



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA

CENTRO TECNOLÓGICO – CTC

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

LUCAS DE FARIA JOSÉ

METODOLOGIA BIM APLICADA AO PROJETO DE UM GALPÃO INDUSTRIAL

FLORIANÓPOLIS, 2017

LUCAS DE FARIA JOSÉ

METODOLOGIA BIM APLICADA AO PROJETO DE UM GALPÃO INDUSTRIAL

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Luis Alberto Gómez, Dr.

FLORIANÓPOLIS, 2017

LUCAS DE FARIA JOSÉ

METODOLOGIA BIM APLICADA AO PROJETO DE UM GALPÃO INDUSTRIAL

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil.



Prof. Luis Alberto Gómez, Dr.

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Cristine do Nascimento Mutti, Ph.D.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Cláudio César Zimmermann, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

À Deus, por toda a sua proteção.

Aos meus pais, minha irmã e minha namorada, por toda compreensão e amor.

Ao meu orientador, por confiar em meu trabalho.

Aos demais familiares, amigos, professores e profissionais que de alguma maneira contribuíram para a minha formação.

RESUMO

Resumo: O presente trabalho busca aplicar os conceitos da metodologia BIM (*Building Information Modeling*) em projetos de diferentes disciplinas da engenharia. Para isso, optou-se por estudar um empreendimento de pequeno porte, a fim de que essas disciplinas sejam aprofundadas de maneira satisfatória dentro desse contexto. Partiu-se de um projeto estrutural em concreto pré-moldado de um galpão industrial, já concebido por um fornecedor especializado, que foi posteriormente modelado em *software* pelo autor. Pôde-se então, a partir da estrutura, elaborar os projetos arquitetônico e de instalações hidrossanitárias e elétricas baseados nas atuais normas brasileiras, e modelando-os no mesmo *software*. Ao longo do trabalho foram verificadas as diversas vantagens apresentadas por esta nova metodologia de projeto, bem como as suas dificuldades de implementação e aprendizado. Aplicou-se uma quantidade bastante grande de ferramentas na modelagem e compatibilização entre os projetos, como a análise de interferências entre disciplinas de projetos, extração de quantitativos para orçamento, e plataformas de colaboração. Ao final deste trabalho, têm-se um empreendimento totalmente dimensionado e modelado em plataforma BIM, explorando os principais recursos dos *softwares* utilizados. O BIM possibilitou a antecipação de informações e tomada de decisão, a identificação de incompatibilidades entre projetos, além de automatizar e agilizar diversos procedimentos manuais no dimensionamento e detalhamento de projetos. Para complementar o trabalho, são apresentados outros recursos proporcionados pela utilização de *softwares* de plataforma BIM. O estudo de caso deste empreendimento foi abordado de maneira bastante prática, buscando soluções e ferramentas conforme aconteceria em uma situação real de projeto.

Palavras Chave: BIM; projetos; galpão industrial

ABSTRACT

Abstract: The goal of this paper is to apply the concepts of BIM (Building Information Modeling) methodology in different engineering projects. The author choose a small building in order that the engineering disciplines could be more deeply. It started with the precast concrete structural design, which had already been produced by a specialized manufacturer, modeling it on a BIM software. From this, the other projects were made. The architectural design, the hydraulic design and the electrical installations design were modeled in the same software. Throughout this paper, all the discovered benefits and difficulties of this methodology were documented. In this study were applied a lot of BIM tools, like interference checking, quantitative scheduling and collaboration platforms. At the end of this paper, there is a fully modeled building on BIM platform, with all projects correctly modeled according to the current standards. BIM methodology made possible anticipating decisions, checking interferences between projects and to automate a lot of manual processes. To complement this paper, other tools about BIM platform and BIM softwares will be presented. This study intends to approach BIM methodology in a practical way, using tools and looking for solutions like a real situation.

Keywords: BIM; projects; industrial shed

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo de vida de uma edificação	16
Figura 2 - Evolução do resultado agregado de 7 grandes incorporadoras e construtoras entre 2007 e 2011	17
Figura 3 - Relevância das alavancas de produtividade	18
Figura 4 - Janela de um modelo paramétrico.....	21
Figura 5 - Colaboração BIM.....	23
Figura 6 - Dimensões BIM	26
Figura 7 - Nível de maturidade BIM	33
Figura 8 - Nível de implementação BIM por empreiteiros – Brasil x Outros países ...	34
Figura 9 - Tempo usando BIM - Brasil x Outros Países.....	35
Figura 10 - Tipos de atividades relacionadas ao BIM	38
Figura 11 - Projetos – Custo x Risco x Tempo.....	40
Figura 12 - Fases de desenvolvimento do projeto	41
Figura 13 - Etapas do trabalho	42
Figura 14 - Projeto estrutural digitalizado	43
Figura 15 - Elementos pré-fabricados.....	47
Figura 16 - Famílias de sapatas e vigas	47
Figura 17 - Família de pilar estrutural pré-moldado.....	48
Figura 18 - Camadas de uma parede.....	50
Figura 19 - Parâmetros de material.....	50
Figura 20 - Painel de parede cortina	51
Figura 21 - Material de revestimento cerâmico	52
Figura 22 - Piso cerâmico	52
Figura 23 - Porta e janela.....	53
Figura 24 - Interface <i>BIMobject</i>	53
Figura 25 - Detalhe das telhas de fibrocimento	54
Figura 26 - Equipamentos hidráulicos	56
Figura 27 - Diâmetros em função dos pesos.....	57
Figura 28 - <i>Revit MEP</i> : Dimensionamento de tubulações.....	58
Figura 29 - <i>Revit MEP</i> : Vazão nas tubulações	58
Figura 30 - <i>Revit MEP</i> : Perda de carga em tubulações.....	59
Figura 31 - <i>Revit MEP</i> : Relatório de perda de carga	59

Figura 32 - <i>Revit MEP</i> : Número de UHC em tubulações.....	62
Figura 33 - <i>Revit MEP</i> : Configurações elétricas	63
Figura 34 - <i>Revit MEP</i> : Sistemas de distribuição	63
Figura 35 - <i>Revit MEP</i> : Fatores de demanda	64
Figura 36 - <i>Revit MEP</i> : Condutores.....	65
Figura 37 - <i>Revit MEP</i> : Criação de circuitos	67
Figura 38 - <i>Revit MEP</i> : Planta baixa	68
Figura 39 - Projeto estrutural - Elementos pré-moldados: Terça, pilar, sapata, viga e braço de cobertura	71
Figura 40 - Projeto estrutural - Localização das sapatas	72
Figura 41 - Projeto estrutural - Corte.....	72
Figura 42 - Projeto estrutural - Vista 3D	73
Figura 43 - Projeto arquitetônico - Planta baixa.....	75
Figura 44 - Projeto arquitetônico - Corte.....	75
Figura 45 - Projeto arquitetônico - Detalhe de paredes e pisos	76
Figura 46 - Projeto arquitetônico - Caixa d'água.....	76
Figura 47 - Projeto arquitetônico - Vista 3D	77
Figura 48 - Projeto hidrossanitário - Vista 3D.....	78
Figura 49 - Projeto de água fria - Trecho de maior vazão	79
Figura 50 - Projeto de água fria – Caminho com a maior perda de carga	80
Figura 51 - Projeto de água fria - Detalhe das conexões	80
Figura 52 - Projeto de água fria - Detalhe isométrico: banheiro masculino e tanque ..	81
Figura 53 - Projeto de água fria - Elevação banheiro recepção.....	81
Figura 54 - Projeto de esgoto sanitário - Dimensionamento por UHC.....	83
Figura 55 - Projeto de esgoto sanitário - Corte banheiro recepção.....	84
Figura 56 - Projeto de esgoto sanitário - Coletor predial.....	84
Figura 57 - Projeto de esgoto sanitário - Vista inferior	85
Figura 58 - Projeto elétrico - Pontos de tomada, luminárias e interruptores: Escritório	86
Figura 59 - Projeto elétrico - Família de tomadas: Banheiro.....	86
Figura 60 - Projeto elétrico - Planta Baixa: Região da área industrial	88
Figura 61 - Projeto elétrico - Diagrama unifilar: Quadro de distribuição 2	89
Figura 62 - Projeto elétrico - Vista 3D dos eletrodutos e eletrocalhas	89
Figura 63 - Colaboração - Vista 3D.....	91

Figura 64 - Colaboração – Corte do projeto hidrossanitário	91
Figura 65 - Interferência - Estrutura vs Tubulação.....	92
Figura 66 - Solução da interferência estrutura vs tubulação.....	92
Figura 67 - Interferência - Arquitetura vs Elétrico	93
Figura 68 - Solução da interferência arquitetura vs elétrico.....	93
Figura 69 - Bloco cerâmico	96
Figura 70 - Paginação de alvenaria.....	96
Figura 71 - Superfície topográfica - Vista 3D	97
Figura 72 - Movimentação de terra	97
Figura 73 - Estudo de massa – Vista 3D.....	98
Figura 74 - Iluminância (lux) do ambiente – Planta baixa	99
Figura 75 - Iluminância - Vista 3D.....	100
Figura 76 - Renderização - Exterior	101
Figura 77 - Renderização - Interior	101
Figura 78 - Análise estrutural - Carregamentos.....	102
Figura 79 - Análise de esforços	103
Figura 80 - Armaduras - Telas soldadas e opções de vergalhão.....	103

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - LOD segundo a AIA.....	27
Tabela 2 - LOD segundo o caderno de apresentação de projetos em BIM - SC	28
Tabela 3 - Comparação Brasil x Países da UE	35
Tabela 4 - Relação dos elementos pré-moldados	46
Tabela 5 - Pesos relativos dos aparelhos sanitários	57
Tabela 6 - Número de UHC para aparelhos sanitários	60
Tabela 7 - Dimensionamento de ramais de esgoto	60
Tabela 8 - Dimensionamento de caixas sifonadas	60
Tabela 9 - Dimensionamento de subcoletores	61
Tabela 10 - Dimensionamento de ramais de ventilação	61
Tabela 11 - Dimensionamento das colunas de ventilação	61
Tabela 12 - CELESC - Tipo de fornecimento	63
Tabela 13 - CELESC - Fator de demanda	64
Tabela 14 - Tipos de linhas elétricas	65
Tabela 15 - Capacidade de condução de corrente	65
Tabela 16 - Fatores de correção - Agrupamento	66
Tabela 17 - Fatores de correção - Temperatura	66
Tabela 18 - Seção do condutor neutro	66
Tabela 19 - Seção do condutor de proteção.....	66
Tabela 20 - Projeto de água fria - Métodos de dimensionamento de tubulação: Comparativo	79
Tabela 21 - Quantitativo - Conexões para água fria	82
Tabela 22 - Quantitativo - Conexões para esgoto.....	83
Tabela 23 - Projeto elétrico - Relação dos circuitos	87
Tabela 24 - Projeto elétrico - Balanceamento de cargas: Quadro de distribuição 1	87
Tabela 25 - Projeto elétrico - Carga total instalada	88
Tabela 26 - Projeto elétrico - Quadro de distribuição 1.....	88
Tabela 27 - Quantitativo: Revestimento de paredes	94
Tabela 28 - Tabela de ambiente.....	95
Tabela 29 - Quantitativo de tubulação.....	95
Tabela 30 - Volumes de corte e aterro.....	97
Tabela 31 - Estudo de massa - Área de piso	98
Tabela 32 - Iluminância do ambiente	100

LISTA DE ABREVIATURAS

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

AIA – The American Institute of Architects

AsBEA – Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura

BIM – Building Information Modeling

CAD – Computer Aided Design

CELESC – Centrais Elétricas de Santa Catarina

CIBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção

CUB – Custo Unitário Básico

DEINFRA – Departamento Estadual de Infraestrutura

EPS - Poliestireno Expandido

IAI – International Alliance for Interoperability

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IFC – Industry Foundation Classes

LOD – Level of Development

MEP – Mechanical, Electrical & Plumbing

PIB – Produto Interno Bruto

PMBOK – Project Management Body of Knowledge

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

TUE – Tomada de Uso Específico

TUG – Tomada de Uso Geral

UE – União Europeia

UHC – Unidades Hunter de Contribuição

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	15
1.1.	OBJETIVOS	16
1.1.1.	Objetivo Geral	16
1.1.2.	Objetivos Específicos	16
1.2.	JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	17
1.3.	ESTRUTURA DO TRABALHO	19
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	20
2.1.	BIM.....	20
2.1.1.	Conceito.....	20
2.1.2.	Histórico	23
2.1.3.	Dimensões.....	25
2.1.4.	Nível de Desenvolvimento	26
2.1.5.	Ferramentas.....	29
2.1.5.1.	Bibliotecas.....	29
2.1.5.2.	Recursos	30
2.1.5.3.	Softwares.....	32
2.1.6.	Situação Atual.....	33
2.1.6.1.	BIM no Brasil e no Mundo	34
2.1.6.2.	Cenário Mundial	36
2.1.6.3.	Cenário Brasileiro	37
2.2.	PROJETOS	39
2.2.1.	Definição.....	39
2.2.2.	O uso do BIM em projetos.....	40
3.	METODOLOGIA.....	42
3.1.	ETAPAS DO TRABALHO.....	42
3.2.	O EMPREENDIMENTO	43

3.3.	SOFTWARES ADOTADOS.....	44
3.3.1.	Autodesk Revit	44
3.3.2.	Autodesk A360	45
3.4.	MODELAGEM	45
3.4.1.	Estrutural.....	45
3.4.2.	Arquitetônico	48
3.4.3.	Hidrossanitário.....	55
3.4.3.1.	Água Fria.....	56
3.4.3.2.	Esgoto Sanitário	60
3.4.4.	Elétrico.....	62
3.5.	COLABORAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO	69
4.	RESULTADOS	71
4.1.	PROJETOS	71
4.1.1.	Estrutural.....	71
4.1.2.	Arquitetônico	74
4.1.3.	Hidrossanitário.....	78
4.1.4.	Elétrico.....	85
4.2.	COLABORAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO	90
4.3.	OUTROS RECURSOS.....	94
4.3.1.	Tabelas e Quantitativos.....	94
4.3.2.	Paginação de Alvenaria	95
4.3.3.	Topografia e Terreno	96
4.3.4.	Estudos de Massa.....	98
4.3.5.	Luminotécnica	99
4.3.6.	Renderização.....	100
4.3.7.	Análise Estrutural	102
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	104

5.1. CONCLUSÕES	104
5.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	106

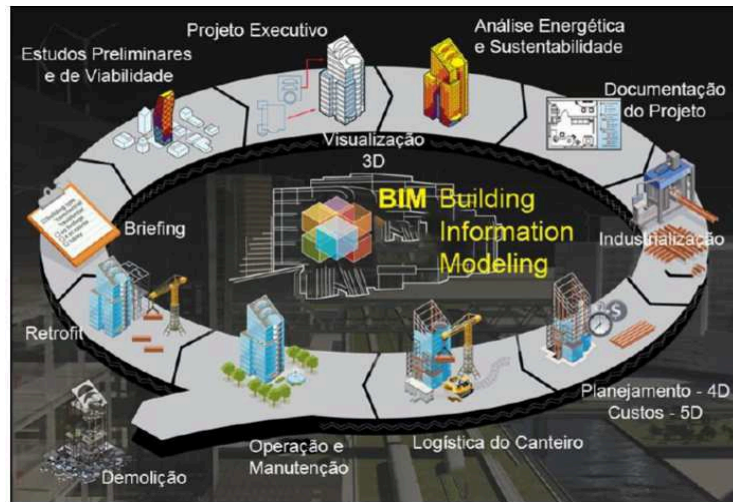
1. INTRODUÇÃO

Building Information Modeling (BIM), ou Modelagem da Informação da Construção, é um dos temas que mais tem sido abordados entre profissionais e empresas da construção civil. Embora tenha conceitos datados da década de 1970, como será visto mais adiante, sua efetiva implementação tem se dado principalmente nos últimos 10 anos. Já existem muitas empresas públicas e privadas que fazem uso dessa metodologia, e diversas ferramentas e *softwares* oferecendo recursos e condições para a implementação adequada do BIM.

