas - externatos	50	per capita
Escolas - semi-internatos	100	per capita
Oficinas de costura	50	per capita
Orfanatos, asilos, berçários	150	per capita
Quartéis	150	per capita
Edifícios públicos ou comerciais	50	per capita
Escritórios	50	per capita
Cinemas e teatros	2	por lugar
Templos	2	por lugar
Restaurantes e similares	25	por refeição
Garagens	50	por automóvel
Lavanderias	30	por kg de roupa seca
Mercados	5	seca
Matadouros - animais de grande porte	300	por m <sup>2</sup> de área
Matadouros - animais de pequeno porte	150	por cabeça abatida
	70	por cabeça abatida
Fábricas em geral - uso pessoal	150	por operário
Postos de serviço para automóvel	100	por veículo
Cavalações	1,5	por cavalo
Jardins	25	por m <sup>2</sup>
Ambulatórios	50	per capita
Creches		per capita

FONTE: Creder (1995).

### 3.3.1 Dimensionamento da tubulação de água fria

É importante destacar que o processo de dimensionamento deve ser reconhecido no meio técnico. Para determinação do diâmetro das tubulações de água fria, a NBR 5626 (1998) delimita alguns requisitos a serem atendidos, como o limite máximo para a velocidade de escoamento de 3,0 m/s, a pressão estática máxima de 40,0 m.c.a e a pressão dinâmica mínima de 1,0 m.c.a.

Também é exigido a instalação de um ramo de ventilação em cada ponto de abastecimento proveniente do reservatório a fim de evitar problemas relacionados a refluxos em instalações indiretas. A conexão deve ser feita em um ponto após a passagem da água pelo primeiro registro de saída do reservatório.

As ligações dos tubos com o reservatório devem conter adaptadores do tipo “flange” para que se garanta estanqueidade (NBR 5626, 1998).

A delimitação da velocidade máxima de 3 m/s para o escoamento tem o propósito de evitar ruídos e a ocorrência de “golpe de ariete”, que consiste no retorno do fluxo causado pela interrupção da corrente de água, por exemplo, no fechamento de uma torneira (KNAPIK *apud* LIMA, 2018). O cálculo da velocidade de escoamento pode ser realizado através da EQUAÇÃO 1:

$$v = 4 * 10^3 Q \pi^{-1} d^{-2} \quad (1)$$

Onde:

- v – Velocidade (m/s);
- Q – Vazão estimada (l/s);
- d – Diâmetro interno da tubulação (mm).

Pode haver a necessidade de a tubulação atravessar elementos estruturais, como lajes e vigas. Nesse caso, deve-se verificar a possibilidade da realização do furo, assim como realizar as devidas adequações (NBR 5626, 1998).

Segundo Macintyre *apud* Lima (2018), o extravasor do reservatório não deve ser menor que 25mm.

Há redução da energia do fluxo no decorrer da circulação, sendo essa redução chamada de perda de carga. Esta é diretamente conexa ao comprimento, diâmetro, rugosidade e vazão da tubulação. A NBR 5626 (ABNT, 1998) recomenda o uso da equação de *Fair-Whipple Hsiao*, EQUAÇÃO 2, para os casos em que não se tem a rugosidade dos tubos.

$$J = 8,69 * 10^5 Q^{1,75} d^{-4,75} \quad (2)$$

Onde:

- J – Perda de carga unitária (m.c.a./m);
- Q – Vazão na seção (l/s);
- d – Diâmetro da tubulação (mm).

Além da perda de carga decorrente da circulação da água pelo comprimento da tubulação, há também perdas nas conexões. Essas perdas devem ser expressas em comprimentos equivalentes (NBR 5626, 1998). A norma fornece um quadro com

valores dos comprimentos equivalentes para algumas conexões, porém Macintyre (2017) compila valores para uma quantidade mais variada de peças hidráulicas, indicadas no QUADRO 5:

QUADRO 5 – COMPRIMENTOS EQUIVALENTES DE PEÇAS HIDRÁULICAS

Diâmetro nominal		Joelho 90°	Joelho 45°	Curva 90°	Curva 45°	Tê 90° Passagem direta	Tê 60° Saída de lado	Tê 90° Saída bilateral	Entrada normal	Entrada de borda	Saída de canaliz.	Válvula de pé e orivo	Válvula retenção		Registro globo aberto	Registro gaveta aberto	Registro ângulo aberto
DN (mm)	Ref. (pol.)												Tipo leve	Tipo pesado			
15	(1/2)	1,1	0,4	0,4	0,2	0,7	2,3	2,3	0,3	0,9	0,8	8,1	2,5	3,6	11,1	0,1	5,6
20	(3/4)	1,2	0,5	0,5	0,3	0,8	2,4	2,4	0,4	1,0	0,9	9,5	2,7	4,1	11,4	0,2	6,1
25	(1)	1,5	0,7	0,6	0,4	0,9	3,1	3,1	0,5	1,2	1,3	13,3	3,8	5,8	15,0	0,3	8,4
32	(1 1/4)	2,0	1,0	0,7	0,5	1,5	4,6	4,6	0,8	1,8	1,4	15,5	4,9	7,4	22,0	0,4	10,5
40	(1 1/2)	3,2	1,3	1,2	0,6	2,2	7,3	7,3	1,0	2,3	3,2	18,3	6,8	9,1	35,8	0,7	17,0
50	(2)	3,4	1,5	1,3	0,7	2,3	7,6	7,6	1,5	2,8	3,3	23,7	7,1	10,8	37,9	0,8	18,5
60	(2 1/2)	3,7	1,7	1,4	0,8	2,4	7,8	7,8	1,5	3,3	3,5	25,0	8,2	12,5	38,0	0,9	19,0
75	(3)	3,9	1,8	1,5	0,9	2,5	8,0	8,0	2,0	3,7	3,7	26,8	9,3	14,5	40,0	0,9	20,0
100	(4)	4,3	1,9	1,6	1,0	2,6	8,3	8,3	2,2	4,0	3,9	28,6	10,4	13,0	42,3	1,0	22,1
125	(5)	4,8	2,4	1,9	1,1	3,3	10,0	10,0	2,5	5,0	4,6	37,4	12,5	13,2	50,6	1,1	26,2
150	(6)	5,4	2,6	2,1	1,2	3,8	11,1	11,1	2,3	5,6	5,5	43,4	13,9	21,4	56,7	1,2	28,9

FONTE: Macintyre (2017).

### 3.3.1.1 Dimensionamento pelo método do máximo consumo provável

Existem dois métodos de dimensionamento usados no meio profissional: o método do máximo consumo possível e o método do máximo consumo provável.

O primeiro consiste no dimensionamento da tubulação considerando a ocorrência do uso simultâneo de todas as peças sanitárias presentes no sistema, sendo assim mais adequado para ambientes com picos frequentes de utilização por um grande número de pessoas como escolas, quartéis e estabelecimentos industriais. Por essa razão, esse critério acaba sendo menos econômico pois considera maiores diâmetros de tubulação (GUETTER, 2018).

O segundo considera que as peças hidráulicas do sistema nunca atingirão 100% de uso simultâneo, tornando-se o mais adequado para edifícios residenciais e comerciais e mais econômico por considerar diâmetros menores para a tubulação (GUETTER, 2018).

Para realização do dimensionamento pelo método do máximo consumo provável, segundo Guetter (2018), primeiramente deve ser feito o dimensionamento pelos trechos finais da tubulação, isto é, a partir dos pontos de consumo, para então se calcular os trechos finais, sendo esses os pontos que se conectam à caixa

d'água. Isso é necessário visto que cada ponto de consumo possui um "peso", o qual corresponde à demanda de vazão e à possibilidade do uso conjunto com outros aparelhos sanitários. A NBR 5626 (1998) fornece por meio do QUADRO 6 o valor desses pesos e das vazões para cada ponto de consumo hidráulico:

QUADRO 6 – VAZÃO E PESO DE APARELHOS SANITÁRIOS

Aparelho sanitário		Peça de utilização	Vazão de projeto L/s	Peso relativo
Bacia sanitária		Caixa de descarga	0,15	0,3
		Válvula de descarga	1,70	32
Banheira		Misturador (água fria)	0,30	1,0
Bebedouro		Registro de pressão	0,10	0,1
Bidê		Misturador (água fria)	0,10	0,1
Chuveiro ou ducha		Misturador (água fria)	0,20	0,4
Chuveiro elétrico		Registro de pressão	0,10	0,1
Lavadora de pratos ou de roupas		Registro de pressão	0,30	1,0
Lavatório		Torneira ou misturador (água fria)	0,15	0,3
Mictório cerâmico		com sifão integrado Válvula de descarga	0,50	2,8
		sem sifão integrado Caixa de descarga, registro de pressão ou válvula de descarga para mictório	0,15	0,3
Mictório tipo calha		Caixa de descarga ou registro de pressão	0,15 por metro de calha	0,3
Pia		Torneira ou misturador (água fria)	0,25	0,7
		Torneira elétrica	0,10	0,1
Tanque		Torneira	0,25	0,7
Torneira de jardim ou lavagem em geral		Torneira	0,20	0,4

FONTE: NBR 5626 (1998).