Segundo (CAMPESTRINI, 2015), o BIM é um novo modelo para a realização e execução de empreendimentos, abrangendo todos os processos que integram o ciclo de vida de uma edificação. A partir do BIM, é possível construir um modelo virtual da edificação que contenha dados precisos relacionados a geometria, com informações necessárias para construção do edifício e fabricação de componentes (EASTMAN, et al., 2008).

O BIM não é apenas limitado a *softwares* e recursos computacionais avançados, é um novo processo, uma nova abordagem perante a forma de se elaborar projetos e de planejar, construir e operar edificações. Conforme pode ser visto na Figura 1, o BIM está presente em todo o ciclo de vida da edificação, da sua concepção à sua operação e manutenção. Ao longo do trabalho serão abordados os principais conceitos relacionados ao BIM, um breve histórico e a atual situação do mercado frente à essa metodologia. Através do estudo de caso do empreendimento, que será detalhado mais a frente, serão aplicados conceitos e ferramentas BIM pertinentes à elaboração de projetos, utilizando *softwares* do mercado e destacando os principais recursos, vantagens e dificuldades encontrados.

Figura 1 - Ciclo de vida de uma edificação



Fonte - Autodesk, adaptado Manzione (2013)

1.1.OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo Geral

Aplicar os conceitos da metodologia BIM na elaboração e modelagem de projetos necessários à execução de um galpão industrial em estrutura pré-moldada.

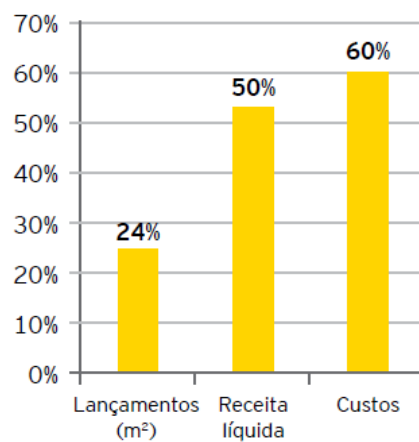
1.1.2. Objetivos Específicos

- Modelar a estrutura pré-moldada já definida
- Elaborar, modelar e dimensionar os projetos arquitetônico, de instalações hidrossanitárias e instalações elétricas do empreendimento com o auxílio de *softwares* de plataforma BIM
- Verificar interferências entre projetos através de *software*
- Apresentar ferramentas e recursos dos *softwares* e metodologia utilizados

1.2. JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

Na última década o setor da construção civil no Brasil apresentou um grande crescimento. Entre os anos de 2007 e 2012, segundo o IBGE, o crescimento do PIB do setor foi 1,8 vez maior que o PIB da economia do país. Apesar de nos últimos anos a construção civil estar sofrendo com os reflexos da crise econômica no Brasil, ainda representa uma parcela significativa da economia. Mesmo com esse crescimento, houve também um aumento dos custos das empresas, conforme apresentado na Figura 2 em pesquisa realizada pela organização EY em parceria com a USP, entre 2007 e 2011. A Figura 2 exibe um aumento da quantidade de lançamentos de empreendimentos, reflexo do crescimento do setor, mas que vem acompanhado de um crescimento dos custos maior do que a receita líquida, demonstrando que a margem de lucro das empresas diminuiu.

Figura 2 - Evolução do resultado agregado de 7 grandes incorporadoras e construtoras entre 2007 e 2011

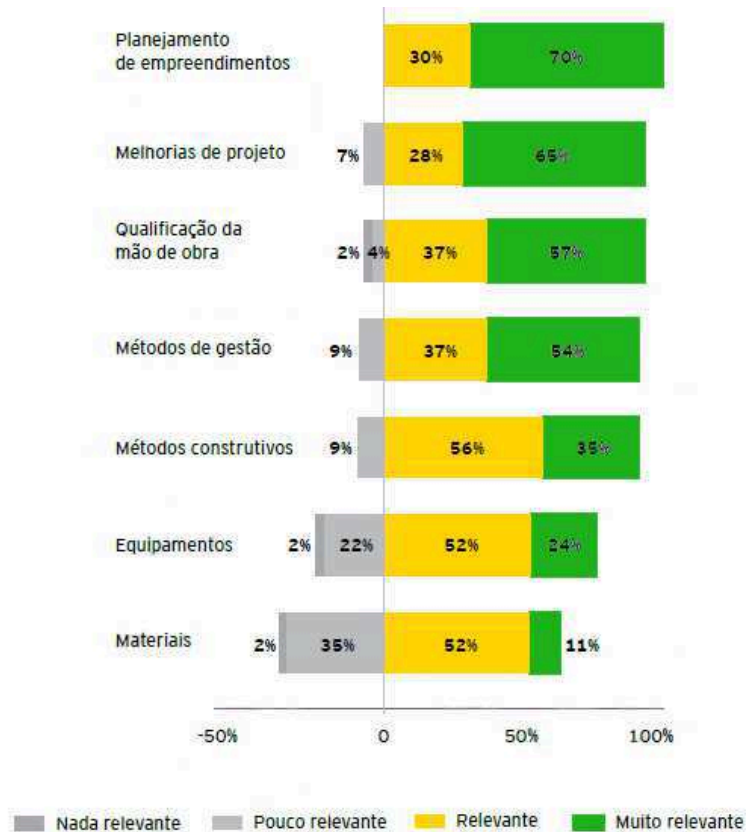


Fonte - (EY, 2014)

Esse cenário leva a uma necessidade de melhorias na produtividade de todo o processo de construção, com a finalidade de reduzir os custos, e consequentemente, aumentar o lucro. A pesquisa realizada pelo EY listou alguns itens considerados como alavancas de produtividade, ou seja, itens determinantes para a melhoria da produtividade na construção civil. A partir disso, realizou um questionário com profissionais do ramo para determinar, segundo eles, a relevância desses itens. O resultado é exibido na Figura 3. Como pode ser constatado, Planejamento de Empreendimentos e Melhorias de Projeto são considerados os itens de maior relevância,

mostrando que a deficiência nos projetos e planejamentos é bastante grande. Há muito o que se melhorar e evoluir no que se diz respeito a projetos e planejamento de empreendimentos no Brasil.

Figura 3 - Relevância das alavancas de produtividade



Fonte - (EY, 2014)

Neste contexto se encaixa o BIM, com sua metodologia colaborativa, antecipando problemas, organizando as informações com maior precisão e melhorando a qualidade dos projetos. As ferramentas BIM possuem uma série de funcionalidades que auxiliam no planejamento de edifícios, na detecção de interferências em projetos, e demais recursos apresentados ao longo deste trabalho. Frente à necessidade de estar atualizado com as novas tecnologias e metodologias de projeto, buscando uma maior qualidade e redução de custos na realização de projetos, é que surgiu a motivação para a elaboração deste trabalho, aplicando de maneira prática e objetiva os conhecimentos adquiridos ao estudar BIM, assim como os conhecimentos adquiridos ao longo da graduação nas diversas áreas da engenharia.

1.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

O Capítulo 1 faz uma breve abordagem sobre o tema BIM, os objetivos que este trabalho deseja alcançar, a justificativa e o contexto para a sua elaboração.

No Capítulo 2 – Revisão Bibliográfica, serão abordados os principais conceitos e a fundamentação teórica para entender e aplicar a metodologia BIM em projetos. Possui um breve histórico e o cenário atual do Brasil e de outros países frente a adoção do BIM. Relaciona também as principais ferramentas BIM para a elaboração de projetos e *softwares* de mercado.

No Capítulo 3 – Metodologia, são apresentados os *softwares* utilizados, os métodos de modelagem e dimensionamento dos projetos. Possui uma descrição do empreendimento e as disciplinas que serão modeladas.

No Capítulo 4 – Resultados, são exibidos os projetos que foram elaborados, considerações a respeito de cada um, além de exemplificar ferramentas e recursos computacionais disponíveis.

No Capítulo 5 – Considerações Finais, são apresentadas as conclusões do autor perante a utilização do BIM em um projeto. Serão relacionados benefícios e dificuldades encontradas, além de sugestões para trabalhos futuros.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1.BIM

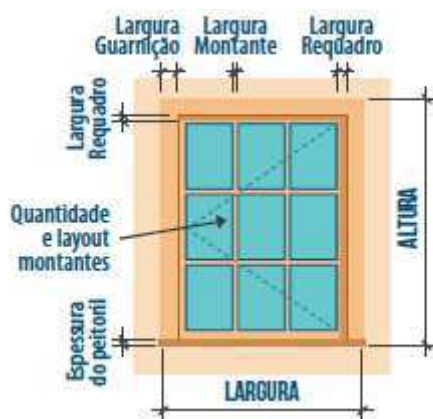
2.1.1. Conceito

Existem diversas abordagens acerca do que é BIM. Cada autor possui a sua própria compreensão sobre o tema. Porém, uma definição é bastante clara e fortemente difundida entre os autores: o BIM não é apenas um tipo de *software*, mas uma metodologia de projeto, que possui características que a distinguem da maneira tradicional de se projetar e construir empreendimentos. Para (EASTMAN, et al., 2008), o BIM vai muito além de ser um tipo de *software*, sendo uma modificação nos processos relacionados ao projeto e construção de um empreendimento. A troca e compartilhamento de informações é uma das principais fundamentações desta metodologia, e deve compreender todo o ciclo de vida da edificação (GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA, 2015). Ao definir BIM, (CAMPESTRINI, 2015) afirma ser um processo baseado em modelos paramétricos, que através dos conceitos de interoperabilidade e colaboração envolve as diferentes disciplinas de projeto e seus profissionais durante todo o ciclo de vida do projeto. Portanto, o entendimento sobre o que é BIM pode ser obtido através da definição dos seus principais fundamentos: modelos paramétricos, interoperabilidade e colaboração.

Os objetos utilizados em um modelo BIM são chamados de paramétricos pois os mesmos contêm informações a respeito do seu comportamento e da sua interação com outros elementos do modelo (CBIC, 2016a). Esses objetos são definidos por seus parâmetros e regras, que vão determinar suas características físicas e de desempenho perante o modelo, e a partir de qualquer modificação no modelo, os objetos serão atualizados conforme suas regras paramétricas (EASTMAN, et al., 2008). Esses objetos são divididos em famílias de objetos, onde cada família possui seus próprios parâmetros e regras, conforme o seu comportamento e função dentro do contexto da construção civil. As famílias nada mais são do que categorias para agrupar os diferentes objetos que compõe um empreendimento. Portanto, existem famílias de portas, janelas, paredes, pisos, vigas, pilares, escadas, telhados, tubos e conexões, etc, tudo o que se pode imaginar na construção de um edifício. “Famílias de objetos paramétricos são definidas usando parâmetros que envolvem distâncias, ângulos e regras como: ligado à, paralelo

à, e distância de [...]” (EASTMAN, et al., 2008). Além disso, existem os parâmetros não geométricos, como informações sobre materiais, fabricantes, custo, informações sobre o comportamento térmico, acústico, entre outros específicos para cada família de objetos. Essas informações e regras podem ser tanto atribuídas pelo usuário, como serem automaticamente atualizadas conforme modificações realizadas no modelo. A Figura 4 ilustra alguns parâmetros geométricos que podem ser definidos e/ou atualizados automaticamente em uma janela. Por exemplo, se a parede em que a janela está inserida tiver sua espessura modificada, os parâmetros da janela se ajustarão para acompanhar esta mudança. Se a parede for deslocada, a janela também será.

Figura 4 - Janela de um modelo paramétrico



Fonte - (CBIC, 2016a)

Um modelo paramétrico é a representação geométrica do empreendimento, que contém os diversos objetos que o compõe, com as relações e regras entre esses objetos, e suas características funcionais e de comportamento, transformando-o em um modelo inteligente e rico em informações. Os objetos são modelados como sólidos 3D, assim como todo o modelo, e a partir disso são geradas vistas, cortes, elevações do modelo 3D, análises de comportamento, compatibilização, entre outros. A inteligência desses objetos faz com que o seu detalhamento se torne muito mais rápido, pois conexões, espessuras, comprimentos, volumes, entre outros parâmetros são atualizados automaticamente a cada mudança no modelo, evitando também que uma série de erros ocorra devido a não atualização de vistas, cortes e plantas por exemplo.

Todas as disciplinas e sistemas que integram a edificação podem ser modelados e parametrizados entre si. Porém, nem sempre uma única aplicação pode dar suporte a todas as informações e necessidades presentes na construção, ou nem sempre um único projetista é encarregado de todas essas disciplinas. Nesse contexto é que surge o fundamento da interoperabilidade. É a necessidade do compartilhamento de dados entre diferentes *softwares* e a capacidade de diferentes aplicações concentrarem todas as suas informações em um modelo

único (EASTMAN, et al., 2008). Um modelo que contenha todos os sistemas inseridos necessita importar dados de diferentes aplicações, e traduzir essas informações para um único modelo. Esse único modelo será capaz de realizar análises de interferências entre objetos, análises térmicas, acústicas, luminotécnicas, planejamento de construção, seja qual for o objetivo do modelo e do *software* utilizado. Outra finalidade diz respeito à necessidade de algumas disciplinas serem pré-requisitos para outras serem modeladas, como o caso da arquitetura e instalações prediais.

Para resolver o problema da troca de dados entre diferentes aplicações, foi desenvolvido o *Industry Foundation Classes* (IFC), um modelo de dados público e consistente, onde as aplicações possuem tradutores para importar e exportar este formato. Informações relevantes à criação do IFC serão vistas mais adiante. Segundo (EASTMAN, et al., 2008), o IFC unifica de maneira consistente os dados de diferentes aplicações, possibilitando o intercâmbio de informações de diferentes *softwares* utilizados na AEC. O IFC suporta dados de geometria, propriedades e relação entre objetos, podendo transferir informações de diferentes aplicações, ou agregar diferentes fontes de dados em um único modelo. Além do IFC, um outro formato público também já foi criado, o *CIMsteel Integration Standard Version 2* (CIS/2), específico para a indústria de fabricação do aço estrutural. Companhias de *software* também possuem seus próprios formatos de intercâmbio de dados, todavia são formatos proprietários, funcionando apenas entre aplicativos da mesma companhia. Porém como cita (EASTMAN, et al., 2008), a interoperabilidade ainda não foi bem definida, com pessoas defendendo o uso do IFC e padrões públicos, e outras defendendo que modelos proprietários são mais efetivos. Atualmente o IFC se encontra na 4ª versão.

Para a modelagem adequada são necessárias diversas informações a respeito de materiais, métodos construtivos, fabricantes, entre outros, de todos os diferentes sistemas que fazem parte da edificação. Quanto mais detalhado for o modelo, mais informações ele precisa. Com isso, se faz presente a necessidade de uma troca completa de informações entre as diferentes disciplinas de projeto, e é inevitável que haja uma maior colaboração entre os participantes. A colaboração ocorre através de encontros entre os profissionais envolvidos e do compartilhamento de informações a respeito do empreendimento. A participação de construtores e fabricantes é fundamental, pois são eles que detêm a expertise dos métodos e limitações construtivas. Quanto mais cedo houver esse compartilhamento de informações, mais inconsistências e interferências serão evitadas, elevando a qualidade do projeto. Com o BIM, esse intercâmbio de dados se torna mais fácil e consistente, pois todas as informações necessárias estão no modelo, e através da interoperabilidade essas informações são mais

facilmente trocadas. A Figura 5 ilustra a colaboração entre os participantes do projeto através de um único modelo BIM que contém todas as informações necessárias e disponíveis a todos. Através da utilização do BIM ocorre uma melhor comunicação e troca de informações entre os profissionais envolvidos no projeto, o que conseqüentemente reduz erros, modificações futuras, tempo e custo do empreendimento (EASTMAN, et al., 2008) .

Figura 5 - Colaboração BIM



Fonte - (CBIC, 2016b)

O BIM possui uma extensa lista de ferramentas, *softwares* e recursos, contemplando uma série de níveis de desenvolvimento e dimensões, que utilizarão e complementarão os conceitos vistos nesta seção. Esses assuntos serão abordados nas próximas seções desse trabalho.

2.1.2. Histórico

Os primeiros conceitos a respeito do que anos depois viria a se tornar o BIM foram publicados por Charles M. “Chuck” Eastman em 1975. Na publicação no jornal da *American Institute of Architects* (AIA), (EASTMAN, 1975) definiu conceitos para o “*Building Description System*”, onde explica “ definir elementos de forma interativa [...] derivando seções, planos isométricos ou perspectivas de uma mesma descrição de elementos”,

complementando “ Qualquer mudança no arranjo teria que ser feita apenas uma vez para todos os desenhos futuros. Todos os desenhos derivados da mesma disposição de elementos seriam automaticamente consistentes[...] qualquer tipo de análise quantitativa poderia ser ligada diretamente à descrição”. A partir disso os estudos sobre este assunto foram realizados na Europa e Estados Unidos, mas principalmente no Reino Unido. Em 1986, Robert Aish fez uso do termo “*Building Modeling*” em um artigo, conforme explica (EASTMAN, et al., 2008) a respeito de Aish “ estabelece nesse artigo todos os argumentos para o que hoje conhecemos como BIM e a tecnologia para implementá-lo, incluindo modelagem 3D, extração de desenho automático, componentes inteligentes paramétricos, bancos de dados relacionais[...]”. O termo “*Building Information Model*” surgiu em 1992, a partir da publicação de van Nederveen & Toolman.

Em 1984, foi criado o primeiro *software* com conceitos de construção virtual e referências ao BIM, o *ArchiCAD*, da *Graphisoft*. Uma das grandes barreiras iniciais para o desenvolvimento da modelagem em BIM foi a capacidade de processamento dos computadores da época.

A Autodesk, em 1995, organizou uma conferência com outras 11 companhias fundando a IAI (*International Alliance for Interoperability*). Sua ideia inicial era difundir e comprovar os benefícios da interoperabilidade entre os *softwares* de construção civil utilizados na época, vindo a criar e difundir o formato IFC (*Industry Foundation Classes*). Em 2002 a Autodesk comprou a *Revit Technology Corporation*, que havia sido fundada em 1997, passando a desenvolver o *Autodesk Revit*.

Com o avanço da tecnologia e o desenvolvimento de processadores melhores, os *softwares* passaram a ter mais recursos e se popularizaram. Ao longo dos anos 2000 a divulgação e o conhecimento a respeito do tema BIM se intensificaram, mantendo os conceitos e diretrizes estabelecidos anteriormente. Em 2005, Eastman e Laiserin organizaram a primeira conferência a respeito do BIM, dando início a uma maior divulgação a respeito do assunto.

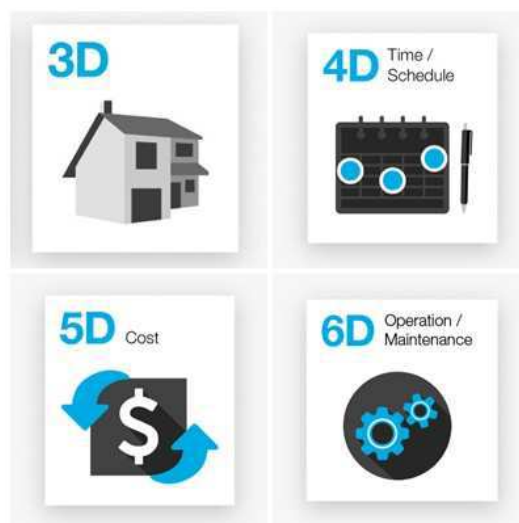
No Brasil, o Exército Brasileiro foi um dos pioneiros a utilizar a tecnologia BIM. Em 2006 foi implantado o OPUS – Sistema Unificado do Processo de Obras, utilizando o BIM para acompanhar e gerenciar as construções e edifícios os quais a Diretoria de Obras Militares era responsável.

2.1.3. Dimensões

As informações contidas em um modelo BIM podem abranger todo o ciclo de vida de uma edificação, desde características geométricas e paramétricas até dados relativos aos custos e operação dos sistemas. Para classificar e melhor organizar as informações contidas em um modelo, foram denominadas as dimensões do modelo BIM. Cada dimensão de modelo possui uma finalidade e uma quantidade de informações a serem extraídas. Quanto maior a dimensão, mais completa se torna modelagem, levando o BIM a “n” dimensões. Para (CAMPESTRINI, 2015), as dimensões de um modelo estão relacionadas aos tipos de informações que o mesmo incorpora. A seguir estão listadas as dimensões do modelo BIM:

- 3D – Contém as informações geométricas e espaciais do modelo. Representa os objetos em 3 dimensões, realizando extração de quantitativos e análises de interferências, por exemplo. Nele também estão inseridas as informações referentes aos materiais que constituem esses objetos.
- 4D – Nesta dimensão de modelo são inseridas informações a respeito do prazo de execução da obra. O modelo é alimentado por dados de produtividade, número e composição de equipes, sequência de construção, entre outros. A partir disso, é extraído o cronograma da obra, com datas de início e término de atividades e representação das etapas de construção.
- 5D – Com os métodos e sequências construtivas e com o cronograma de serviços e atividades bem definidos no modelo 4D, podem ser inseridas informações de custo de mão de obra, equipamentos e materiais. Com isso pode-se obter o custo da obra, curvas ABC, entre outros. Os objetos do modelo passam a estar atrelados ao seu custo, e qualquer alteração no modelo atualiza o orçamento.
- 6D – Este modelo trata das informações de uso e operação da edificação. São realizadas análises de consumo de energia e água, validade dos materiais, manutenção de equipamentos, entre outros.

Figura 6 - Dimensões BIM



Fonte - (BIMObject, 2016)

A Figura 6 ilustra as dimensões apresentadas. Existem também outras abordagens, que incluem dimensões para análises energéticas e de sustentabilidade, por exemplo. O fato é que o modelo BIM pode ter “n” dimensões, pois quanto maior for o conteúdo do modelo, mais dimensões ele terá (CAMPESTRINI, 2015). Nem todos os recursos que o BIM pode oferecer ainda foram explorados ou aplicados de maneira completa, deixando aberto o número de dimensões possíveis a um modelo BIM.

2.1.4. Nível de Desenvolvimento

A elaboração de projetos na engenharia civil é realizada em diversas etapas. Estudos de viabilidade, projeto básico, executivo, entre outros. Cada uma dessas etapas possui a quantidade de informações necessárias para atender os seus requisitos e expectativas. Conforme o projeto vai avançando e tomando forma, são agregadas novas informações, análises e definições, para que se obtenha ao fim todos os documentos necessários para a adequada construção do empreendimento. Um modelo BIM também pode ser bastante detalhado ou não, possuindo apenas estudos de massa ou objetos detalhados a nível de fabricação. Para organizar melhor esses níveis de informação, deixando claras as especificações e limitações do modelo, foram estabelecidos os Níveis de Desenvolvimento, do inglês *Level of Development (LOD)*.





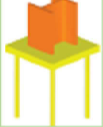

Inicialmente os conceitos de LOD foram utilizados para determinar o nível de detalhamento (*Level of Detail*), porém atualmente aplica-se como o nível de desenvolvimento do modelo, o que segundo (CBIC, 2016a) ampliou os conceitos iniciais. A nível de detalhamento, o LOD significa a quantidade de detalhes presentes no modelo, e já a nível de desenvolvimento estabelece o nível de confiança das informações encontradas no mesmo. Através do Caderno de Apresentação de Projetos em BIM, o Governo do Estado de Santa Catarina elaborou uma tabela relacionando os níveis de desenvolvimento com as etapas de projeto e uma breve descrição do que deve existir no modelo, apresentados na Tabela 2. Em 2013 a AIA, através da organização *BIMForum*, elaborou um documento chamado “*Level of Development Specification For Building Information Models*”, que contém a especificação do LOD de dezenas de objetos referentes à construção civil, publicando uma nova versão em 2016. A Tabela 1 descreve as definições fundamentais do LOD segundo a AIA.

Tabela 1 - LOD segundo a AIA

LOD	Descrição
100	O elemento do modelo pode ser representado graficamente no modelo por um símbolo ou outra representação genérica, mas não satisfaz os requisitos para o LOD 200. Informações relacionadas ao elemento podem ser derivadas de outros modelos.
200	O elemento do modelo é graficamente representado como um sistema genérico, objeto ou montagens com aproximação de quantidades, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não gráficas podem ser adicionadas ao elemento.
300	O elemento do modelo é graficamente representado como um sistema genérico, objeto ou montagem em termos de quantidade, tamanho, forma, localização e orientação. Informações não gráficas podem ser adicionadas ao elemento.
350	O elemento do modelo é graficamente representado por um sistema específico, objeto ou montagem em termos de quantidade, tamanho, forma, orientação e as interações com os outros sistemas do edifício. Informações não gráficas podem ser adicionadas ao elemento.
400	O elemento do modelo é graficamente representado por um sistema específico, objeto ou modelo em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação com informações de detalhamento, fabricação, montagem e instalação. Informações não gráficas podem ser adicionadas ao elemento.
500	O elemento do modelo é um campo de verificação das representações de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação. Informações não gráficas podem ser adicionadas aos elementos.

Fonte - (BIM FORUM, 2015)

Tabela 2 - LOD segundo o caderno de apresentação de projetos em BIM - SC

REPRESENTAÇÃO									- Execução da obra - "As built" - Realidade - Como executado		
DESCRIÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> - Levantamento de informações (Urbanísticas, ambientais, fundiárias e econômicas); - Identificação das necessidades; e Esboço. 			<ul style="list-style-type: none"> - Desenhos esquemáticos; - Volumetria geral edifício; - Análise do prédio inteiro (volume, orientação, os custos de metragem quadrada). 	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento do desenho e do modelo; - Sistemas/conjuntos genéricos (quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização, orientação); - Análise de desempenho do sistema selecionado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desenvolvimento da modelagem da construção; - Criação da documentação pela geração de desenhos tradicionais; - Análise dos elementos/sistemas; - Inclusão de atributos e parâmetros definidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Finalização da modelagem da construção; - Construção da documentação; - Modelos finais sem as informações e detalhes de montagens, suas especificações com os correspondentes desenhos; - Análise detalhada de elementos/sistemas; - Inclusão de atributos e parâmetros definidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Planejamento e administração da construção; - Modelos finais com as informações, detalhes de montagens e suas especificações com os correspondentes desenhos; - Tabelas de quantitativos precisas, que incluem, tamanhos, formas, localização e orientação dos elementos e objetos do projeto; - Representações virtuais dos elementos propostos, adequados para construção, fabricação e montagem. 	<ul style="list-style-type: none"> - Conclusão da execução da obra do Projeto; - Registro nos projetos e documentação de como foi construído e suas condições (As-built); - O modelo deve estar reajustado e configurado para ser usado como base de dados central para a integração nos sistemas de manutenção e operações do empreendimento; - Deve conter os parâmetros e atributos, conforme especificado pelo CONTRATANTE, concluídos. 		
NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO	ND 0			ND 100	ND 200	ND 300	ND 350	ND 400	ND 500		
ETAPAS	Levantamento de Dados (LV)	Programa de Necessidades (PN)	Estudo de Viabilidade (EV)	Estudo Preliminar (EP)	Anteprojeto (AP)	Projeto Legal (PL)	Projeto Básico (PB)	Projeto Executivo (PE)	Licitação da Obra	Contratação da Obra	Obra Concluída
FASES	Concepção do Produto			Definição do Produto	Identificação e Solução de Interfaces			Projeto de Detalhamento de Especialidades	Pós-Entrega do Projeto		

Fonte - (GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA, 2015)

O LOD pode ou não estar relacionado às etapas do projeto, pois uma mesma etapa pode conter objetos em níveis de desenvolvimento diferentes, mas serve como uma diretriz para determinar as limitações e a confiabilidade das informações presentes no modelo. O LOD ajuda na comunicação e na colaboração entre os profissionais envolvidos, visto que facilita e padroniza a troca de informações referentes à confiabilidade e detalhamento do modelo e/ou objeto. Existem métodos para calcular o nível de desenvolvimento de um modelo a partir do LOD de cada um de seus objetos. A utilização do LOD como referência para determinar os níveis de confiabilidade e o conteúdo presente no modelo facilita a comunicação e a troca de informação durante todo o processo de projeto e construção de um empreendimento (CBIC, 2016a).

2.1.5. Ferramentas

A aplicação prática dos conceitos relacionados à metodologia BIM não seria possível sem o avanço tecnológico das últimas décadas. O aumento da capacidade de processamento dos computadores e o desenvolvimento de *softwares* permitiu que fossem elaborados diversos recursos e ferramentas para a implementação da tecnologia BIM. Muitos recursos ainda não foram plenamente alcançados ou sequer descobertos, mas já existe uma gama bastante grande de aplicações disponíveis no mercado. Esta seção traz alguns exemplos de recursos existentes atualmente e *softwares* utilizados, demonstrando as possibilidades ao se aplicar conceitos BIM em projeto e construção. Ao longo do trabalho, através dos *softwares* e metodologias adotados, serão ilustrados alguns desses exemplos vistos a seguir.

2.1.5.1. Bibliotecas

Com o BIM, o modelo de um empreendimento torna-se um conjunto de diversos objetos parametrizados, e as ferramentas de plataforma BIM possuem suporte para a criação de bibliotecas desses objetos (EASTMAN, et al., 2008). As bibliotecas de objetos BIM são acervos que contém os elementos e famílias necessários à construção do edifício. Esses elementos podem ser genéricos, sendo criados pelos usuários ou por empresas e organizações, ou são os próprios fabricantes que desenvolvem sua biblioteca de objetos BIM baseado nos seus produtos. Existem diversos portais públicos e privados na internet que dispõe de bibliotecas com todos

os tipos de objetos. Ao longo do tempo as empresas de projeto adquirem e desenvolvem elementos e vão compondo o seu próprio acervo, usando esses objetos em seus empreendimentos. Os *softwares* BIM já possuem uma biblioteca com elementos genéricos, mas bastante simplificada, sendo possível importar objetos. Existem também *softwares* e *plug-ins* específicos apenas para gerenciar bibliotecas de objetos.

Um grande desafio na elaboração de bibliotecas e objetos é a sua padronização. Na seção de requisitos para a modelagem da informação da construção, o (GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA, 2015) exige o uso de pelo menos um dos sistemas de classificação: DEINFRA, SINAPI, *Unifomat* ou *Omniclass*. A norma “NBR ISO 12006-2:2010 Construção de edificação – Organização de informação da construção” aborda a classificação *Omniclass*. Com um sistema de classificação fica muito mais fácil gerenciar uma biblioteca, trocar informações entre projetos e profissionais, além de referenciar os objetos à tabelas de preços e composições, por exemplo.

2.1.5.2. Recursos

A elaboração de projetos através dos conceitos e *softwares* BIM apresenta uma série de ferramentas que agregam valor e qualidade ao empreendimento. Muitos processos manuais se tornam automatizados, reduzindo erros de inserção de dados e atualização de desenhos. Os recursos gráficos e de processamento dos computadores permitem a adoção de uma série de ferramentas de concepção, elaboração e dimensionamento de projetos e sistemas.