Dessa forma, é possível dimensionar a tubulação adaptando a sequência indicada pela norma NBR 5626 (ABNT, 1998) da seguinte forma:

1. Nomear os nós e pontos de utilização para facilitar a identificação dos trechos de tubulação
2. Determinar o somatório dos pesos conforme o QUADRO 6, desde o ponto de consumo ao ponto de saída da caixa d'água;
3. Estimar a vazão dos trechos pela EQUAÇÃO 3, indicada pela NBR 5626 (ABNT, 1998) a partir do peso determinado anteriormente:

$$Q = 0,3\sqrt{(\sum P)} \quad (3)$$

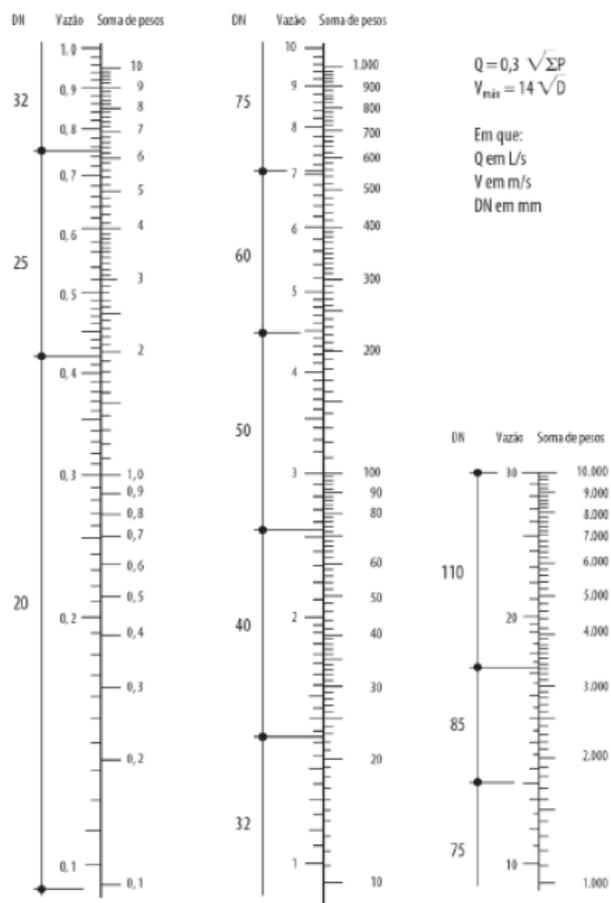
Onde:

Q – Vazão (l/s);

$\Sigma P$  – Somatório dos pesos acumulados do trecho sendo calculado;

- Pré-determinar o diâmetro de cada trecho de tubulação a partir do uso de um ábaco ilustrado na FIGURA 2, que relaciona o peso ou a vazão do trecho com um diâmetro.

FIGURA 2 – ÁBACO PARA PRÉ-DIMENSIONAMENTO DE RAMAIS



FONTE: Botelho e Ribeiro Junior (2014) *apud* Guetter (2018).

- Verificar a velocidade de cada trecho para que não seja superior ao limite de 3 m/s estabelecido pela NBR 5626 (ABNT, 2018) por meio da EQUAÇÃO 4. No caso de ultrapassado o valor de 3 m/s, deve-se considerar o diâmetro imediatamente superior para o trecho e refazer a verificação.

$$Q = V * A \quad (4)$$

Onde:

Q – Vazão ( $\text{m}^3/\text{s}$ );

V – Velocidade do fluido ( $\text{m}/\text{s}$ );

A – Área da seção transversal da tubulação a partir do diâmetro interno ( $\text{m}^2$ ).

6. Calcular os comprimentos, reais e equivalentes, para que somando-os possa-se determinar o comprimento total da tubulação;
7. Através da EQUAÇÃO 2 pode-se determinar a perda de carga unitária para cada trecho;
8. Multiplicar a perda unitária pelo comprimento total do trecho para se obter a perda de carga total para o trecho;
9. Fazer o somatório das perdas de carga no sentido de saída da caixa d'água até o ponto de consumo;
10. Determinar a pressão estática para o ponto final de cada trecho, seguindo o mesmo sentido do item '9';
11. Subtrair a pressão estática pela perda de carga acumulada para se obter a pressão disponível em cada trecho;
12. Comparar as pressões disponíveis pelos valores mínimos estabelecidos.

Dessa forma, após a comparação, alguns pontos podem ter a pressão disponível menor que a exigida. Nesses casos, deve-se buscar alguma alternativa para a sua adequação, como aumento do diâmetro do trecho, modificar conexões, alterar a configuração da rede de distribuição, elevar a caixa d'água ou utilizar bombas para garantir a pressão ideal para os pontos de consumo.

### 3.3.2 Dimensionamento da tubulação de esgoto

O dimensionamento da tubulação de esgoto é regido pela NBR 8160 (ABNT, 1999). Para o dimensionamento, o principal parâmetro utilizado é a Unidade Hunter de Contribuição (UHC).

### 3.3.2.1 Ramais de descarga

Os ramais de descarga são os tubos que recebem diretamente os efluentes. O dimensionamento desses tubos deve ser feito de acordo com o QUADRO 7 apresentado a seguir:

QUADRO 7 – APARELHOS SANITÁRIOS E SEUS NÚMEROS DE UNIDADES HUNTER DE CONTRIBUIÇÃO

Aparelho sanitário		Número de unidades de Hunter de contribuição	Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga DN
Bacia sanitária		6	100
Banheira de residência		2	40
Bebedouro		0,5	40
Bidê		1	40
Chuveiro	De residência	2	40
	Coletivo	4	40
Lavatório	De residência	1	40
	De uso geral	2	40
Mictório	Válvula de descarga	6	75
	Caixa de descarga	5	50
	Descarga automática	2	40
	De calha	2	50
Pia de cozinha residencial		3	50
Pia de cozinha industrial	Preparação	3	50
	Lavagem de panelas	4	50
Tanque de lavar roupas		3	40
Máquina de lavar louças		2	50
Máquina de lavar roupas		3	50

FONTE: AltoQi (2019).

### 3.3.2.2 Ramais de esgoto

Os ramais de esgoto são as tubulações que recebem os efluentes carregados pelos ramais de descarga. O diâmetro desses ramais é definido pela NBR 8160 (ABNT, 1999), conforme o QUADRO 8.

QUADRO 8 – DIÂMETRO NOMINAL MÍNIMO PARA RAMAIS DE ESGOTO

Diâmetro nominal mínimo do tubo DN (mm)	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição (UHC)
40	3
50	6
75	20
100	160

FONTE: AltoQi (2019).

### 3.3.2.3 Coletores Prediais

Para sistemas lançados em mais de um pavimento deve-se dimensionar a tubulação que recebe descargas de todos os pavimentos, sendo essa denominada como coletor predial. O QUADRO 9 indica os possíveis diâmetros para o coletor predial:

QUADRO 9 – DIÂMETRO NOMINAL MÍNIMO PARA COLETORES PREDIAIS

Diâmetro nominal do tubo DN (mm)	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição			
	Declividades mínimas (%)			
	0.5	1	2	4
100	-	180	216	250
150	-	700	840	1.000
200	1.400	1.600	1.920	2.300
250	2.500	2.900	3.500	4.200
300	3.900	4.600	5.600	6.700
400	7.000	8.300	10.000	12.000

FONTE: AltoQi (2019).

### 3.3.2.4 Caixas de gordura e inspeção

Para efluentes com resíduos gordurosos, a NBR 8160 (ABNT, 1999) recomenda a instalação de caixas de gordura para não haver riscos de entupimentos no ramal predial. As caixas devem possibilitar a retenção e posterior remoção da gordura.

A mesma norma indica que o interior das tubulações deve ser acessível por meio de caixas de inspeção para eventuais limpezas ou inspeções de entupimentos. A distância entre cada caixa de inspeção não deve ser maior que 25 m.

#### 3.3.2.5 Inclinação da tubulação

Para garantir o transporte dos efluentes por gravidade nos trechos horizontais do sistema, a NBR 8160 (ABNT, 1999) recomenda que sejam previstas inclinações mínimas constantes. Assim, tubulações de diâmetro nominal igual a 75 mm ou inferior devem ter declividade mínima de 2%, enquanto tubulações com 100 mm ou mais de diâmetro nominal devem ter inclinação mínima de 1%.

### 3.4 PROJETO ELÉTRICO

A normatização de projetos elétricos de baixa tensão é feita pela NBR 5410 (ABNT, 2004). Dentre as condições estabelecidas por essa, deve-se destacar que equipamentos com corrente nominal superior a 10 A devem constituir um circuito independente. Logo, circuitos mistos não dedicados não podem ultrapassar potências de 1200W em tensão de 127V e 2200W em 220V de tensão (MATTEDE, 2018). Isso indica que chuveiros elétricos devem possuir circuito exclusivo para seu funcionamento visto que funcionam em alta amperagem.

#### 3.4.1 Posicionamento das tomadas

A norma rege que os ambientes do projeto devem seguir as condições mínimas de disposição de tomadas em relação a quantidade e espaçamento.

É estabelecido que banheiros devem possuir pelo menos uma tomada, a qual deve estar locada próximo ao lavatório. Já em ambientes como cozinhas, áreas de serviço e locais análogos, devem ser dispostas tomadas a cada 3,5 m, sendo pelo menos duas sobre a bancada da pia. Varandas necessitam de pelo menos um ponto de tomada a menos que sua área seja inferior a 2 m<sup>2</sup> ou sua profundidade seja menor que 0,80 m. Para o caso de salas e dormitórios, é regido a disposição de uma tomada a cada 5 m.

Para cálculo da quantidade de tomadas, primeiramente deve-se consultar qual regra de espaçamento se aplica ao ambiente e, posteriormente, é necessário medir o perímetro do mesmo. Dessa forma, para se obter o número mínimo de tomadas que um cômodo deve ter basta dividir o espaçamento pelo perímetro do ambiente, em seguida, arredonda-se o resultado para o número inteiro imediatamente acima.

#### 3.4.2 Potência das tomadas

A potência atribuída as tomadas estão diretamente relacionadas com o aparelho de consumo previsto. Logo, por questões de segurança, esse valor não deve ser inferior aos mínimos estabelecidos pela NBR 5410 (ABNT, 2004):

- a) Banheiros, cozinhas, lavanderias e similares devem possuir 600 VA por ponto de tomada, até três pontos. Caso sejam previstos pontos adicionais, esse podem possuir capacidade de 100 VA;
- b) As demais dependências devem possuir no mínimo 100 VA por tomada.

## 4 METODOLOGIA

O desenvolvimento do projeto seguiu o modelo de interdisciplinaridade e interoperabilidade proporcionado pelo BIM, de modo que a confecção de cada disciplina do projeto dependia da outra, considerando sempre o arquitetônico como o principal.

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROJETO

Isto posto, segue abaixo a caracterização do edifício objeto deste trabalho:

- a) Localização em um lote de 30x80 m no município de Chapada dos Guimarães, no estado do Mato Grosso, sem delimitação de zoneamento;
- b) Composto por 2 pavimentos e caracterizado como residência unifamiliar;
- c) Estruturado por concreto armado com vedações em blocos cerâmicos e revestimento argamassado;
- d) Alimentação de água potável direta para torneiras de jardim e indireta para demais usos por meio de um reservatório superior.

Assim, a FIGURA 3 ilustra a fachada concebida do projeto em estudo.

FIGURA 3 – FACHADA FRONTAL DO SOBRADO



FONTE: O autor (2019).

## 4.2 PROGRAMAS UTILIZADOS

### 4.2.1 Revit 2019

O projeto arquitetônico, assim como o projeto hidrossanitário e o elétrico do presente trabalho foram desenvolvidos no Revit Architecture e no Revit MEP, respectivamente, na versão de estudante do Revit 2019 (Autodesk, 2018), visto a familiaridade do autor com o *software*.

Desenvolvido pela Autodesk, o Revit se encontra entre os programas mais utilizados para desenvolvimento de projetos arquitetônicos aplicando o BIM por possuir uma interface simplificada e um alto acervo de componentes gratuitos. Além disso, o Revit possui uma extensão denominada como MEP que foi usada para a modelagem de instalações hidrossanitárias.

É importante destacar que, apesar de não desenvolvido neste trabalho, o *software* permite a projeção em mais dimensões do que a tridimensional, como o 5D, ao se adicionar o valor monetário dos elementos presentes no modelo para se adquirir o orçamento da construção. Além disso, também é possível realizar estudos energéticos como a melhor posição da edificação em relação ao sol, concebendo assim a análise 6D do edifício. É pertinente o comentário pois visa destacar os benefícios do uso do BIM para a projeção do edifício além das vantagens apresentadas e desenvolvidas neste trabalho.

### 4.2.2 Eberick

Para desenvolvimento do projeto estrutural, foi usado a versão 2018 plena do Eberick (AltoQi, 2018). Usado para a confecção de projetos estruturais, o Eberick permite gerar um modelo que pode ser exportado em formato IFC para a verificação de incompatibilidades com outros projetos complementares. Desenvolvido pela empresa brasileira AltoQi, o programa apresenta como principal característica a possibilidade de dimensionar diversos tipos de elementos seguindo as normas brasileiras mais recentes.

### 4.2.3 Microsoft Excel

Apesar de não ser um *software* diretamente relacionado com modelagem em BIM, o Excel 2016 (Microsoft, 2016) foi utilizado para o dimensionamento do projeto hidrossanitário, visto que ele permite a organização das informações e a execução de forma simplificada de fórmulas necessárias no dimensionamento.

## 4.3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO ARQUITETÔNICO

A arquitetura do projeto foi concebida seguindo um programa de necessidades estabelecidos pelo autor, de forma que todos os requisitos deveriam ser atendidos, sendo eles:

- Sobrado de porte mediano;
- 4 quartos, sendo 1 suíte;
- Cozinha ampla;
- Churrasqueira aos fundos;
- Porta de vidro que permitisse visão entre churrasqueira e cozinha;
- Lavanderia com acesso pela churrasqueira;
- Pelo menos 1 vaga de garagem coberta;
- Sacada espaçosa de acesso comum com vista para a fachada frontal.

Além disso, foram seguidas as condições impostas pela norma NBR 6492 (ABNT, 1994) e pelo Manual de Aprovação de Projetos da Prefeitura de Cuiabá (2006).

Por se tratar de uma residência unifamiliar, a lei de acessibilidade não aplica nenhuma regulamentação específica de adequação do projeto, cabendo apenas ao projetista aplicar tais adequações caso essas estejam presentes no programa de necessidades.

Ademais, também não é necessário seguir a regulamentação do corpo de bombeiros do estado do Mato Grosso visto que a legislação vigente não engloba residências unifamiliares.

É importante destacar que durante a confecção do projeto arquitetônico foram utilizadas diversas facilidades proporcionadas pelo uso de um software BIM,

como a parametrização de paredes, portas e janelas, resultando em um lançamento rápido dos elementos. Outrossim, a visualização 3D juntamente com a possibilidade de atrelar materiais aos elementos torna muito mais palpável a relação do modelo com um projeto real, fato que ajuda no planejamento arquitetônico do projeto.

Outra característica importante é que a modelagem da arquitetura foi realizada buscando respeitar limites que seriam impostos posteriormente no projeto estrutural, aplicando assim a “sensibilidade estrutural” descrita por Kimura (2018) já na fase arquitetônica e reduzindo consideravelmente a quantidade de correções necessárias para compatibilização entre os projetos.

#### 4.4 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO ESTRUTURAL

A confecção do projeto estrutural foi feita através do uso do programa Eberick, o qual já considera diversas características normativas, tanto na fase de lançamento quanto no dimensionamento. Por essa razão, as normas com as quais houveram contato direto foram: NBR 6118 (ABNT, 2014), NBR 6120 (ABNT 1982) e NBR 6123 (ABNT, 1988).

##### 4.4.1 Parâmetros iniciais de projeto

O lote do sobrado está locado em uma região periférica da cidade, com poucas árvores ou edificações nas proximidades e um terreno bastante plano. Dessa forma, é possível determinar os parâmetros iniciais do projeto estrutural:

- Classe de agressividade I;
- Concreto de classe C25;
- Relação água/cimento  $\leq 0,65$ ;
- Cobrimento nominal de lajes = 20 mm;
- Cobrimento nominal de vigas e pilares = 25 mm.

##### 4.4.2 Locação e pré-dimensionamento dos pilares

Para correta disposição dos pilares de forma que fossem todos locados no interior das paredes, foi feita a exportação das plantas de cada pavimento do Revit

em formato DWG para que então fosse possível a importação dessas plantas para o Eberick. Dessa forma também foi possível evitar o lançamento de pilares em vãos de janelas e portas.

A disposição foi feita de forma que os pilares ficassem alinhados sempre que possível para garantir a geração de pórticos e, com isso, aumentar a estabilidade global da estrutura. Além disso, foram evitados vãos maiores que 7m para que posteriormente não fossem necessárias vigas de grandes alturas.

O ângulo de rotação foi escolhido com o intuito de reduzir a necessidade das armaduras nos pontos de transferência do momento das vigas para os pilares, resultando em maior economia e eficiência estrutural. Logo, os pilares eram rotacionados para que a direção de maior rigidez fosse a mesma na qual a viga de maior vão se apoiasse.

A determinação da seção de pré-dimensionamento dos pilares foi realizada de forma intuitiva, adotando como limitante o valor da base, cuja medida foi definida como 14cm para que não houvessem requadros em quaisquer paredes do projeto. Em seguida, foram determinadas alturas iniciais de 30cm para todos os pilares. Isso foi realizado para garantir um fluxo de trabalho mais dinâmico dada a facilidade de verificação do comportamento estrutural proporcionado pelo Eberick. Os pilares seriam dimensionados pelo software, o qual determinaria quais deveriam sofrer alteração em sua seção. Realizada a correção indicada, o dimensionamento e a conferência seriam realizados novamente até que todos os pilares fossem devidamente dimensionados ou optasse por outra solução estrutural.

#### 4.4.3 Lançamento e pré-dimensionamento das vigas

As vigas foram lançadas objetivando travar os pilares em pelo menos 2 direções, reduzindo assim o comprimento de flambagem. Ademais buscou-se formar os pórticos de estabilidade global juntamente com os pilares.

As larguras das vigas foram limitadas ao tamanho das paredes, possuindo dimensão máxima de 14 cm. Já em relação à altura, assim como os pilares, foi realizado o pré-dimensionamento de forma intuitiva adaptado do método apresentado por Yamamoto (2018), adotando uma altura múltipla de 10cm arredondada do resultado de 10% do tamanho do vão. Após a realização do

dimensionamento seriam feitas as verificações da necessidade de alteração da seção até todas as vigas estivessem devidamente dimensionadas.

#### 4.4.4 Pré-dimensionamento das lajes

As espessuras de todas as lajes de cada pavimento foram determinadas para serem iguais, visando a facilidade e a redução de possíveis erros na execução. Foram considerados os valores mínimos definidos pela NBR 6118 (ABNT, 2014). O maior valor mínimo do pavimento definia a espessura das demais lajes. Também foram consideradas ligações engastadas entre lajes de forma que a armadura negativa pudesse transpassar entre regiões de engaste.

#### 4.4.5 Características do vento atuante

Para determinação das ações consequentes do vento sobre a estrutura, foi seguida a NBR 6123 (ABNT, 1988). Por meio dessa, determinou-se os seguintes parâmetros:

- Velocidade do vento de 33 m/s para a região de Chapada dos Guimarães – MT;
- Terreno plano ( $S1 = 1,0$ );
- Terreno aberto com poucos obstáculos (fator  $S2$  de categoria II);
- Maior dimensão do edifício menor que 20 m (fator  $S2$  de classe A);
- Edificação para residência (fator  $S3 = 1,0$ ).