Para a concepção do projeto é possível realizar estudos de massa e volumetria, analisando a posição e tamanho do empreendimento na topografia do terreno, bem como sua orientação geográfica. Podem ser feitas estimativas iniciais de custo e área, realizando com rapidez análises de viabilidade de custos. É possível programar um modelo para verificar o atendimento da edificação frente a requisitos espaciais, como por exemplo relacionar metragens mínimas de determinados ambientes conforme o código de obras ou programa de necessidades do empreendimento, com o que foi projetado.

A quantidade de informações presentes nos elementos do modelo faz com que a extração de quantitativos e elaboração de orçamentos se torne muito facilitada. Modificações no projeto alteram automaticamente o orçamento, possibilitando a simulação de diferentes cenários e métodos construtivos de maneira bastante rápida, obtendo resultados muito mais precisos e

otimizando o projeto. Esses recursos servem como ferramentas para o orçamentista, mas de maneira alguma o substituirão. Com essas informações também é possível atrelar o modelo e o orçamento ao planejamento do empreendimento, utilizando para isso *softwares* de planejamento através da interoperabilidade. A partir de informações do planejamento e conhecendo-se os métodos construtivos, uma simulação da construção do empreendimento pode ser realizada em ambiente virtual, adicionando objetos temporários, como andaimes, máquinas e equipamentos necessários à construção. Neste ambiente são verificadas interferências entre frentes de serviço, possibilidades de layouts de canteiro, entre outras conclusões que podem gerar tomadas de decisão para otimizar o projeto e o processo de construção.

Com a utilização de objetos 3D paramétricos, as análises de interferências entre objetos e sistemas se faz de forma automática, gerando relatórios ao usuário. É possível detectar interferências de objetos que ocupam o mesmo espaço, ou até mesmo de objetos que estão tão próximos que inviabilizam o seu acesso, correto funcionamento, ou qualquer impossibilidade espacial definida através de regras pelo próprio usuário.

A elaboração de projetos estruturais e de sistemas de instalações também é viável através do BIM. Muitos *softwares* possuem modelos analíticos para dimensionar e verificar o esquema estrutural ou o funcionamento de um sistema hidráulico, por exemplo. Ainda não existe um único *software* que realize todos esses dimensionamentos, principalmente por se tratarem de disciplinas mais aprofundadas que necessitam de análises mais complexas e possuem uma normatização específica para cada país. Mas através da interoperabilidade e de formatos públicos, como o IFC, esses projetos podem ser convergidos para um único modelo. Na área de estruturas, é possível realizar detalhamentos e quantitativos mais precisos, com geração automática de desenhos. Existem recursos para a adição de cargas e análise de sistemas e modelos estruturais. A parametrização dos objetos possibilita o detalhamento de conexões entre estruturas metálicas, que se ajustam a cada modificação imposta pelo usuário, respeitando regras pré-estabelecidas. O mesmo ocorre nas conexões de tubulações, que permitem também análises de perdas e fluxo de líquidos.

Estudos sobre sustentabilidade, eficiência energética, luminotécnica, entre outros, são possíveis de serem realizados a partir do modelo do edifício. Essas análises normalmente necessitam de informações adicionais a respeito do cenário em que o empreendimento está inserido, levando à necessidade de *softwares* mais específicos. Simulações de operação e manutenção também podem ser realizadas, como análise de sistemas de evacuação e controle da vida útil de componentes. A utilização de um modelo “*as-built*” do empreendimento auxilia

no funcionamento da edificação, controlando suas operações e servindo como banco de dados sobre o que e como foi construído.

Ferramentas de acompanhamento e controle da obra também fazem o uso do BIM. Existem tecnologias de escaneamento a laser para por exemplo verificar as conformidades da obra com o projeto e realizar o rastreamento de instalações. Etiquetas de radiofrequência (RFID) para rastrear a entrega e instalação de componentes, tecnologias que utilizam GPS, entre outras, também se fazem presentes.

2.1.5.3. *Softwares*

Para aplicar os recursos e ferramentas apresentados anteriormente e muitas outras possibilidades existe uma quantidade bastante grande de *softwares* e soluções em tecnologia. *Softwares* BIM como o *Autodesk Revit*, *ArchiCAD* e *Bentley Architecture* possuem uma gama bastante grande de funções, abrangendo muitas possibilidades dentro da modelagem, porém para muitas disciplinas e estudos específicos são necessários *softwares* de análise mais aprofundada. Existem também *softwares* para orçamentação, planejamento de obras, custos, fabricação, compatibilização de projetos, análises de sistemas prediais e de funcionamento, entre outros. No Brasil, a plataforma de ferramentas da *Autodesk* é bastante popular, com diversas soluções em BIM, como o *Autodesk Navisworks*, para planejamento e compatibilização de projetos. Existem também plataformas para a colaboração e interoperabilidade, focando na troca de informações e comunicação, reunindo todos os dados em um único modelo acessado por toda a equipe, como é o caso da plataforma A360 da *Autodesk* e o *BIMcloud* da *Graphisoft*.

O *Tekla Structures*, da *Trimble*, é uma ferramenta para a análise de estruturas e detalhamento para fabricação de estruturas de aço e concreto pré-moldado. Ferramentas de estruturas como o *TQS* e o *Eberick*, possuem a possibilidade de exportar modelos IFC de estruturas, mas ainda pecam pela falta de colaboração com outros *softwares*. O *TQS* possui um *plug-in* para o *Revit*, com uma biblioteca de famílias e ferramentas para importar e exportar modelos entre os dois *softwares*. Os *plug-ins* são ferramentas bastante interessantes, desenvolvidas pelas próprias fabricantes de *software* ou por usuários, elas possuem funcionalidades específicas que podem ser adicionadas aos programas já existentes,

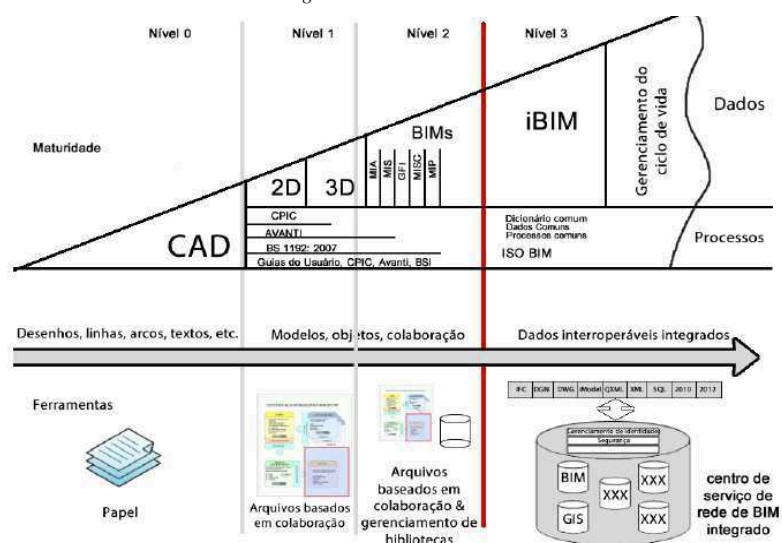
aumentando a gama de recursos. Existem diversos *plug-ins* disponíveis para os principais *softwares* de mercado.

A quantidade de programas e plataformas disponíveis é bastante grande, levando os profissionais à um universo com diversas ferramentas para auxiliar na elaboração, detalhamento, construção, análise e otimização do empreendimento. Nesta seção foram apresentadas apenas algumas aplicações, cabe a cada profissional avaliar as que melhor se encaixam no seu contexto e atendam às suas necessidades.

2.1.6. Situação Atual

Conforme visto anteriormente, os conceitos do BIM têm cerca de 40 anos, e a sua utilização foi amadurecendo juntamente com o avanço da tecnologia. A adoção do BIM é um processo bastante lento e que deve ser realizado em estágios. O governo do Reino Unido, através da publicação do seu grupo de trabalho em BIM (BIM Task Group, 2011), determinou níveis de maturidade a serem empregados ao longo dos anos no país. O nível 0 baseia-se apenas em desenhos CAD 2D. No nível 1 já são incorporados desenhos 3D paramétricos, enquanto no nível 2 já existe a colaboração e a interoperabilidade entre as disciplinas, podendo chegar às dimensões 4 e 5D. O nível 3 representa um processo totalmente integrado, através da integração de dados por IFC e um modelo totalmente colaborativo. A Figura 7 ilustra esses níveis.

Figura 7 - Nível de maturidade BIM



MIA - Modelagem da Informação da Arquitetura
 MIS - Modelagem da Informação da Simulação
 GFI - Gerenciamento Facilitado da Informação
 MSIC - Modelagem da Informação de Simulação da Construção
 MIP - Modelagem da Informação de Ponte

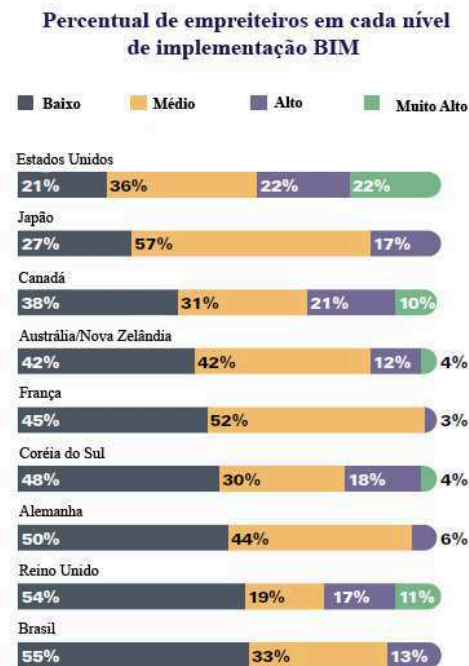
Fonte - (KASSEM, et al., 2015)

Segundo (SUCCAR, 2009) podem ser definidos 3 estágios para a implementação em BIM. O primeiro estágio se baseia apenas na modelagem paramétrica de disciplinas isoladas, sem considerar a colaboração, focando nos modelos 3D paramétricos. No segundo estágio, já existe a interoperabilidade entre diferentes disciplinas de projeto, com a verificação de interferências e a criação de modelos 4 e 5D. O terceiro estágio é caracterizado pela colaboração em todo o ciclo de vida do projeto, onde o modelo é criado e compartilhado entre as diferentes disciplinas de projeto desde o seu início, e podendo chegar a modelos “nD”.

2.1.6.1. BIM no Brasil e no Mundo

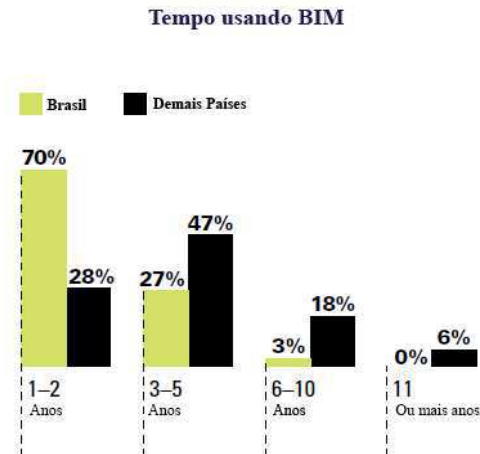
A empresa americana *McGraw Hill Construction* divulgou uma pesquisa realizada em 2014 a respeito do uso do BIM no mercado da construção civil em 10 países: Alemanha, Austrália, Brasil, Canadá, Coreia do Sul, Estados Unidos, França, Japão, Nova Zelândia e Reino Unido. A partir dessa pesquisa, é possível analisar a situação do Brasil frente a estes países conforme ilustra a Figura 8 e a Figura 9.

Figura 8 - Nível de implementação BIM por empreiteiros – Brasil x Outros países



Fonte - (McGraw Hill Construction, 2014)

Figura 9 - Tempo usando BIM - Brasil x Outros Países



Fonte - (McGraw Hill Construction, 2014)

Segundo (KASSEM, AMORIM, 2015), uma abordagem para avaliar a difusão do BIM em um país pode ser verificada através dos seguintes indicadores: Conhecimento do corpo técnico, organização técnica, estrutura técnica e o arcabouço regulatório. (KASSEM, AMORIM, 2015) fez uma análise comparativa a partir de oito componentes, seguindo o desenvolvimento de (KASSEM, et al., 2013), comparando o Brasil com outros países da União Europeia conforme pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3 - Comparação Brasil x Países da UE

		PAÍS					
		Reino Unido	França	Holanda	Finlândia	Noruega	Brasil
Componentes da política do BIM	Estratégia, visão e marco	Não Existente	Iniciado	Não Existente	Não Existente	Não Existente	Iniciado
	Padrões, protocolos e guias	Não Existente	Iniciado	Desenvolvimento em Andamento	Não Existente	Não Existente	Desenvolvimento em Andamento
	Motivadores e promotores	Não Existente	Iniciado	Não Existente	Não Existente	Não Existente	Iniciado
	Resultados padronizados	Não Existente	Iniciado	Iniciado	Desenvolvimento em Andamento	Desenvolvimento em Andamento	Iniciado
	Marco regulatório	Desenvolvimento em Andamento	Não Existente	Iniciado	Iniciado	Iniciado	Iniciado
	Medidas e otimização	Iniciado	Não Existente	Iniciado	Não Existente	Iniciado	Não Existente
	Educação e aprendizado	Desenvolvimento em Andamento	Iniciado	Iniciado	Iniciado	Iniciado	Iniciado
	Infraestrutura de tecnologia*	Desenvolvimento em Andamento	Não Existente	Não Existente	Não Existente	Iniciado	Não Existente

*Nessa tabela de comparação, a infraestrutura ou os sistemas de TI são referidos àqueles disponíveis no país para aquisição e entrega de projetos BIM pelas principais autoridades/entidades públicas

Fonte - (KASSEM, AMORIM., 2015)

Analisando os dados exibidos anteriormente é possível perceber que o Brasil se encontra em um nível de implementação em BIM bastante abaixo dos países mais desenvolvidos. O conhecimento deste tema no país ainda é muito recente, necessitando de tempo e maiores iniciativas para atingir estágios mais avançados. A seguir serão apresentados alguns exemplos

da situação atual que os países relacionados anteriormente se encontram, contextualizando também a situação do Brasil e os avanços obtidos até o presente momento.

2.1.6.2. *Cenário Mundial*

Em janeiro de 2016, diversos países pertencentes à União Europeia se uniram para formar o *EU BIM Task Group* (Grupo de Trabalho BIM – União Europeia). Seu objetivo principal é elaborar um guia para o setor público contendo os princípios do BIM, estratégias de implementação, considerações técnicas, entre outros. Através de palestras e participação em diversas conferências pela Europa, o grupo pretende difundir e compartilhar experiências BIM pelo continente. Outra organização de bastante relevância no cenário internacional é a *buildingSMART*, que surgiu após a mudança de nome de IAI para *buildingSMART*. Hoje a ela é representada em diversos países, possuindo muitos parceiros e sendo um canal aberto de informações, promovendo o BIM ao redor do planeta.

Países como Reino Unido, Estados Unidos, Finlândia, Noruega e Holanda já exigem a utilização do BIM para licitações públicas há alguns anos. O governo inglês publicou em 2011 a “Estratégia de Construção do Governo do Reino Unido”, onde um dos principais objetivos era que a partir de 6 de abril de 2016 todos os projetos para concorrência pública atendessem ao BIM Nível 2. O Reino Unido possui uma série de normas e guias bastante desenvolvidos sobre o modelo de informação da construção, além de contar com diversas bibliotecas de objetos bastante desenvolvidas, como a *BIMStore*. Na Finlândia, o uso do BIM no setor público passou a ser obrigatório em 2007, com orientações publicadas e atualizadas em 2012 pela *Senate Properties*, chamadas então de “COBIM 2012” (Exigências Comuns do BIM 2012), com uma série de 13 exigências. A *Senate Properties* é uma empresa do setor público finlandês, e segundo (KASSEM, AMORIM, 2015), a partir das exigências estabelecidas, a empresa contribuiu significativamente para que houvesse um crescimento na adoção do BIM na Finlândia, servindo de exemplo para outras organizações.