#### 4.4.6 Modelagem no Eberick

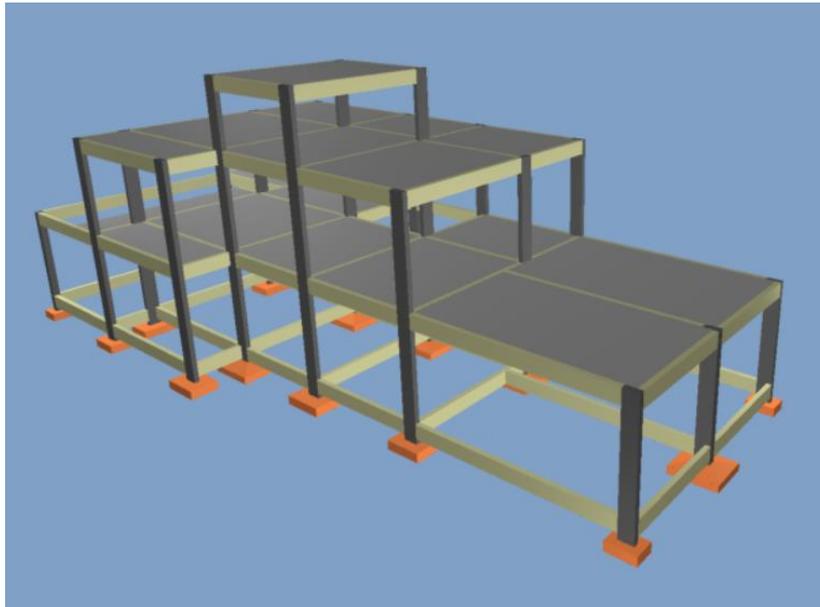
Os primeiros dados a serem informados para o *software* são relacionados aos pavimentos da edificação. Foram inseridos os mesmos pés-direitos usados no projeto arquitetônico. Entretanto, deve-se informar ao *software* o pé direito do nível Térreo, que corresponde à profundidade máxima a qual as fundações podem alcançar. Esse valor foi definido como 100 cm.

Para garantir o lançamento dos pilares na posição correta dentro do projeto arquitetônico, foram extraídas as plantas de cada pavimento do Revit no formato

DWG e inseridas no Eberick no nível “desenho” para que não fossem alteradas acidentalmente.

Após a inserção da base arquitetônica, foi lançada a estrutura, representada na FIGURA 4.

FIGURA 4 – PROJETO ESTRUTURAL EM 3D



FONTE: O autor (2019).

Em seguida foram inseridas apenas as cargas acidentais sobre a estrutura, visto que o Eberick já considera automaticamente as cargas permanentes. Para cargas de paredes, foram seguidas as indicações da norma NBR 6120 (ABNT, 1980), considerando paredes de 15 cm com revestimento em ambos os lados. A altura considerada foi o valor do pé-direito subtraído da altura do elemento construtivo imediatamente acima, podendo esse ser uma viga ou uma laje.

Para carga sobre as lajes, o próprio software fornece alguns valores para casos específicos, como cargas para dormitórios e salas, cargas para lavanderias e cozinhas e, cargas sobre coberturas e por fim, cargas para banheiros. Logo, foram usados os valores indicados pelo próprio programa. Para casos em que lajes participavam de mais de um ambiente foi considerada a carga de maior valor. Ademais, o peso do reservatório foi considerado como carga de área similar ao fundo de uma caixa d'água circular de 1500 l e com intensidade de 1 metros de coluna d'água.

## 4.5 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO HIDROSSANITÁRIO E ELÉTRICO

Será usado como guia de projetos hidráulicos o Manual de Projeto Hidrossanitário (2017) da Sanepar, uma vez que não foram encontrados equivalentes referente ao município de Chapada dos Guimarães.

### 4.5.1 Projeto Hidráulico

Esse manual especifica a necessidade de reservação do volume consumido diário para pelo menos 2 dias. Uma das maneiras comuns de se calcular o consumo diário é através do número de cômodos na residência. Entretanto, a residência descrita neste trabalho servirá como “casa de férias” para especificamente uma família de 5 pessoas. A exigência de mais quartos é relacionada a eventuais visitas, as quais durariam no máximo 2 dias. Dessa maneira, para não haver o superdimensionamento da tubulação e do reservatório, foi considerado para volume de reservação o consumo de apenas 5 pessoas.

#### 4.5.1.1 Cálculo do volume de reservação

Para o cálculo do volume de reservação, foi adaptado o procedimento de Guetter (2018). Assim, considerando 5 pessoas na residência, determinou-se os seguintes dados:

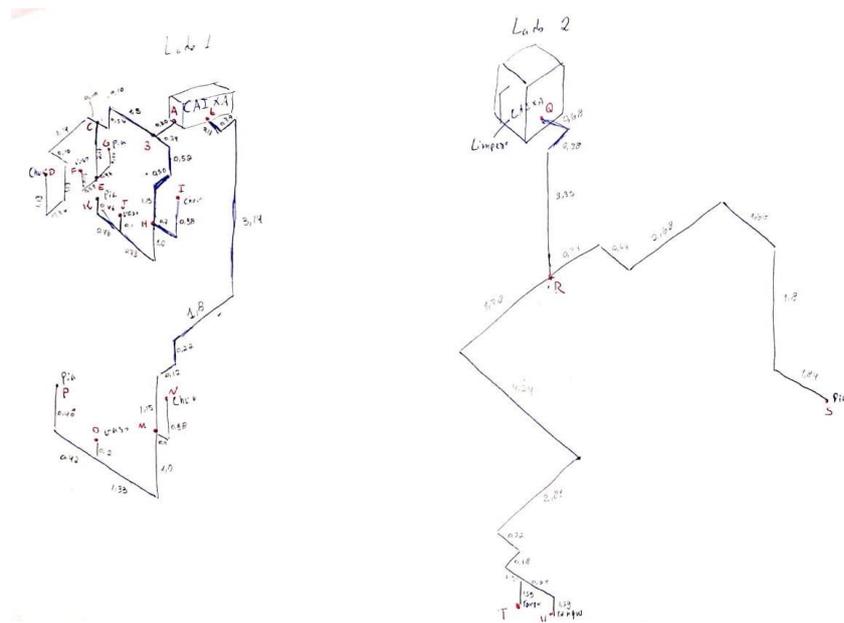
- a) Número de residentes  $n = 5$ ;
- b) Consumo per capita pra residências  $C_p = 150$  l/dia;
- c) Volume necessário de reservação de 1500 l.

#### 4.5.1.2 Dimensionamento e modelagem da tubulação de água fria

Para realização do dimensionamento da tubulação de água fria, foram seguidas as instruções da NBR 5626 (ABNT, 1998) juntamente com as notas de aula da disciplina de Sistemas Prediais Hidráulicos Sanitários (TH030) (Guetter, 2018).

Primeiramente, foi feito um croqui isométrico preliminar do caminho da tubulação cujos nós eram identificados, como na FIGURA 5.

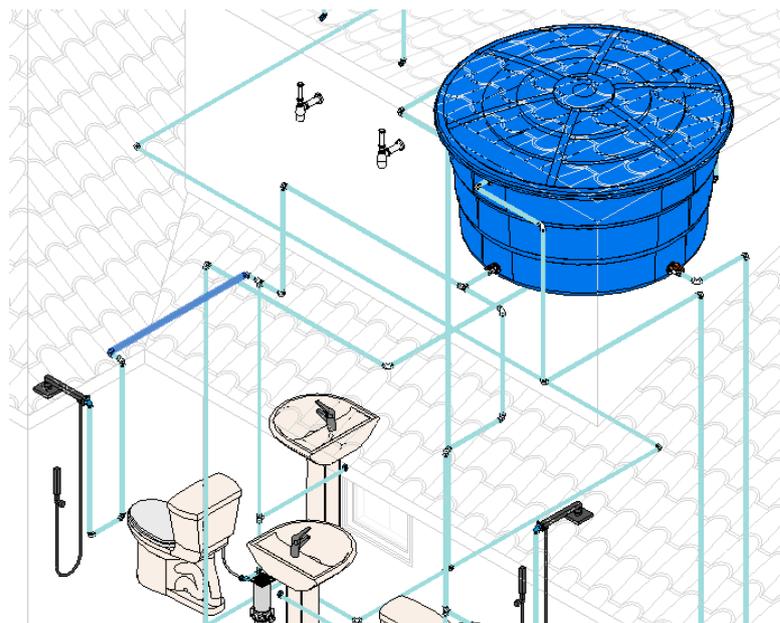
FIGURA 5 – TUBULAÇÃO DE ÁGUA: CROQUI ISOMÉTRICO PRELIMINAR



FONTE: O autor (2019).

Na FIGURA 6 pode-se visualizar uma caixa d'água de 1500 l, com as saídas de água potável, identificadas na cor azul claro. Foram 3 saídas para abastecimento para que todos os pontos críticos da casa possuíssem a pressão mínima recomendada. A quarta saída foi reservada para limpeza do reservatório. Foram adicionados também a tubulação de respiro e o extravasor.

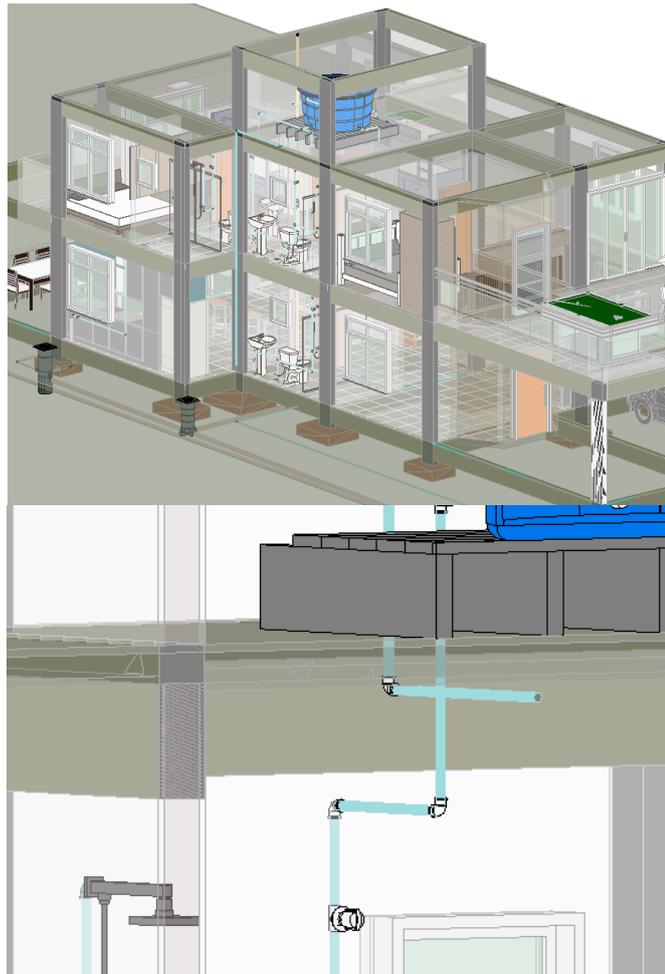
FIGURA 6 – BARRILETE E CAIXA D'ÁGUA



FONTE: O autor (2019).

É importante destacar que antes de se iniciar a modelagem da tubulação, foram inseridos os modelos 3D tanto da arquitetura quanto do projeto estrutural, buscando já modelar o projeto hidráulico de forma compatibilizada e minimizando a necessidade de furos nas vigas, como mostrado na FIGURA 7.

FIGURA 7 – COORDENAÇÃO DO PROJETO HIDROSSANITÁRIO



FONTE: O autor (2019).

O uso do modelo estrutural junto ao arquitetônico é uma das vantagens do uso do método BIM, visto que a compatibilização entre os projetos já é realizada desde sua concepção. Dessa forma, são reduzidos consideravelmente o número de erros de superposição em planta, além de permitir visualização mais clara e de mais fácil análise. Ademais, pelo fato de a modelagem dos tubos ser em 3D, pode-se extrair tanto as plantas quanto as isométricas de maneira rápida e simples.

Assim, foi modelada a tubulação seguindo o croqui e adaptando os pontos que confrontariam com o projeto estrutural. Seguindo o pré-dimensionamento

mostrado nas TABELAS 1, 2, 3 e 4, as tubulações de saída dos pontos de consumo como pias e bacias sanitárias ficaram determinadas como 20 mm, enquanto dos chuveiros ficaram com 25 mm. Os demais tubos foram modelados com 25 mm.

TABELA 1 – PRÉ-DIMENSIONAMENTO BWC

Pré dimensionamento - BWC							
	Trecho	Aparelho Sanitário	$\Sigma P$	Vazão (l/s)	Diâmetro* (mm)	D adotado (mm)	V (m/s)
Sub-ramal	D-C	Chuveiro	0,5	0,21	20	20	0,68
	F-E	V.S.	0,3	0,16	15	20	0,52
	G-E	Lavatório	0,5	0,21	20	20	0,68
Ramal	E-C	V.S./Lavatório	0,8	0,27	20	20	0,85
	C-B	V.S./Lavatório/Chuveiro	1,3	0,34	20	20	1,09

FONTE: O autor (2019).

TABELA 2 – PRÉ-DIMENSIONAMENTO COZINHA

Pré dimensionamento - Cozinha							
	Trecho	Aparelho Sanitário	$\Sigma P$	Vazão (l/s)	Diâmetro* (mm)	D adotado (mm)	V (m/s)
Ramal	S-R	Pia	0,7	0,25	20	20	0,80

FONTE: O autor (2019).

TABELA 3 – PRÉ-DIMENSIONAMENTO ÁREA DE SERVIÇO

Pré dimensionamento - Área de Serviço							
	Trecho	Aparelho Sanitário	$\Sigma P$	Vazão (l/s)	Diâmetro* (mm)	D adotado (mm)	V (m/s)
Sub-ramal	T-V	Tanque	1	0,30	20	20	0,95
	U-V	Tanque	1	0,30	20	20	0,95
Ramal	V-R	2*Tanque	2	0,42	20	20	1,35

FONTE: O autor (2019).

TABELA 4 – PRÉ-DIMENSIONAMENTO BWC

Pré dimensionamento - Ramais de saída da Cx d'água							
	Trecho	Ambientes	$\Sigma P$	Vazão (l/s)	Diâmetro* (mm)	D adotado (mm)	V (m/s)
Ramal	B-A	Banheiro A e B	2,6	0,48	20	25	0,99
	M-T	Banheiro C	1,3	0,34	20	20	1,09
	R-Q	Cozinha e A.S.	2,7	0,49	20	25	1,00

FONTE: O autor (2019).

Montado o modelo e assumido o diâmetro inicial do sistema hidráulico, foi possível dimensionar os tubos para verificação se o modelo atende a pressão estática mínima estabelecida por norma. Para isso, foi calculada a perda de carga no comprimento e nas peças hidráulicas existentes entre os nós anteriormente nomeados no croqui.

Logo, o resultado do dimensionamento é mostrado na TABELA 5 a seguir.

TABELA 5 – DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE ÁGUA FRIA

		Dimensionamento										
Trecho	Q (L/s)	D (mm)	L (m)	Leq (m)	Lt (m)	Cota LP Mont (m)	J (m/m)	h <sub>p</sub> (m)	Cota LP Jus (m)	(p/γ) <sub>i</sub> (mca)	Cota jusante	
Banheiro suite	A-B	0,48	25	0,2	0,8	1	6,5	0,055830126	0,05583	6,4442	0,6	5,84
	B-C	0,34	25	0,79	6,1	6,89	6,444169874	0,030441592	0,209743	6,2344	0,97	5,26
	C-D	0,21	25	3,84	10,2	14,04	6,234427303	0,013193672	0,185239	6,0492	0,79	5,26
	C-E	0,27	20	2,17	2,4	4,57	6,234427303	0,057450423	0,262548	5,9719	2,93	3,04
	E-F	0,16	20	0,68	4,8	5,48	5,97187887	0,024354016	0,13346	5,8384	2,64	3,2
	E-G	0,21	20	0,9	4,8	5,7	5,97187887	0,038079238	0,217052	5,7548	2,25	3,5
Banheiro 2	B-H	0,34	25	2,51	7,9	10,41	6,444169874	0,030441592	0,316897	6,1273	2,05	4,08
	H-I	0,21	25	1,68	6,4	8,08	6,127272899	0,013193672	0,106605	6,0207	0,76	5,26
	H-J	0,27	20	1,83	4,4	6,23	6,127272899	0,057450423	0,357916	5,7694	2,73	3,04
	H-K	0,27	20	2,65	5,2	7,85	6,127272899	0,057450423	0,450986	5,6763	2,48	3,2
Banheiro 1	L-M	0,34	25	6,94	9,8	16,74	6,5	0,030441592	0,509592	5,9904	3,59	2,4
	M-N	0,21	25	1,09	6,1	7,19	5,990407746	0,013193672	0,094863	5,8955	3,7	2,2
	M-O	0,16	20	2,45	4,4	6,85	5,990407746	0,024354016	0,166825	5,8236	5,52	0,3
	M-P	0,21	20	3,23	5,2	8,43	5,990407746	0,038079238	0,321008	5,6694	5,02	0,65
Cozinha	Q-R	0,49	25	4,41	3,8	8,21	6,5	0,057704572	0,473755	6,0262	0,19	5,84
	R-S	0,25	20	9,36	9,8	19,16	6,026245463	0,051115225	0,979368	5,0469	4,35	0,7
Lavanderia	R-T	0,42	20	9,94	8,4	18,34	6,026245463	0,128082778	2,349038	3,6772	1,23	2,45
	T-U	0,30	20	1,59	3,6	5,19	3,677207312	0,06983763	0,362457	3,3148	2,61	0,7
	T-V	0,30	20	2,23	4,8	7,03	3,677207312	0,06983763	0,490959	3,1862	2,49	0,7

FONTE: O autor (2019).

Os pontos indicados em vermelho os pontos críticos do projeto, isto é, os chuveiros do segundo pavimento. Ambos os chuveiros não atendem a pressão estática mínima de 1 m.c.a. Foi estudada a possibilidade de aumentar os diâmetros dos pontos de saída da caixa d'água até os chuveiros, mas a redução da perda de carga foi insignificante. Logo foi optado por elevar a altura do reservatório em 30 cm. Dessa forma, todos os pontos atenderiam as pressões mínimas de projeto.

#### 4.5.2 Projeto de Esgoto

Assim como no projeto de água fria, a modelagem do sistema de esgoto foi feita sobre os modelos tanto de arquitetura quanto estrutural a fim de já trabalhar a compatibilidade entre os projetos desde sua concepção.

##### 4.5.2.1 Dimensionamento da tubulação de esgoto

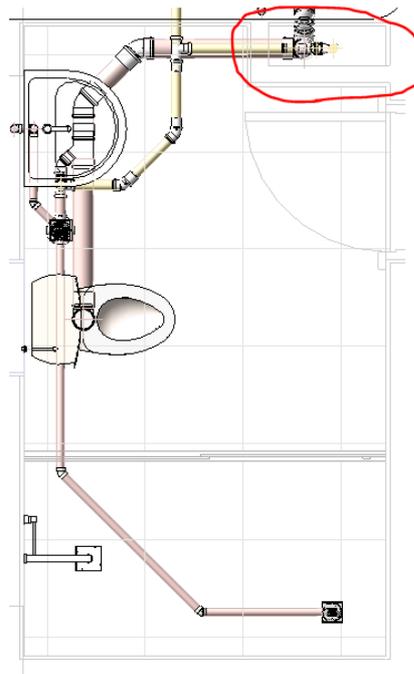
Pelo fato deste trabalho envolver uma residência unifamiliar, o sistema de esgoto não possui muitas Unidades Hunter acumuladas, fazendo com que cada trecho, de acordo com sua nomenclatura, possua sua dimensão mínima exigida por norma. Logo, os efluentes das pias e dos chuveiros foram dimensionados com

diâmetro nominal de 40 mm, os ramais de esgoto antes da bacia sanitária com 50 mm, e toda tubulação após a interseção com a bacia ficou com 100 mm.