Existem diversos outros países onde a obrigatoriedade do BIM já se faz presente no âmbito público, o que também leva o setor privado a se adequar a essas novas exigências, impulsionando todo o setor da construção civil. Evidente que essa simples obrigatoriedade não é suficiente, necessitando de toda uma estrutura normativa bem desenvolvida e um conhecimento técnico apurado, resultado de anos de desenvolvimento.

2.1.6.3. *Cenário Brasileiro*

O Brasil se encontra em um patamar inferior ao dos países mencionados anteriormente. Conforme a comparação feita por (KASSEM, AMORIM, 2015) na Tabela 3, pode-se ver que o Brasil está longe de ser bem desenvolvido no tema. Porém, também é importante destacar que já existem diversas ações sendo tomadas na direção do BIM, e mesmo que tímidas ou pouco efetivas, contribuem para a evolução do Brasil nesse contexto.

Algumas organizações têm realizado esforços na direção de difundir os conceitos e vantagens da modelagem da informação. A Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura publicou o Guia AsBEA de Boas Práticas em BIM, chegando ao seu segundo fascículo em agosto de 2015. A CBIC, Câmara Brasileira da Indústria da Construção em parceria com o Senai publicou em 2016 uma coletânea de 5 volumes sobre a implementação do BIM para construtoras e incorporadoras. Além disso já existem diversos outros artigos e publicações acerca do tema, bem como cursos e palestras pelo país. A publicação mais notável realizada pelo setor público até então foi a da Secretaria de Estado do Planejamento de Santa Catarina, que apresentou o “Caderno de Apresentação de Projetos em BIM” em 2015, contendo uma série de recomendações, exigências e padronizações a respeito da implantação do BIM no setor público. Também foi firmada em janeiro de 2017 a Rede BIM Gov Sul, parceria entre os 3 estados da região sul do Brasil: Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, com o objetivo de integrar as ações de implantação BIM entre esses estados. Embora ainda não tenham ocorrido ações realmente efetivas de implantação destas e outras organizações, é possível ver uma movimentação promissora, demonstrando que a utilização do BIM em maior escala no Brasil é uma questão de amadurecimento.

Em âmbito federal, está em desenvolvimento a NBR 15965 – Sistema de classificação da informação da construção, dividida em 7 partes, e que atualmente possui 4 partes publicadas:

- NBR 15965-1:2011 (ABNT, 2011) – Terminologia e Estrutura
- NBR 15965-2:2012 (ABNT, 2012a) – Características dos Objetos da Construção
- NBR15965-3:2014 (ABNT, 2014) – Processos da Construção
- NBR 15965-7:2015 (ABNT, 2015) – Informação da Construção

Também existem esforços na direção do programa Minha Casa Minha Vida, onde o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior em parceria com um escritório

de arquitetura privado desenvolveu um material contendo modelos, projetos e tutoriais acerca do BIM e do programa do governo, servindo também como um guia para os demais profissionais. Esse material, bastante rico em informações, foi disponibilizado para download no site do próprio escritório.

Conforme apresentado na Figura 9, o tempo de uso do BIM no Brasil pelas empresas ainda é bastante recente, fazendo com o que o seu aprofundamento no tema seja pequeno. O BIM no Brasil tem sido utilizado principalmente por escritórios de arquitetura, que têm em sua maioria desenvolvido modelos 3D paramétricos, mas longe ainda dos níveis mais avançados. A Figura 10 ilustra o que foi dito anteriormente, exibindo as principais ações das empresas brasileiras em uma pesquisa elaborada por (KASSEM, AMORIM, 2015). No âmbito dos fabricantes de materiais e objetos para construção civil, pode ser destacada a Tigre, que direcionou esforços na criação de bibliotecas de objetos paramétricos para instalações hidrossanitárias e elétricas.

Figura 10 - Tipos de atividades relacionadas ao BIM

TIPOS DE ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO TEMA BIM



Fonte - Adaptado (KASSEM, AMORIM, 2015)

É preciso que também haja um enfoque bastante grande da área acadêmica em realizar pesquisas sobre o tema. Segundo (KASSEM, AMORIM, 2015), as primeiras dissertações sobre BIM defendidas no Brasil ocorreram em 1996, na UFF. Com o passar dos anos mais trabalhos acadêmicos foram desenvolvidos e sua frequência aumentou, porém ainda falta incluir no currículo obrigatório dos cursos de engenharia e arquitetura disciplinas que tratem sobre BIM. O que já existe, são diversos cursos e especializações a nível de pós-graduação oferecidos por

empresas privadas, mas ainda é pouco, é preciso que os futuros profissionais tenham conhecimento sobre o tema.

Considerando esses aspectos, o Brasil ainda se encontra em um estágio bastante inicial, porém, já é possível perceber que nos últimos anos a indústria da construção civil tem dado mais atenção a este assunto, e algumas ações nesta direção começaram a ser tomadas. É preciso um engajamento de todas as partes envolvidas, desde construtores, empreiteiros, engenheiros, arquitetos, fabricantes, comunidade acadêmica e até mesmo o Estado. Cada uma dessas partes tem um papel importante, sendo que é necessária a colaboração de todos para melhor aproveitar os recursos oferecidos pelo BIM, elevando a qualidade dos projetos desenvolvidos em nosso país.

2.2.PROJETOS

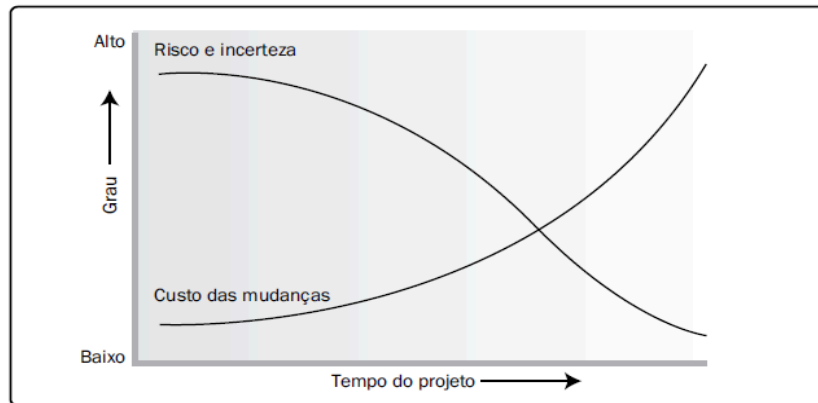
2.2.1. Definição

Segundo a norma NBR ISO 21500:2012(ABNT, 2012b), um projeto consiste em um conjunto de processos e atividades com início e término definidos, com a finalidade de atingir determinado objetivo que cumpra requisitos como tempo, custos e recursos. Já segundo o (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2013), que através do Guia PMBOK afirma que “Projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. A natureza temporária dos projetos indica que eles têm um início e um término definidos”.

O projeto de um empreendimento é uma das etapas mais importantes do seu processo de construção, pois é nele em que todas ideias e diretrizes serão concebidas, afim de se obter sucesso ao final. Portanto, nesta etapa se mostra profundamente importante um estudo bem feito, para que não ocorram problemas futuros. Um projeto bem elaborado resulta em grande economia de recursos, além de um produto final de qualidade. Já um projeto mal elaborado acarreta na necessidade de correções futuras, seja ao longo da obra seja na vida útil do empreendimento. A Figura 11 ilustra como o custo de mudanças e correções evolui ao longo do tempo do projeto e também os riscos e incertezas presentes em um projeto. As informações

e decisões devem ser antecipadas afim de que os problemas que venham a surgir sejam solucionados o quanto antes, evitando um aumento de custos.

Figura 11 - Projetos – Custo x Risco x Tempo

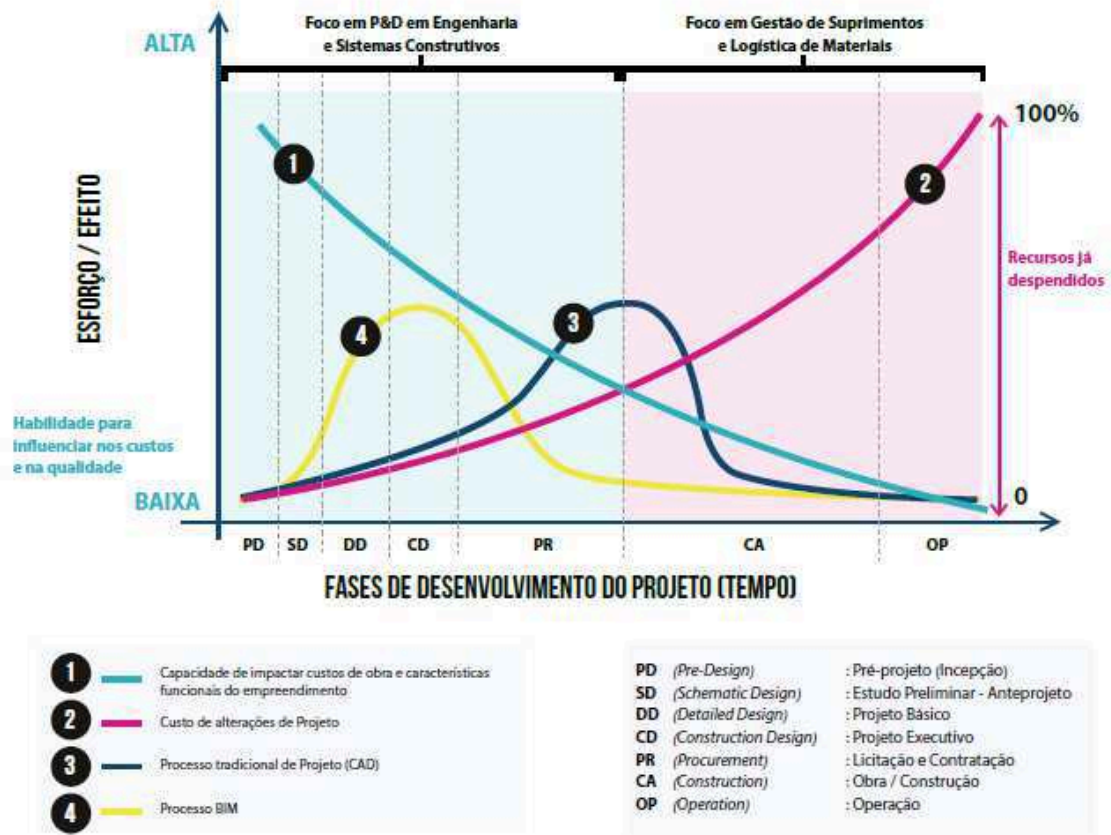


Fonte - (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2013)

2.2.2. O uso do BIM em projetos

A implementação da metodologia BIM transforma consideravelmente a maneira de se projetar edifícios. O BIM modifica a relação dos profissionais envolvidos na elaboração do projeto através da necessidade de colaboração, da antecipação de informações e de modelos mais consistentes, com menos erros, mais estudo e planejamento. O maior tempo gasto no processo de elaboração do projeto é compensado pela maior rapidez na geração de detalhamentos e desenhos. O trabalho de coordenação entre pessoas e disciplinas de projeto ocorre com mais intensidade, realizando trocas de informações e solucionando divergências. Costuma ser designado um profissional apenas para coordenar e gerenciar todo esse processo de projeto, já que são necessários maiores esforços nas fases de concepção e elaboração. A Figura 12 ilustra esse cenário, comparando o processo BIM com o processo tradicional baseado em CAD.

Figura 12 - Fases de desenvolvimento do projeto



Fonte - (CBIC, 2016a)

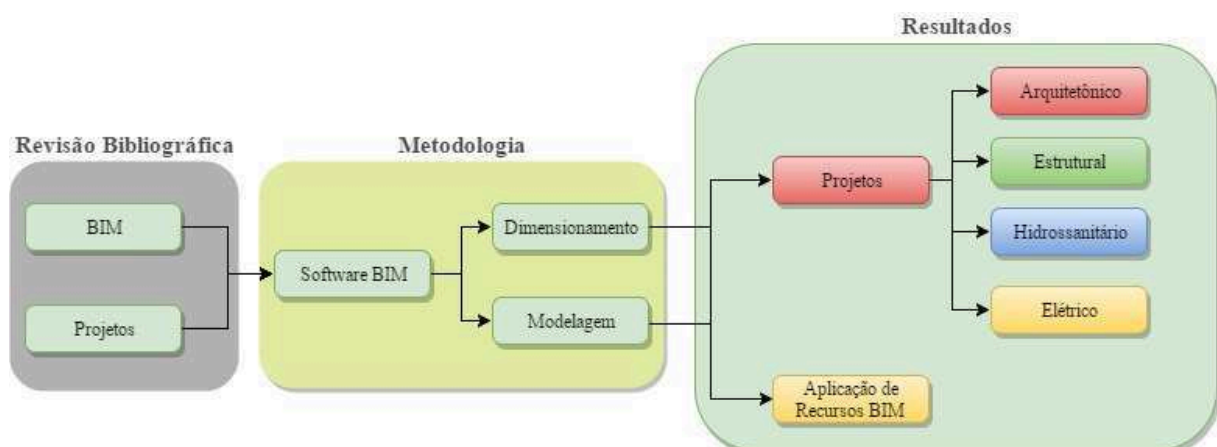
Com uma maior oferta de ferramentas, análises e especialidades, o BIM possibilita aos profissionais oferecer novos serviços, consultorias e cria novas funções que agregam mais qualidade ao projeto. A produtividade na elaboração de projetos aumenta, e ao final tem-se um empreendimento com custos reduzidos se comparado ao processo tradicional. A implementação do BIM deve ser realizada com cautela, elaborando-se um plano de adoção ao BIM, e respeitando a curva de aprendizado dos profissionais envolvidos. Deve-se também tomar cuidado na forma de contratação dos serviços e definição das responsabilidades técnicas e riscos.

3. METODOLOGIA

3.1. ETAPAS DO TRABALHO

A primeira etapa deste trabalho consistiu na realização da revisão bibliográfica acerca do tema. O conhecimento em BIM e em projetos foi aprofundado, de maneira a permitir ao autor obter os fundamentos necessários para desenvolvimento deste trabalho. A partir disso, iniciou-se a escolha dos *softwares* disponíveis no mercado que melhor se encaixariam neste contexto, realizando treinamentos para a utilização adequada dos mesmos. Com um domínio satisfatório nos *softwares* adotados, deu-se início à modelagem dos projetos, começando pelo estrutural. Sequencialmente foram realizados os projetos arquitetônicos e de instalações, respeitando os critérios de dimensionamento estabelecidos em norma, que serão posteriormente apresentados neste capítulo. Ao longo do desenvolvimento dos projetos foram aplicadas ferramentas BIM, e ao fim alguns recursos adicionais foram exemplificados para demonstrar as capacidades dos *softwares* e do BIM. A Figura 13 ilustra a sequência de etapas do trabalho.