#### 4.5.2.2 Modelagem da tubulação de esgoto

Durante a modelagem do sistema de esgoto, percebeu-se a necessidade da abertura de um *shaft* que ligasse os banheiros do pavimento superior com o térreo para o posicionamento do tubo de queda, causando alterações no projeto arquitetônico e estrutural. Foi inserido um *shaft* atrás das portas dos banheiros e foi previsto uma abertura na laje do segundo pavimento, como pode ser visto na FIGURA 8.

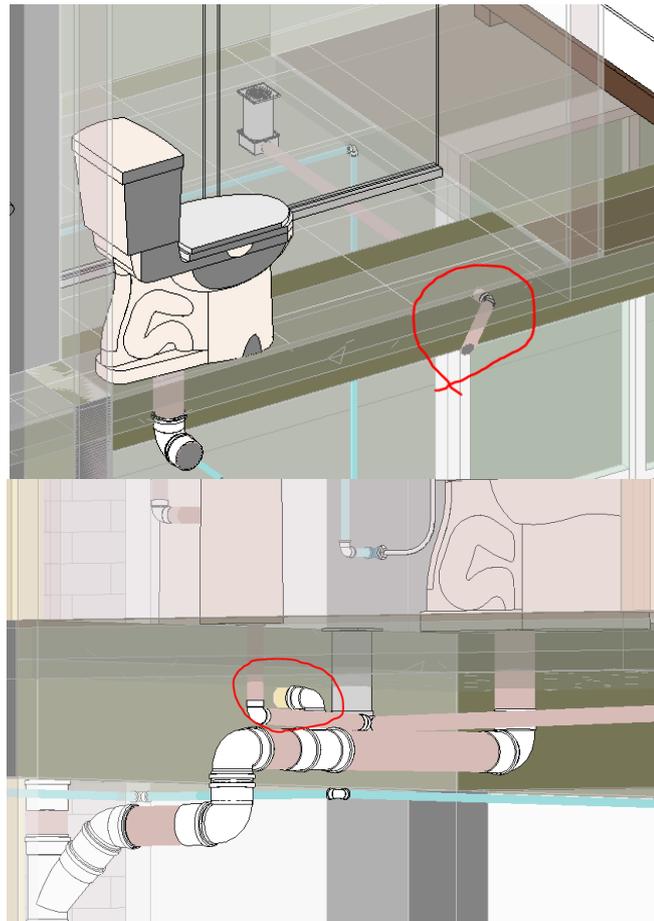
FIGURA 8 – LOCALIZAÇÃO DO SHAFT



FONTE: O autor (2019).

Apesar da modelagem ter sido realizada junto ao projeto arquitetônico e estrutural, foi necessário realizar furos em 2 vigas para a passagem de tubulação, como pode ser visto na FIGURA 9, visto que a necessidade de impor a declividade sobre os tubos limita as possibilidades de projeção devido ao limite de altura do forro do ambiente. Ambas as vigas fazem parte do banheiro da suíte e os furos ocorreram para que houvesse a passagem do efluente do chuveiro até o ramal de esgoto e para a passagem da ventilação desse mesmo até a coluna de ventilação.

FIGURA 9 – FUROS NAS VIGAS



FONTE: O autor (2019).

Essas incoerências entre os projetos foram resolvidas de forma rápida e eficiente graças ao fluxo BIM de trabalho, visto que a troca de informações entre as diferentes disciplinas pode ser feita de forma eficaz.

#### 4.5.3 Projeto elétrico

Um dos aspectos mais importantes do projeto elétrico dentro do modelo BIM é em relação a compatibilidade da posição das tomadas e dos eletrodutos com as demais disciplinas de Engenharia Civil. É necessário verificar se há superposição desses elementos com pilares ou tubulações já na fase de projeto para que sejam evitados improvisos no canteiro de obra que podem ser perigosos já que envolvem fiações elétricas.

#### 4.5.3.1 Disposições das tomadas

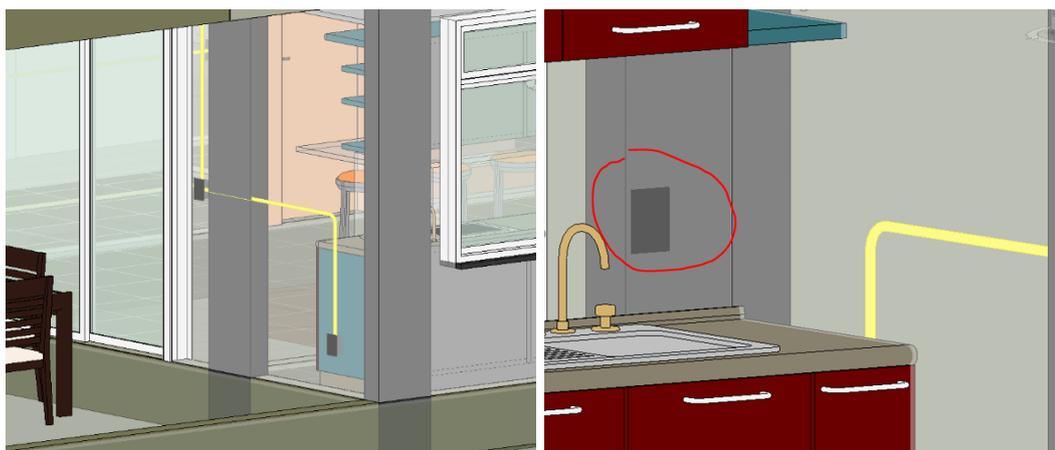
Seguindo as quantidades mínimas por ambiente estabelecidas pela NBR 5410 (ABNT, 2004), foram dispostas as tomadas pelo projeto de forma a tornar o acesso o mais conveniente possível baseado no *layout* dos móveis do projeto arquitetônico. Além disso, foram determinadas capacidades maiores para as tomadas dos banheiros, lavanderias e cozinhas visto que essas atenderiam aparelhos de maior consumo.

#### 4.5.3.2 Modelagem dos eletrodutos

A modelagem foi feita sobre o modelo 3D do projeto arquitetônico. Os eletrodutos foram modelados de forma a atender os circuitos determinados. Além disso foram evitadas passagens por paredes que possuíam tubulação de água por questões de segurança em caso de vazamentos.

Após finalização da modelagem, foi inserido o modelo estrutural sobre o arquitetônico para realização da compatibilização. Foram constatados dois problemas ilustrados na FIGURA 10.

FIGURA 10 – PROBLEMAS DE COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE PROJETOS ESTRUTURAL E ELÉTRICO

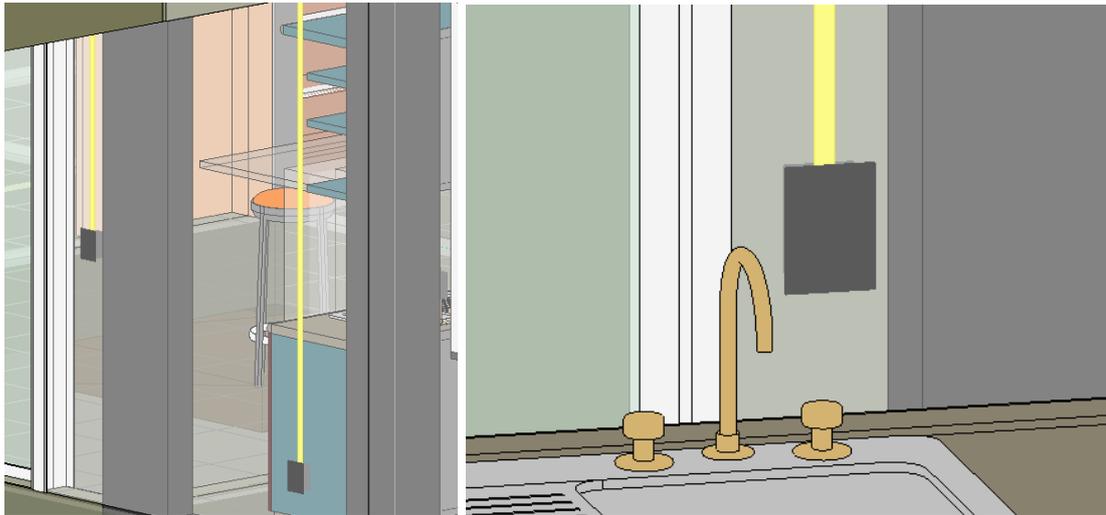


FONTE: O autor (2019).

Para solução do primeiro problema mostrado na FIGURA 10, o acesso do eletroduto à tomada foi alterado do interruptor para o ponto de iluminação da cozinha, evitando transpasse pelo pilar. Já para resolver o segundo problema, o

ponto da tomada foi movido ligeiramente para a direita para que não houvesse conflito com o pilar ou com a janela próxima. Essas soluções são ilustradas, em ordens correspondentes, na FIGURA 11.

FIGURA 11 – SOLUÇÕES PARA PROBLEMAS DE COMPATIBILIZAÇÃO ENTRE PROJETOS ESTRUTURAL E ELÉTRICO



FONTE: O autor (2019).

## 5 RESULTADOS

Neste trabalho foi desenvolvido o projeto arquitetônico seguindo as recomendações do manual de aprovação de projetos da prefeitura de Cuiabá. Em relação ao projeto estrutural, o pré-dimensionamento foi feito de forma intuitiva, enquanto a análise estrutural, dimensionamento, verificações de deslocamentos e detalhamentos seguiram todas as normas pertinentes, dando destaque para a NBR 6118 (ABNT, 2014). O projeto hidrossanitário teve sua tubulação dimensionada seguindo notas de aula juntamente com as normas pertinentes dessa disciplina. Por fim, o projeto elétrico foi modelado seguindo as instruções da norma vigente.

Fundado nisso, a execução desses projetos contou com uso do modelo de trabalho BIM por meio do uso de softwares compatíveis, permitindo a interoperabilidade entre as disciplinas ao longo do desenvolvimento desses para realização da compatibilização. As modificações eram realizadas em um ciclo circular, de forma que a alteração em um dos projetos acarretava na mudança dos demais.