Figura 13 - Etapas do trabalho

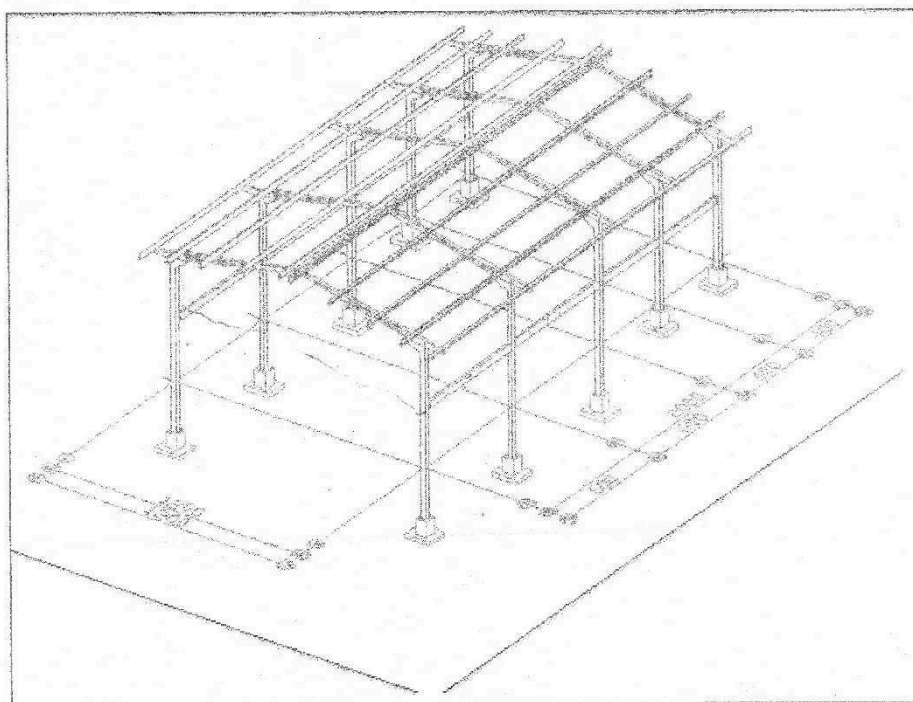


Fonte - Autor (2017)

3.2.O EMPREENDIMENTO

O objeto de estudo para aplicar os conceitos da metodologia BIM é um galpão industrial em estrutura pré-moldada. O fato de ser um empreendimento de pequeno porte possibilita um aprofundamento satisfatório nas várias disciplinas e ferramentas, aproveitando melhor os diferentes recursos proporcionados pelo BIM. O autor já dispunha do projeto estrutural do galpão no formato impresso, conforme pode ser visto na Figura 14, que além da ilustração do modelo contém cotas, a relação dos elementos e suas dimensões. O projeto foi desenvolvido por uma empresa especializada.

Figura 14 - Projeto estrutural digitalizado



Fonte - Autor (2017)

O galpão de 240 m² será construído em um terreno em condomínio industrial na cidade de Biguaçu/SC. A estrutura em concreto pré-moldado já foi fabricada e entregue. A topografia do lote é plana, e para fins didáticos não entrarão no escopo deste estudo projetos referentes à infraestrutura do terreno como ruas, muros, drenagem, entre outros, focando o estudo apenas no galpão em si.

Em suas instalações, o galpão contará com uma área de administração com sala de escritório, recepção e banheiros. Além disso, terá uma área industrial com vestiários e banheiros feminino e masculino, e o espaço destinado à instalação dos equipamentos industriais. O galpão

terá o fechamento de suas paredes em alvenaria com blocos cerâmicos, revestimento de argamassa, e acabamento em azulejo cerâmico para áreas molhadas e pintura convencional para as demais. Possuirá revestimento de pintura para o piso da área industrial e piso cerâmico para os demais ambientes. Suas esquadrias serão em alumínio ou madeira, e o forro será de PVC.

Os projetos a serem elaborados seguem as diretrizes e requisitos que um galpão industrial deve atender, conforme o Código de Obras de Biguaçu/SC (BIGUAÇU, Lei nº 356/83, 1983). Além disso, serão atendidos pelos projetos os critérios de dimensionamento conforme as normas e legislações vigentes no Brasil.

3.3.SOFTWARES ADOTADOS

3.3.1. Autodesk Revit

O *Revit* é um *software* de plataforma BIM desenvolvido pela Autodesk, voltado para arquitetura e engenharia, possuindo diversos recursos e ferramentas. O *Revit* é subdividido em: *Revit Architecture*, para o desenvolvimento de projetos arquitetônicos, *Revit Structure*, para projetos estruturais e o *Revit MEP*, para projetos de instalações elétricas, hidráulicas e sistemas mecânicos. Todas as três divisões do *Revit* foram utilizadas neste trabalho, e suas ferramentas e limitações serão apresentadas ao longo da metodologia e desenvolvimento de cada projeto. Para complementar os recursos do *Revit* foram adicionados dois *plug-ins*: *BIMObject*, uma ampla e gratuita biblioteca de famílias e objetos BIM, e o *MEP Hydraulic*, para o download de famílias de objetos hidrossanitários, que na sua versão gratuita não disponibiliza muitos recursos.

A escolha do *Revit* para a elaboração deste trabalho se deu principalmente pelos seguintes fatores: familiaridade prévia do autor com alguns recursos, disponibilidade do *software* para a comunidade acadêmica, quantidade de material disponível para o seu aprendizado, e a utilização de ferramentas de colaboração da *Autodesk*. Existem diversas outras opções de *softwares* no mercado como já citado anteriormente, porém o *Revit* é o que melhor atende aos requisitos para a elaboração deste trabalho.

3.3.2. Autodesk A360

O Autodesk A360 é uma plataforma online de compartilhamento de dados em nuvem desenvolvida pela própria Autodesk. Além de compartilhar uma grande quantidade de formatos de arquivo, é possível visualizar qualquer projeto sem a necessidade de possuir um *software* instalado no seu computador, smartphone ou tablet. O A360 renderiza os projetos de maneira bastante rápida, sendo também uma ótima ferramenta gráfica. A partir do *Revit* é possível atualizar o modelo hospedado na nuvem, que estará disponível instantaneamente para qualquer um que tenha acesso ao projeto.

Utilizando a mesma plataforma, existe o *Autodesk BIM 360 Team*, para a colaboração entre projetos e profissionais. Além dos recursos do A360, é possível adicionar chats, comentários, vincular projetos e demais ferramentas que possibilitam a integração, colaboração e coordenação do modelo, tudo online, com amplo acesso aos profissionais envolvidos. Os modelos podem ser compartilhados externamente para que qualquer um possa visualizá-lo, sendo um ótimo recurso para apresentar aos clientes. Para a elaboração deste trabalho foi utilizado o Autodesk BIM 360 Team, vinculando na nuvem os projetos arquitetônico, estrutural, de instalações hidrossanitárias e de instalações elétricas. A escolha pela utilização desta plataforma se deu pela tentativa de aproximar a elaboração deste trabalho à uma situação real de projeto, que normalmente possui diferentes escritórios e profissionais trabalhando em conjunto, e dessa forma podem ser aplicados conceitos de colaboração e interoperabilidade.

3.4. MODELAGEM

3.4.1. Estrutural

O projeto estrutural foi previamente elaborado e produzido por uma empresa especializada em elementos de concreto pré-moldado. Para a realização deste trabalho obteve-se uma cópia impressa do projeto, que especifica os tipos e quantidades de elementos e a sua localização, apresentada na Figura 14. A Tabela 4 apresenta a relação dos elementos pré-moldados.

Para modelar as peças de concreto pré-moldado foi utilizado o *software Revit Structure*, que contém algumas famílias genéricas de elementos estruturais pré-moldados e recursos para a elaboração de objetos paramétricos. Inicialmente tentou-se utilizar o *software Tekla Structures*, que possui um aprofundamento maior na disciplina de estruturas, porém a falta de familiaridade do autor com o *software*, a maior complexidade e as dificuldades na exportação e importação de modelos IFC para o *Revit* fizeram com que o *software* da Autodesk se tornasse mais vantajoso para o cenário deste trabalho.

Tabela 4 - Relação dos elementos pré-moldados

Quantidade	Unidade	Descrição
10	unid	Sapatas Pré-Fabricadas
10	unid	Pilares Pórticos Maciços Cabeça Simples 23x23
10	unid	Braços de Cobertura Vão 12 metros c/ Beiral
220	ml	Terças de Concreto
8	unid	Vigas Intermediárias 12 x 35

Fonte - Autor (2017)

As únicas bibliotecas de objetos de concreto pré-fabricado encontradas foram as presentes nos próprios *softwares* BIM, contendo elementos genéricos. Não foram encontradas bibliotecas elaboradas por fabricantes de estruturas. Logo, as peças do projeto foram modeladas a partir de elementos genéricos presentes no *Revit Structure*. Como o projeto não especifica o formato e dimensões de todas as peças, foi realizada uma visita no local onde as mesmas se encontram para que suas medidas e formas exatas fossem obtidas. A Figura 15 ilustra algumas peças. Optou-se por utilizar os elementos do *software* como base para a modelagem pois assim pôde-se aproveitar os parâmetros e regras já estabelecidos, editando apenas a sua geometria. As famílias de sapata e viga retangulares são exibidas na Figura 16, que também mostra alguns parâmetros da família de sapatas retangulares. A Figura 17 exhibe a família de pilares estruturais de concreto pré-moldado com mísulas, utilizada como base para os pilares do projeto, mostrando a planta baixa, elevação e vista 3D. Existem parâmetros de largura, altura, posição da mísula, entre outros, que podem ser editados. Ao editar uma família podem ser definidos e alterados parâmetros, impor regras, limitações geométricas, pontos de conexão, materiais, etc. Essas informações diferem um objeto paramétrico de um sólido 3D.

Figura 15 - Elementos pré-fabricados



Fonte – Autor (2017)

Figura 16 - Famílias de sapatas e vigas

Tipos de famílias

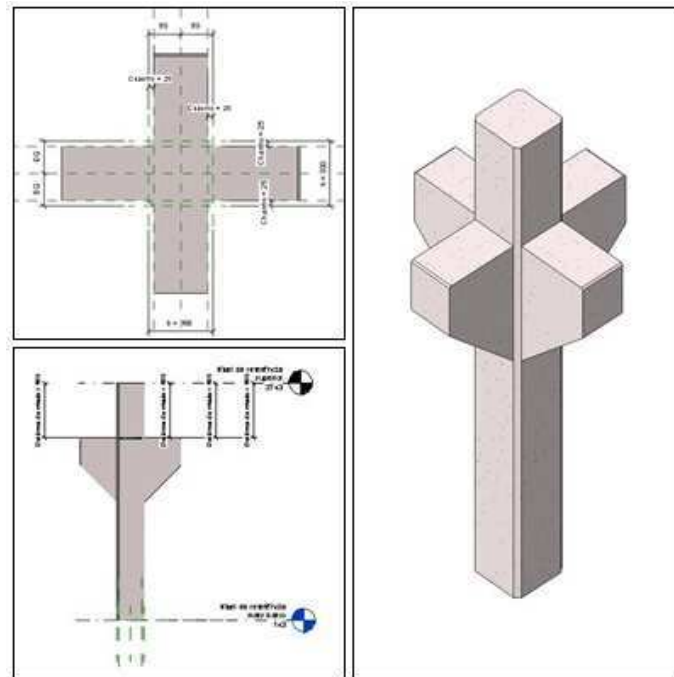
Digite o nome: Sapata de Fundação

Parâmetros de pesquisa

Parâmetro	Valor	Fórmula	Bloquear
Materiais e acabamentos			
Material estrutural (padrão)	Concreto, Moldado no loc	=	
Cotas			
Espessura da fundação	450.0	=	<input type="checkbox"/>
Largura	1200.0	=	<input type="checkbox"/>
Comprimento	1800.0	=	<input type="checkbox"/>
Dados de identidade			
Código de montagem		=	
Tipo de imagem		=	
Nota-chave		=	
Modelo		=	
Fabricante		=	
Comentários de tipos		=	
URL		=	
Descrição		=	

Fonte - Autor (2017)

Figura 17 - Família de pilar estrutural pré-moldado



Fonte - Autor (2017)

Após a modelagem de todas as peças, fez-se a locação e união das mesmas conforme especificado no projeto. Primeiramente são definidos os níveis dos pavimentos, onde cada elemento é associado ao pavimento/nível, pois se a cota do nível é alterada o elemento também se desloca. Definidos os níveis, são alocados os eixos do projeto e inseridas as sapatas e pilares nos eixos. A partir do arranjo dos pilares os demais elementos foram conectados, compondo a estrutura. Fez-se também a inserção de uma laje de fundação, para servir de base para os demais projetos. Não foram levantados dados a respeito do solo, porém em uma situação real essa análise é necessária. O *software* possui recursos de análise das estruturas, com situações de carregamento e detalhamento de armaduras, mas por se tratar de uma estrutura pré-moldada definida e projetada anteriormente, esse estudo também não fez parte do escopo do trabalho.

3.4.2. Arquitetônico

Posteriormente ao lançamento da estrutura do galpão iniciou-se a modelagem do projeto arquitetônico, consistindo na elaboração de paredes, pisos, esquadrias, forros, cobertura,

mobiliário, revestimentos, definição de ambientes e áreas através do *software Revit Architecture*. Primeiramente foram editadas as famílias dos elementos e materiais, e importados objetos como portas e janelas.

- Paredes:

Famílias de paredes já são carregadas previamente com o *software*, permitindo ao usuário duplicá-las e editar seus parâmetros. É possível definir a sua estrutura, suas camadas e materiais, dados de identidade, além de propriedades analíticas referentes ao comportamento térmico e de luminosidade. O estudo deste trabalho será direcionado à definição da estrutura das paredes.

Para a elaboração deste projeto adotou-se o uso de tijolos cerâmicos de dimensões 14x19x39cm para todas as paredes, revestimento de argamassa e acabamento em pintura ou azulejo. Com isso, pôde-se definir a espessura final das paredes em 18 cm. Os tipos de paredes foram criados conforme o acabamento final de suas faces, considerando azulejo cerâmico ou sistema de pintura, definindo a estrutura e espessura de cada camada. É muito importante que o método construtivo e os revestimentos adotados já sejam plenamente conhecidos nesta etapa, pois assim pode-se definir a estrutura das paredes de maneira mais consistente, conduzindo também a um levantamento de quantitativos mais calibrado. A Figura 18 exibe a definição das camadas de uma parede. É possível editar a função, material e espessura de cada camada. Podem ser inseridas quantas camadas forem necessárias, conforme o detalhamento e precisão esperados pelo projetista. As definições dos materiais que compõem as camadas de uma parede também podem ser editadas, como sua forma de visualização, representação em cortes, comportamentos físicos, térmicos, entre outras opções. Para todo elemento do projeto é associado um tipo de material, que posteriormente pode ser extraído o seu quantitativo. A Figura 19 ilustra algumas definições para o material de tijolo cerâmico.

Figura 18 - Camadas de uma parede

Família: Parede básica
 Tipo: Revestimento - Pintura/Azulejo
 Espessura total: 18,00
 Resistência (R): 0,2915 (m²·K)/W
 Massa térmica: 22,02 kJ/K

Altura da amostra: 600,00

Camadas

LADO EXTERNO					
	Função	Material	Espessura	Coberturas	Material estrutural
1	Acabamento 1 [4]	Pintura Externa	0,50	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Substrato [2]	Reboco	1,50	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Limite do núcleo	Camadas acima da v	0,00		
4	Estrutura [1]	Tijolo Cerâmico	14,00	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Limite do núcleo	Camadas abaixo da	0,00		
6	Substrato [2]	Reboco	1,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Acabamento 1 [4]	Azulejo cerâmico	1,00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

LADO INTERNO

Inserir Excluir Acima Abaixo

Virada do revestimento-padrão
 Nas inserções: Ambos
 Nas extremidades: Nenhum

Modificar estrutura vertical (somente na visualização do corte)
 Modificar Mesclar regiões Extrusão por percurso
 Atribuir camadas Dividir região Frisos

<< Visualizar OK Cancelar Ajuda

Fonte - Autor (2017)

Figura 19 - Parâmetros de material

Identidade Gráficos Aparência Físico Térmico

Nome Tijolo, Comum

Informações descritivas
 Descrição Tijolo comum
 Classe Alvenaria
 Comentários
 Palavras-chave

Informações sobre o produto
 Fabricante
 Modelo
 Custo
 URL

Informações de anotação do Revit
 Nota-chave
 Marca

Sombreamento
 Utilizar aparência de renderização
 Cor RGB 170 100 105
 Transparência 0

Padrão de superfície
 Modelo Tijolo 75x225
 Cor RGB 0 0 0
 Alinhamento Alinhamento da textura...