Assim, os resultados obtidos foram as pranchas dos projetos executivos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico, presentes nos APÊNDICES 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Dessa forma, as pranchas do projeto arquitetônico são as seguintes:

- a) Plantas dos pavimentos térreo, pavimento superior, cobertura e caimento dos telhados;
- b) Cortes AA, BB, CC e modelos 3D frontal e traseiro;
- c) Elevações norte, sul, leste e oeste e modelos 3D do térreo e segundo pavimento.

Quanto às pranchas do projeto estrutural, essas foram desenhadas da seguinte forma:

- a) Planta de localização dos pilares e plantas de cargas;
- b) Plantas de formas dos pavimentos térreo, superior, cobertura e caixa d'água;
- c) Cortes AA, BB e CC;
- d) Armaduras sapatas e pilares de arranque (1/2);
- e) Armaduras sapatas e pilares de arranque (2/2);

- f) Armaduras de vigas baldrame (1/2);
- g) Armaduras de vigas baldrame (2/2) e caixa d'água;
- h) Armaduras de vigas do pavimento superior (1/2);
- i) Armaduras de vigas do pavimento superior (2/2);
- j) Armaduras de vigas da cobertura;
- k) Armaduras de pilares do pavimento superior;
- l) Armaduras de pilares dos pavimentos cobertura e caixa d'água;
- m) Armaduras de lajes, positivas e negativas, do pavimento superior;
- n) Armaduras de lajes, positivas e negativas, dos pavimentos cobertura e caixa d'água;
- o) Armaduras da escada.

Em seguida, as plantas do projeto hidrossanitário:

- a) Plantas de água fria dos pavimentos térreo, superior e cobertura, com detalhe isométrico do barrilete;
- b) Detalhes, elevações e isométricas dos pontos de consumo do pavimento térreo;
- c) Detalhes, elevações e isométricas dos pontos de consumo do pavimento superior e caixa d'água;
- d) Plantas de esgoto dos pavimentos térreo, superior e cobertura, com esquema vertical e isométrica do sistema completo;
- e) Detalhes, elevações e isométricas dos banheiros da residência.

Por fim, a prancha do projeto elétrico:

- a) Planta dos pavimentos térreo e superior com isométrica de todo o sistema.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do desenvolvimento deste trabalho pode-se observar que a adoção de novos softwares BIM garantem vantagens em todas as disciplinas do projeto. A alteração do fluxo de trabalho para um método flexível para troca de informações tem por consequência novas práticas de trabalho que focam muito mais sobre o planejamento do que sobre a execução do projeto.

Portanto, é uma questão de tempo a implantação da metodologia BIM de trabalho em todo esse mercado visto que, apesar do investimento inicial para aprendizado das ferramentas, o uso dessa garante muito mais vantagens que a metodologia tradicional, principalmente em termos econômicos, já que há grande redução na necessidade de retrabalho sobre projetos necessitados de compatibilização.

É preciso destacar a importância do desenvolvimento de diversas disciplinas pertencentes a um projeto. Ao se desenhar a arquitetura do sobrado, foi necessário desenvolver o pensamento crítico sobre a compatibilidade com as demais disciplinas complementares, como os tamanhos de vãos permitidos pelo estrutural e a passagem dos tubos e eletrodutos dos projetos hidrossanitário e elétrico. A visão global de se projetar com todas essas disciplinas em mente é uma característica bastante importante para o fluxo de trabalho BIM que busca a melhor comunicação entre cada projeto, já que esse planejamento reduz consideravelmente a chance de se cometer erros que outrora gerariam incompatibilidades. A necessidade de realizar as alterações em cada projeto durante a execução deste trabalho corrobora para o desenvolvimento dessa competência.

Cada disciplina do projeto apresenta sua singularidade sobre seu desenvolvimento. O projeto arquitetônico destaca a importância de se respeitar a legislação do município pertencente ao projeto, além de se verificar se são necessárias adaptações para seguir as normas de acessibilidade e as exigências do corpo de bombeiros. Ademais, projetar a divisão dos ambientes, posicionamento de paredes e locação da escada já com os projetos complementares em mente permitiu que fossem necessárias poucas alterações para realização da compatibilidade.

No projeto estrutural, foi interessante planejar o posicionamento dos elementos estruturais buscando a opção que fosse tanto eficiente quanto econômica. O posicionamento dos pilares de forma que não houvessem vigas com

vãos muito grandes e que não precisassem de uma alta taxa de armadura nos pontos de amarração com vigas devido à transferência dos momentos foi a principal singularidade a se destacar durante o desenvolvimento do projeto.

Os projetos hidrossanitário e elétrico ilustraram a dificuldade de se ter uma visão geral do projeto de forma que fosse possível configurar os tubos e dutos de forma eficiente e econômica, principalmente pela limitação de modelagem causada pela necessidade de inclinação das tubulações de esgoto. Outrossim, a adequação com a disposição pré-existente dos elementos estruturais foi uma situação de grande importância que auxilia na competência do desenvolvimento de um projeto com as demais disciplinas em mente.

Dessa forma, destaca-se a associação o desenvolvimento de métodos mais modernos de trabalho com o desenvolvimento tecnológico, já que este trabalho é uma aplicação prática disso. Afinal, os objetivos atendidos, de desenvolvimento dos projetos de um sobrado usando o conceito BIM, demandaram a associação do conteúdo teórico de cada disciplina com o uso constante de *softwares*. Assim, como resultado final desse processo, obtiveram-se as pranchas executivas dos projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário e elétrico.

Por fim, pode-se constatar que a implementação do fluxo BIM de trabalho, seguido do desenvolvimento de ferramentas apropriadas para sua aplicação, é muito positivo para o mercado da construção civil. Com a aplicação do conhecimento teóricos dos profissionais consolidados alinhado ao constante aprendizado das novas ferramentas de trabalho podem permitir que esse mercado seja conhecido não mais como arcaico, mas sim como progressista.

## 6.1 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se para trabalhos futuros o desenvolvimento das demais dimensões do BIM, como planejar o gerenciamento de obras do sobrado deste trabalho, aplicando o conceito 4D, ou ainda o vínculo entre os elementos do modelo com um valor monetário, gerando assim orçamentos automáticos, aplicando o conceito 5D.

## REFERÊNCIAS

ALTOQI. **Eberick 2018**, 2018.

ANDERLE, Eduardo Antônio. **Análise do processo de modelagem 5D (BIM): Estudo de caso de uma residência unifamiliar**. 119 f. Monografia (graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

ASHCRAFT, Howard W. “**Building Information Modelling: A framework for collaboration**”, 2008. Disponível em: <<https://heinonline.org/HOL/LandingPage?handle=hein.journals/conlaw28&div=28&id=&page=&t=1556749855>>. Acesso em: 21 mai. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050 Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.

\_NBR 14931 Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

\_NBR 5410 Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

\_NBR 5626 Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

\_NBR 6118 Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

\_NBR 6120 Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 1980.

\_NBR 6123 Forças devidas ao vento em edificações. Rio de Janeiro, 1988.

\_NBR 6492 Representação de projetos de arquitetura. Rio de Janeiro, 1994.

\_NBR 8160 Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

\_NBR 8681 Ações e segurança nas estruturas – Procedimento. Rio de Janeiro, 2003.

AUTODESK. **Revit v2019 para estudante**, 2018.

BALL, Matt. “**Building Information Modeling for the Win: Top 11 Benefits of BIM**”, 2018. Disponível em: <<https://www.autodesk.com/redshift/building-information-modeling-top-11-benefits-of-bim/>>. Acesso em: 2 jun. 2019.

BIBLUS. “**IFC e BIM: IFC, o que é e para que serve? Qual é a ligação com o BIM?**”, 2017. Disponível em: <<http://biblus.accasoftware.com/ptb/ifc-o-que-e-e-para-que-serve-qual-e-a-ligacao-com-o-bim/>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

BRASIL, **Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018**. Institui a Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling*. Disponível em: <<https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/579674718/decreto-9377-18>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

CAVALCANTI, M. N. A. **A utilização do sistema BIM (*Building Information Modeling*) no planejamento de custos da construção civil**. 145 f. Monografia (graduação) – Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

DESIGN para Escritório. “**BIM: Entenda as vantagens da plataforma**”, 2015. Disponível em: <<http://designparaescritorio.com.br/bim-entenda-vantagens-da-plataforma/>>. Acesso em: 31 mai. 2019.

DOLABELA G. S.; FERNANDES J. G. M. “**Falhas devido à falta de compatibilização de projetos – Estudo de casos em obras de edificações**”, Revista Pensar Engenharia, 2014. Disponível em: <[http://revistapensar.com.br/engenharia/pasta\\_upload/artigos/a127.pdf](http://revistapensar.com.br/engenharia/pasta_upload/artigos/a127.pdf)>. Acesso em: 21 mai. 2019.

EDITORA B2. “**Decreto do Governo vai exigir o BIM até 2021**”, 2018. Disponível em: <<https://www.editora2b.com.br/blog/decreto-do-governo-vai-exigir-o-bim>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

EASTMAN, Chuck; TELCHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISION, Kathleen. **Manual de BIM**. Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Bookman Editora LTDA. Porto Alegre, 2014.

FEITOSA, Artur. “**Entraves técnicos e dificuldades de uma implantação BIM**”, 2019. Disponível em: <<https://www.bimexperts.com.br/post/entraves-tecnicos-e-dificuldades-de-uma-implantacao-bim>>. Acesso em: 23 abr. 2019.

FRANCO, Tomás Franco. “**O que é o BIM e por que ele é fundamental nos projetos arquitetônicos atualmente**”, 2018. Disponível em:

<<https://www.archdaily.com.br/br/888814/o-que-e-o-bim-e-por-que-ele-e-fundamental-nos-projetos-arquiteticos-atualmente>>. Acesso em: 22 abr. 2019.