Padrão de corte
 Modelo Obra de alvenaria
 Cor RGB 0 0 0

Identidade Gráficos Aparência Físico Térmico

Tijolo - Peso Médio

Informações

Propriedades
 Transmite luz

Comportamento Isotrópico

Conductividade térmica 0,5400 W / (m · K)

Calor específico 0,8400 J / (G · °C)

Densidade 1.530,00 kg/m³

Emissividade 0,95

Permeabilidade 182,4000 ng / (Pa · s · m³)

Porosidade 0,01

Reflexibilidade 0,00

Resistividade elétrica 2.000.000,0000 Ω · m

Identidade Gráficos Aparência Físico Térmico

Trecho não uniforme - Vinho

Informações

Alvenaria
 Tipo Alvenaria
 Imagem brick_non_uniform_nanning_burgundy.png
 Acabamento Sem acabamento

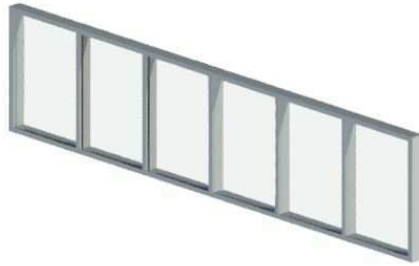
Padrão de liberação

Matéria

Fonte - Autor (2017)

Além das paredes convencionais, também existem as chamadas paredes cortina, que consistem em montantes e perfis para a modelagem de fachadas de vidro, onde podem ser editados os espaçamentos, tipos de perfis, espessuras, entre outros. A Figura 20 ilustra essa família.

Figura 20 - Painel de parede cortina



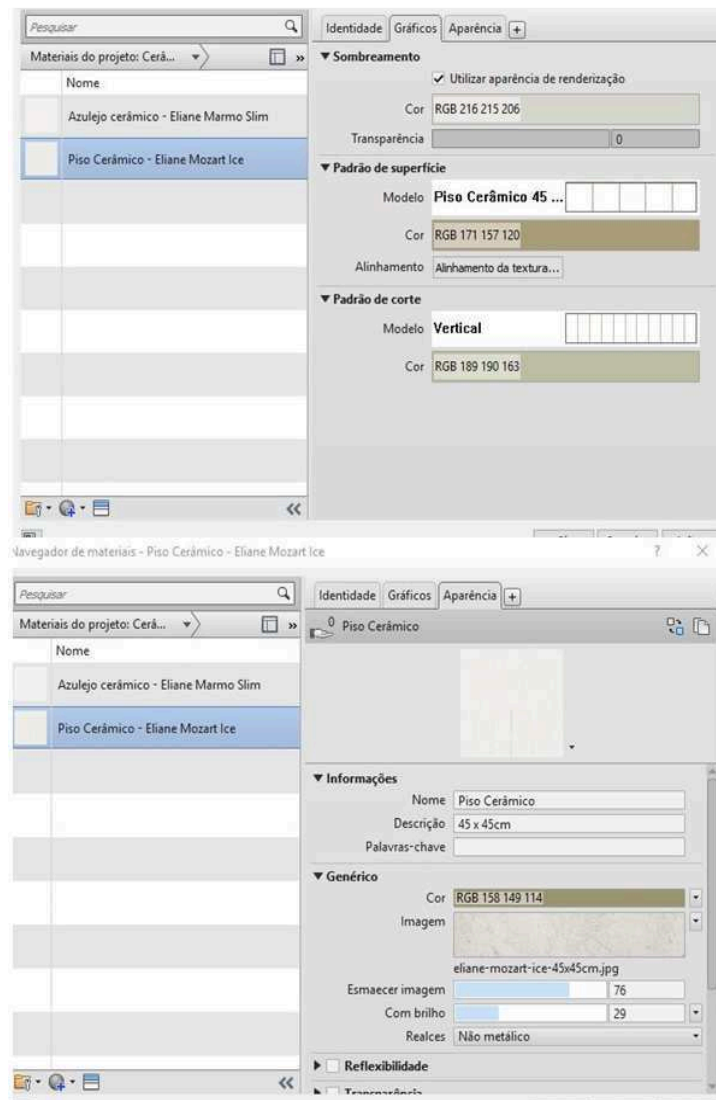
Fonte - Autor (2017)

○ Pisos:

As famílias de pisos funcionam da mesma forma que as de paredes, onde é definida a estrutura do piso, suas camadas e materiais. Foi criado um padrão de contrapiso com revestimento cerâmico e outro com revestimento de pintura e acabamento para a área industrial.

Para os pisos cerâmicos é possível criar padrões de superfície que representem as dimensões dos pisos e a sua paginação. Através do catálogo de um fabricante foi escolhido o revestimento a ser utilizado, suas dimensões e sua aparência. Então o material de piso cerâmico foi criado e configurado conforme suas especificações. Após associar o material à camada de revestimento do piso, foi realizada a sua paginação. Além disso, é possível visualizar a aparência do piso no projeto conforme a imagem obtida com o fabricante. Essas mesmas configurações também podem ser criadas para azulejos ou qualquer tipo de material. A Figura 21 e a Figura 22 ilustram esses recursos.

Figura 21 - Material de revestimento cerâmico



Fonte - Autor (2017)

Figura 22 - Piso cerâmico

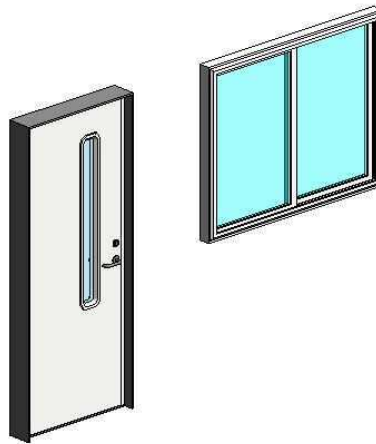


Fonte - Autor (2017)

- Esquadrias:

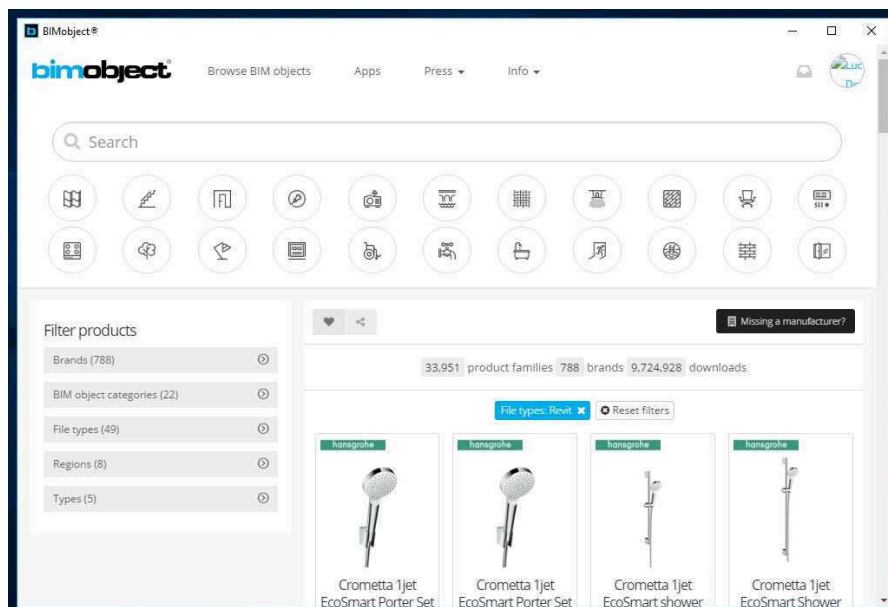
As portas e janelas foram importadas para o projeto através do *plug-in BIMobject*, uma extensa biblioteca de famílias e objetos gratuita apresentada na Figura 24. Através do catálogo que conta com mais de 900 fabricantes, foram escolhidas as famílias de portas e janelas, conforme ilustra a Figura 23. Por serem objetos paramétricos é possível ajustar as dimensões e características dos elementos, adequando-os ao projeto. A colocação de portas e janelas se dá apenas em famílias de paredes, e ajustes como a altura do peitoril são facilmente configurados.

Figura 23 - Porta e janela



Fonte - Autor (2017)

Figura 24 - Interface BIMobject



Fonte - Autor (2017)

- Forros:

As famílias de forros funcionam de maneira similar aos pisos, possuindo uma estrutura em camadas e a possibilidade de paginação, como no caso de forros de EPS, utilizados nesse projeto. A família de forro foi importada a partir do *BIMObject*. As ferramentas de colocação dos forros permitem que o ambiente seja reconhecido e a área de forro seja delimitada automaticamente.

- Telhado:

Através da ferramenta “Telhado” foram definidas as inclinações, a delimitação e a quantidade de águas do telhado. Essa ferramenta gera uma estrutura genérica de telhado, com suas superfícies, espessuras e estrutura, similar aos elementos já apresentados. Para uma representação mais fiel à realidade, é possível modelar terças, caibros, telhas, entre outras peças, dependendo do sistema construtivo, utilizando as superfícies do telhado para posicionar essas peças. No caso deste galpão, as terças já foram fornecidas no projeto estrutural, sendo somente necessária a colocação das telhas. Para este projeto foi escolhida a telha de fibrocimento, posicionada sobre as terças de concreto. Uma família de telhas de fibrocimento foi encontrada na internet, não sendo conhecido o seu autor. Essa família se ajusta conforme as dimensões do telhado e pode ser visualizada na Figura 25. Também foi criada uma família de rufo metálico, para dar acabamento à cobertura.

Figura 25 - Detalhe das telhas de fibrocimento



Fonte - Autor (2017)

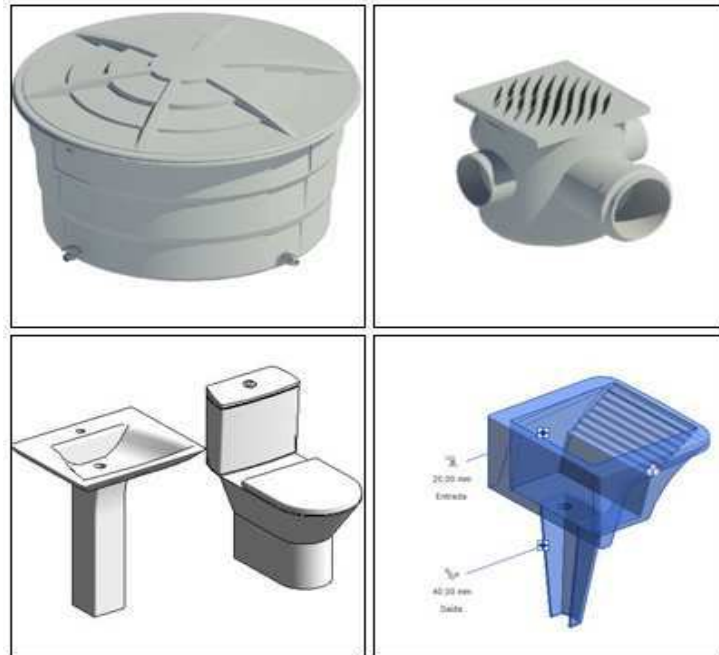
Com as famílias já modeladas e os objetos definidos, iniciou-se a inserção dos elementos no projeto. Começando pelas paredes, pisos, esquadrias, forros, até chegar aos elementos de mobília, estes obtidos através da biblioteca *BIMobject*.

3.4.3. Hidrossanitário

Para o projeto hidrossanitário deste galpão, que contempla o projeto de instalações de água fria e de esgoto sanitário, foi utilizado o *software Revit MEP* em conjunto com o *plug-in MEP Hydraulic* e o *template* fornecido pela Tigre, fabricante de tubos e conexões. Um *template* é um arquivo modelo contendo diversas configurações pré-definidas, como famílias, tabelas, materiais, vistas, entre outros, para servir como base para iniciar o projeto. O *template* utilizado pode ser adquirido gratuitamente, e já contém todas as configurações de tubos e conexões da linha Tigre, além de diversas famílias de desconectores, equipamentos hidráulicos e acessórios de tubulação. O *MEP Hydraulic* complementa o *template*, possuindo uma extensa biblioteca de famílias de componentes hidráulicos de fabricantes como Tigre, Docol, Celite, Incepa e Lorenzetti. Na versão utilizada, disponível de forma gratuita, o *plug-in* não oferece ferramentas mais avançadas de cálculos e dimensionamentos, presentes na versão paga.

Primeiramente, a partir do projeto arquitetônico foram inseridos os equipamentos hidráulicos como lavatórios, bacias sanitárias, chuveiros, tanque, caixas d'água e caixas sifonadas. Algumas das famílias utilizadas podem ser visualizadas na Figura 26. Cada objeto já possui os conectores de entrada e saída de água devidamente posicionados e seus respectivos diâmetros. Seguiu-se então com o desenho das tubulações, respeitando os diâmetros dos conectores, mas sem se preocupar com o dimensionamento das tubulações, realizado posteriormente. Conforme as tubulações são desenhadas, suas conexões como joelhos, curvas tês, reduções, são adicionadas automaticamente, respeitando as configurações de roteamento pré-determinadas. Se a posição de um objeto ou o diâmetro de uma tubulação forem alterados, os componentes se ajustam automaticamente para garantir a ligação. Os métodos de dimensionamento e verificação dos sistemas de água fria e esgotamento sanitário utilizados serão abordados a seguir.

Figura 26 - Equipamentos hidráulicos



Fonte - Autor (2017)

3.4.3.1. Água Fria

O *Revit MEP* possui métodos de dimensionamento e verificação diferentes dos utilizados no Brasil, necessitando de algumas configurações para que se obtenham resultados que respeitem as normas vigentes no país. Primeiramente será apresentado o método brasileiro, onde serão utilizadas as diretrizes presentes na NBR 5626:1998 – Instalação predial de água fria e a apostila de Instalações Prediais de Água Fria, do professor Enedir Ghisi.

A primeira etapa do dimensionamento para instalações de água fria é a determinação da capacidade do reservatório. Segundo o Código de Obras da cidade de Biguaçu-SC, para unidades industriais em geral devem ser considerados 10 litros/dia por metro quadrado. Portanto, para um galpão de 240 m² é necessário um reservatório com capacidade para 2400 litros/dia. Foram adotados dois reservatórios de 1500 litros.

Para determinar os diâmetros de cada trecho da tubulação será utilizado o critério do Consumo Máximo Provável. Este método considera que a probabilidade de os aparelhos serem utilizados ao mesmo tempo seja reduzida conforme o número de aparelhos aumenta. Para isso, são somados os pesos de cada aparelho que compõe o ramal conforme a Tabela 5, e determinada a vazão do trecho através da equação $Q = 0,3 \times \sqrt{\sum P}$. Os diâmetros são determinados através

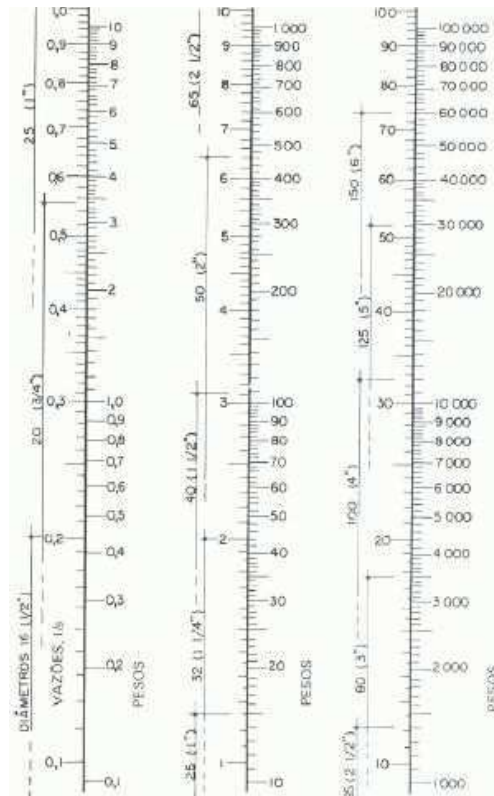
da Figura 27 e das vazões calculadas. A NBR 5626 também determina que a velocidade média da água nas tubulações seja inferior a 3m/s, sendo necessária essa verificação. Para evitar que a água atinja o regime turbulento, a velocidade nas tubulações será limitada a 2m/s. A próxima etapa é verificar se a pressão dinâmica nos aparelhos atende à norma. Para isso é calculada a perda de carga unitária, através da equação $J = 8,96 \times 10^5 \times Q^{1,75} \times D^{-4,75}$. Multiplicam-se os comprimentos da tubulação e os comprimentos equivalentes referentes à perda de carga em conexões pela perda de carga unitária, obtendo a perda de carga total em metros de coluna de água. A altura de coluna de água entre dois pontos menos a perda de carga resulta na pressão dinâmica final.