FREITAS JR, José de Almendra. **Notas de aula: Disciplina de Materiais de Construção Civil – TC-30**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2016.

GHOLIZADEH, Pouya; ESMAEILI, Behzad; GOODRUM, Paul. **Diffusion of Building Information Modeling Functions in the Construction Industry**. Journal of Management in Engineering, 2017.

GUETTER, Alexandre Kolodynskie. **Anotações de aula. Disciplina de Sistemas Prediais Hidráulicos Sanitários – TH-030**. Setor de Tecnologia. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

HAMED, Luciano. **“BIM DO 3D AO 7D”**, 2015. Disponível em: <<https://hashtagbim.wordpress.com/2015/10/12/bim-do-3d-ao-7d/>>. Acesso em: 27 abr. 2019.

KIMURA, Alio. **Informática aplicada em estruturas de concreto armado – 2º edição**. Editora Oficina de Textos. São Paulo, 2018.

LEE, Ghang; SACKS, Rafael; Eastman, Charles M. **“Specifying parametric building object behavior (BOB) for a building information modeling system”**, 2005. Disponível em: <[https://www.academia.edu/17473730/Specifying\\_parametric\\_building\\_object\\_behavior\\_BOB\\_for\\_a\\_building\\_information\\_modeling\\_system](https://www.academia.edu/17473730/Specifying_parametric_building_object_behavior_BOB_for_a_building_information_modeling_system)>. Acesso em: 31 mai. 2019.

LIMA, Paolo Pires de. **Projetos de um edifício de 4 pavimentos aplicando o conceito BIM**. 193 f. Monografia (graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

LIMA, Tomás. **“Projeto BIM: como planejar as instalações de seus empreendimentos”**, 2019. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/projeto-bim-planejar-instalacoes>>. Acesso em: 30 mai. 2019.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais – 4º edição**. Editora LTC. Rio de Janeiro, 2017.

MALDONADO, Ane Denise Piccinini de. **17 falhas comuns em instalações hidráulicas**. Site AltoQi, 2018. Disponível em: <<http://maisengenharia.altoqi.com.br/hidrossanitario/17-falhas-comuns-em-instalacoes-hidraulicas/>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

MANUAL DE PROJETO HIDROSSANITÁRIO. Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR), 2017. Disponível em: <<http://site.sanepar.com.br/informacoes-tecnicas/manual-de-projeto-hidrossanitario>>. Acesso em: 22 set. 2019.

MANZIONE, Leonardo. “**IFC é muito mais que um simples arquivo**”, 2016. Disponível em: <<http://www4.coordenar.com.br/o-ifc-e-muito-mais-que-um-simples-formato-de-arquivo/>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

MATO GROSSO. **Lei de Segurança Contra Incêndio e Pânico de Mato Grosso**. Dispõe sobre a legislação de segurança contra incêndio e pânico do estado de Mato Grosso e estabelece outras providências. Legislação do estado do Mato Grosso, Cuiabá. Disponível em: <<http://www.bombeiros.mt.gov.br/anexos/660.pdf>>. Acesso em: 15 jun. 2019.

MATTEDE, Henrique. “**Divisão de circuitos elétricos na instalação**”, 2018. Disponível em: <<https://www.mundodaeletrica.com.br/divisao-de-circuitos-eletricos-na-instalacao/>>. Acesso em: 12 nov. 2019.

MICROSOFT. **Excel 2016**. São Paulo, 2016.

MOTTER, A. G.; CAMPELO, H. Q. **Implantação da tecnologia BIM em escritórios de projetos na região de Curitiba – Estudos de caso**. 58 f. Monografia (graduação) – Setor de tecnologias, Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

MÜNCH, José Ricardo. “**Tecnologia BIM: Ciclo BIM 3D ao BIM 7D**”, 2016. Disponível em: <<https://www.linkedin.com/pulse/tecnologia-bim-ciclo-3d-ao-7d-jos%C3%A9-ricardo-m%C3%BCnch/>>. Acesso em: 27 abr. 2019.

NUNES G. H.; LEÃO M. “**Estudo comparativo de ferramentas de projetos entre o CAD tradicional e a modelagem BIM**”, 2018. Disponível em: <<http://www.civil.uminho.pt/revista/artigos/n55/Pag.47-61.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2019.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CUIABÁ. **MANUAL PARA APROVAÇÃO DE PROJETOS**, 2014. Disponível em: <<http://www.cuiaba.mt.gov.br/storage/webdisco/2014/08/22/outros/b38656fd91bc542b52a93a7e13951107.pdf>>. Acesso em 07 jul. 2019.

REIS, Rodrigo de Oliveira. “**Dimensionamento dos tubos de esgoto no projeto sanitário**”. Site AltoQi, 2019. Disponível em: < <https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt->

br/articles/360015939413-Dimensionamento-dos-tubos-de-esgoto-no-projeto-sanit%C3%A1rio>. Acesso em: 28 out. 2019.

RICOTTA, Tiago. “**Metodologia BIM: Desafios da implantação**”, 2018. Disponível em: < <https://www.buildin.com.br/metodologia-bim-tiago-ricotta/>>. Acesso em: 25 mai. 2019. Entrevista.

SANTOS, Renato Gheno dos. “**As dificuldades de implementar BIM no Brasil**”, 2019. Disponível em: <<https://www.bimexperts.com.br/post/as-dificuldades-de-implementar-bim-no-brasil>>. Acesso em: 22 mai. 2019.

TEKLA. “**O que é BIM?**”, 2018?. Disponível em: <<https://www.tekla.com/br/sobre/o-que-%C3%A9-bim>>. Acesso em: 13 mai. 2019.

YAMAMOTO, Lia. **Notas de aula: disciplina de Estruturas de Edifícios I – TC-044 e Estruturas de Edifícios II – TC-056**. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

**APÊNDICE 1 – PROJETO ARQUITETÔNICO: PLANTAS DO PAVIMENTO  
TÉRREO, PAVIMENTO SUPERIOR, COBERTURA E CAIMENTO DOS  
TELHADOS**

**APÊNDICE 2 – PROJETO ARQUITETÔNICO: CORTES AA, BB, CC E  
MODELOS 3D FRONTAL E TRASEIRO**

**APÊNDICE 3 – PROJETO ARQUITETÔNICO: ELEVAÇÕES NORTE, SUL,  
LESTE E OESTE E MODELOS 3D DO TÉRREO E SEGUNDO PAVIMENTO**

**APÊNDICE 4 – PROJETO ESTRUTURAL: PLANTA DE LOCAÇÃO DOS  
PILARES E PLANTA DE CARGAS**

**APÊNDICE 5 – PROJETO ESTRUTURAL: PLANTA DE FORMAS DOS  
PAVIMENTOS TÉRREO, SUPERIOR, COBERTURA E CAIXA D'ÁGUA**

**APÊNDICE 6 – PROJETO ESTRUTURAL: CORTES AA, BB E CC**

**APÊNDICE 7 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS SAPATAS E  
PILARES DE ARRANQUE (1/2)**

**APÊNDICE 8 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS SAPATAS E  
PILARES DE ARRANQUE (2/2)**

**APÊNDICE 9 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS DE VIGAS  
BALDRAME (1/2)**

**APÊNDICE 10 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS DE VIGAS  
BALDRAME (2/2) E CAIXA D'ÁGUA**

**APÊNDICE 11 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS DE VIGAS DO  
PAVIMENTO SUPERIOR (1/2)**

**APÊNDICE 12 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS DE VIGAS DO  
PAVIMENTO SUPERIOR (2/2)**

**APÊNDICE 13 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS DE VIGAS DA  
COBERTURA**

**APÊNDICE 14 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS DE PILARES DO  
PAVIMENTO SUPERIOR**

**APÊNDICE 15 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS DE PILARES  
DOS PAVIMENTOS COBERTURA E CAIXA D'ÁGUA**

**APÊNDICE 16 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS DE LAJES,  
POSITIVAS E NEGATIVAS, DO PAVIMENTO SUPERIOR**

**APÊNDICE 17 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS DE LAJES,  
POSITIVAS E NEGATIVAS, DOS PAVIMENTO COBERTURA E CAIXA D'ÁGUA**

## APÊNDICE 18 – PROJETO ESTRUTURAL: ARMADURAS DA ESCADA

**APÊNDICE 19 – PROJETO HIDROSSANITÁRIO: PLANTAS DE ÁGUA  
FRIA DOS PAVIMENTOS TÉRREO, SUPERIOR E COBERTURA**

**APÊNDICE 20 – PROJETO HIDROSSANITÁRIO: PLANTAS DE ÁGUA  
FRIA DOS PAVIMENTOS TÉRREO, SUPERIOR E COBERTURA**

**APÊNDICE 20 – PROJETO HIDROSSANITÁRIO: DETALHES, ELEVAÇÕES  
E ISOMÉTRICAS DOS PONTOS DE CONSUMO DO PAVIMENTO TÉRREO**

**APÊNDICE 21 – PROJETO HIDROSSANITÁRIO: DETALHES, ELEVAÇÕES  
E ISOMÉTRICAS DOS PONTOS DE CONSUMO DO PAVIMENTO SUPERIOR E  
CAIXA D'ÁGUA**

**APÊNDICE 22 – PROJETO HIDROSSANITÁRIO: PLANTAS DE ESGOTO  
DOS PAVIMENTOS TÉRREO, SUPERIOR E COBERTURA , COM ESQUEMA  
VERTICAL E ISOMÉTRICA DO SISTEMA COMPLETO**

**APÊNDICE 23 – PROJETO HIDROSSANITÁRIO: DETALHES, ELEVAÇÕES  
E ISOMÉTRICAS DOS BANHEIROS DA RESIDÊNCIA**

**APÊNDICE 24 – PROJETO ELÉTRICO: PLANTA DOS PAVIMENTOS  
TÉRREO E SUPERIOR COM ISOMÉTRICA DE TODO O SISTEMA**