Tabela 5 - Pesos relativos dos aparelhos sanitários

Aparelho sanitário	Peça de utilização	Vazão de projeto (l/s)	Peso relativo
Bacia sanitária	Caixa de descarga	0,15	0,3
Bacia sanitária	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	Registro de pressão	0,30	1,0
Lavadora 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
Mictório cerâmico 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
Pia	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 (ABNT, 1998)

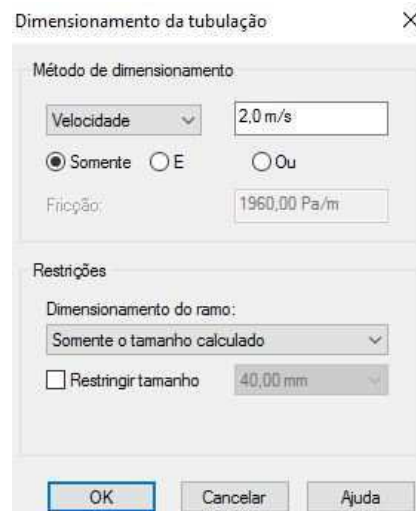
Figura 27 - Diâmetros em função dos pesos



Fonte - NBR 5626 (ABNT, 1998)

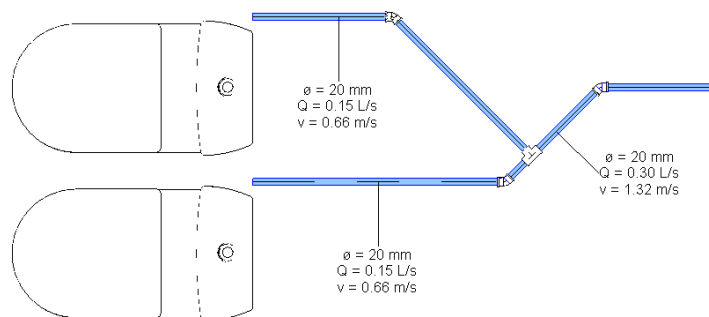
No *Revit MEP* o dimensionamento das tubulações é realizado através da velocidade média que a água pode atingir no interior da tubulação, fazendo um cálculo simples através da equação $V = Q/A$. Ao conectar a tubulação a um aparelho, automaticamente a vazão requerida pelo aparelho é somada à tubulação e ao sistema, sendo a velocidade máxima um parâmetro determinado pelo usuário. A Figura 28 e a Figura 29 ilustram o dimensionamento. Para determinar a vazão necessária em cada aparelho foi utilizada a Tabela 5.

Figura 28 - *Revit MEP*: Dimensionamento de tubulações



Fonte - Autor (2017)

Figura 29 - *Revit MEP*: Vazão nas tubulações

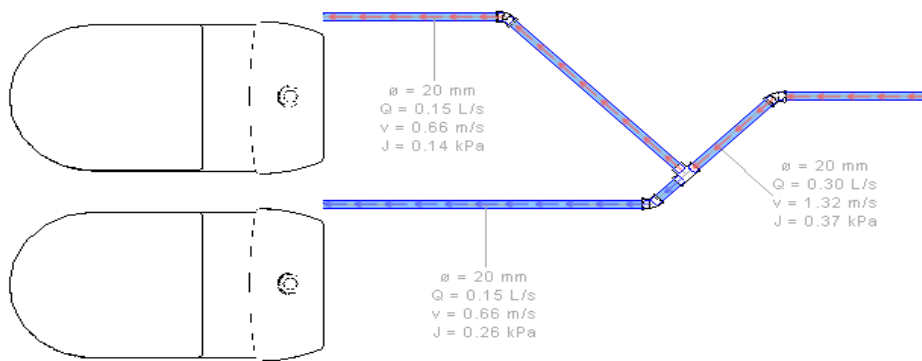


Fonte - Autor (2017)

Outra maneira de dimensionar as tubulações seria através de tabelas, que podem ser configuradas para extrair os dados dos trechos de tubulação e determinar os diâmetros utilizando parâmetros com fórmulas. Porém, a alteração das tubulações no modelo seria realizada de maneira manual. Os resultados deste método se aproximarão mais aos recomendados pela norma brasileira, e apesar de necessitar de mudanças manuais ainda é mais eficiente que o uso de planilhas e programas baseados em CAD.

A perda de carga, chamada no *software* de Queda de Pressão, também pode ser determinada, utilizando a fórmula simplificada de *Colebrook*. Para obter resultados mais próximos do método utilizado pela NBR5626 foram necessários alguns ajustes nos dados de entrada da fórmula. A perda de carga das conexões é determinada pelo coeficiente K, sendo definido para cada tipo de conexão e cada diâmetro. A Figura 30 apresenta um exemplo da perda de carga e caminho crítico em tubulações. Para fins de estudo e validação dos resultados, os dimensionamentos e verificações foram também calculados de maneira manual e sua comparação será apresentada no próximo capítulo. O *software* também gera um relatório para as perdas de carga, ilustrado na Figura 31, e possui a ferramenta “inspetor do sistema”, que verifica o sentido do fluxo e o caminho crítico. A pressão dinâmica final em qualquer ponto da tubulação não pode ser determinada, apenas a queda de pressão. Através da geração de tabelas é possível obter esses resultados, assim como criar tabelas que calculem a perda de carga a partir de outros métodos.

Figura 30 - Revit MEP: Perda de carga em tubulações



Fonte - Autor (2017)

Figura 31 - Revit MEP: Relatório de perda de carga

Total Pressure Loss Calculations by Sections								
Section	Element	Fluxo	Tamanho	Velocidade	Comprimento	Coefficiente K	Total Pressure Loss	Section Pressure Loss
1	Pipe	0.15 L/s	20.00 mmø	0.66 m/s	0.80	-	0.29 kPa	
	Fittings	0.15 L/s	-	0.66 m/s	-	5.4	1.18 kPa	1.46 kPa
	Plumbing Fixture	0.15 L/s	-	-	-	-	0.00 kPa	
2	Pipe	0.30 L/s	20.00 mmø	1.32 m/s	0.59	-	0.85 kPa	
	Fittings	0.30 L/s	-	1.32 m/s	-	0.9	0.78 kPa	1.63 kPa
3	Pipe	0.15 L/s	20.00 mmø	0.66 m/s	0.93	-	0.34 kPa	
	Fittings	0.15 L/s	-	0.66 m/s	-	5.4	1.18 kPa	1.51 kPa
	Plumbing Fixture	0.15 L/s	-	-	-	-	0.00 kPa	
Critical Path : 2-3 ; Total Pressure Loss : 3.14 kPa								

Detail Information of Straight Segment by Sections							
Section	Familia	Fluxo	Tamanho	Velocidade	Comprimento	Pressure Loss	Total Pressure Loss
1	Tipos de tubos	0.15 L/s	20.00 mmø	0.66 m/s	0.71	0.26 kPa	
	Tipos de tubos	0.15 L/s	20.00 mmø	0.66 m/s	0.09	0.03 kPa	0.29 kPa
2	Tipos de tubos	0.30 L/s	20.00 mmø	1.32 m/s	0.26	0.37 kPa	
	Tipos de tubos	0.30 L/s	20.00 mmø	1.32 m/s	0.33	0.48 kPa	0.85 kPa
3	Tipos de tubos	0.15 L/s	20.00 mmø	0.66 m/s	0.39	0.14 kPa	
	Tipos de tubos	0.15 L/s	20.00 mmø	0.66 m/s	0.54	0.19 kPa	0.34 kPa

Fitting and Accessory Loss Coefficient Summary by Sections				
Section	Familia	Coefficiente K	Pressure Loss	Total Pressure Loss
1	Joelho 45_90 - Agua Fria_Soldavel - MEP - Tigre	0.9	0.20 kPa	
	Te_Reducão - Agua Fria_Soldavel - MEP - Tigre	4.5	0.98 kPa	1.18 kPa
2	Joelho 45_90 - Agua Fria_Soldavel - MEP - Tigre	0.9	0.78 kPa	
	Te_Reducão - Agua Fria_Soldavel - MEP - Tigre	0	0.00 kPa	0.78 kPa
3	Te_Reducão - Agua Fria_Soldavel - MEP - Tigre	4.5	0.98 kPa	
	Joelho 45_90 - Agua Fria_Soldavel - MEP - Tigre	0.9	0.20 kPa	1.18 kPa

Fonte - Autor (2017)

3.4.3.2. Esgoto Sanitário

O dimensionamento das tubulações de esgoto sanitário e sistema de ventilação deve ser realizado através das recomendações da NBR8160:1999 – Sistemas prediais de esgoto sanitário – projeto e execução, por meio do método das unidades Hunter de contribuição (UHC). Para cada aparelho sanitário é definido o número de UHC, conforme a Tabela 6, e os diâmetros dos ramais e caixas sifonadas são determinados pela Tabela 7 e pela Tabela 8 respectivamente. Da mesma forma, utiliza-se a Tabela 9 para dimensionar os subcoletores prediais. Os ramais e colunas do sistema de ventilação são dimensionados através da Tabela 10 e da Tabela 11. Além disso, devem ser verificados através da norma os diâmetros mínimos para os aparelhos sanitários e as distâncias máximas para tubos de ventilação e caixas de inspeção. A região em que o galpão será instalado possui rede de tratamento de esgoto, não sendo necessário o dimensionamento de fossas, sumidouros ou similares.

Tabela 6 - Número de UHC para aparelhos sanitários

Aparelho sanitário	Número de unidades de Hunter de contribuição (UHC)	Diâmetro nominal mínimo do ramal de descarga (mm)
Bacia sanitária	6	100
Banheira de residência	2	40
Bebedouro	0,5	40
Bidê	1	40
Chuveiro de residência	2	40
Chuveiro coletivo	4	40
Lavatório de residência	1	40
Lavatório de uso geral	2	40
Mictório com válvula de descarga	6	75
Mictório com caixa de descarga	5	50
Mictório com descarga automática	2	40
Mictório tipo calha (por metro)	2	50
Pia de cozinha residencial	3	50
Pia de cozinha industrial - preparação	3	50
Pia de cozinha industrial - lavagem	4	50
Tanque de lavar roupas	3	40
Máquina de lavar louças	2	50
Máquina de lavar roupas	3	50

Fonte - NBR 8160 (ABNT, 1999)

Tabela 7 - Dimensionamento de ramais de esgoto

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

Fonte - NBR 8160 (ABNT, 1999)

Tabela 8 - Dimensionamento de caixas sifonadas

Número máximo de unidades de Hunter de contribuição (UHC)	Diâmetro nominal da caixa sifonada (mm)
6	100
10	125
15	150

Fonte - NBR 8160 (ABNT, 1999)

Tabela 9 - Dimensionamento de subcoletores

Diâmetro nominal do tubo (mm)	Número máximo de unidades de Hunter de contribuição em função das declividades mínimas (%)			
	0,5	1	2	4
100	-	180	216	250
150	-	700	840	1000
200	1400	1600	1920	2300
250	2500	2900	3500	4200
300	3900	4600	5600	6700
400	7000	8300	10000	12000

Fonte - NBR 8160 (ABNT, 1999)

Tabela 10 - Dimensionamento de ramais de ventilação

Grupo de aparelhos sem bacias sanitárias		Grupo de aparelhos com bacias sanitárias	
Número de unidade de Hunter de contribuição (UHC)	Diâmetro nominal do ramal de ventilação (mm)	Número de unidade de Hunter de contribuição (UHC)	Diâmetro nominal do ramal de ventilação (mm)
Até 12	40	Até 17	50
13 a 18	50	18 a 60	75
19 a 36	75	-	-

Fonte - NBR 8160 (ABNT, 1999)

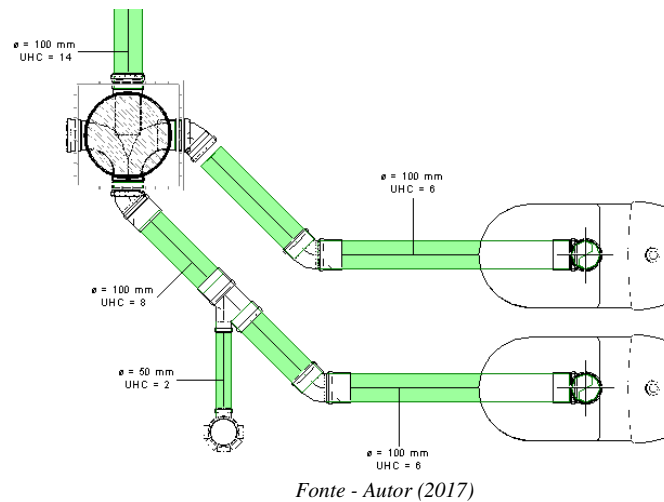
Tabela 11 - Dimensionamento das colunas de ventilação

Diâmetro nominal do tubo de queda ou ramal de esgoto (mm)	Número de unidades de Hunter de contribuição (UHC)	Diâmetro nominal mínimo do tubo de ventilação (mm)							
		40	50	75	100	150	200	250	300
		Comprimento permitido (m)							
40	8	46	-	-	-	-	-	-	-
40	10	30	-	-	-	-	-	-	-
50	12	23	61	-	-	-	-	-	-
50	20	15	46	-	-	-	-	-	-
75	10	13	46	317	-	-	-	-	-
75	21	10	33	247	-	-	-	-	-
75	53	8	29	207	-	-	-	-	-
75	102	8	26	189	-	-	-	-	-
100	43	-	11	76	299	-	-	-	-
100	140	-	8	61	229	-	-	-	-
100	320	-	7	52	195	-	-	-	-
100	530	-	6	46	177	-	-	-	-
150	500	-	-	10	40	305	-	-	-
150	1100	-	-	8	31	238	-	-	-
150	2000	-	-	7	26	201	-	-	-
150	2900	-	-	6	23	183	-	-	-
200	1800	-	-	-	10	73	286	-	-
200	3400	-	-	-	7	57	219	-	-
200	5600	-	-	-	6	49	186	-	-
200	7600	-	-	-	5	48	171	-	-
250	4000	-	-	-	-	24	94	293	-
250	7200	-	-	-	-	18	73	225	-
250	11000	-	-	-	-	16	60	192	-
250	15000	-	-	-	-	14	55	174	-
300	7300	-	-	-	-	9	37	116	287
300	13000	-	-	-	-	7	29	90	219
300	20000	-	-	-	-	6	24	76	186
300	26000	-	-	-	-	5	22	70	152

Fonte - NBR 8160 (ABNT, 1999)

O *Revit MEP* é capaz de computar o número de UHC para qualquer trecho da tubulação, a partir da contribuição de cada aparelho sanitário, conforme a Figura 32. Uma medida de fluxo utilizada pelo *Revit* é o *Fixture Units (FU)*, que em diversos países faz parte do método de dimensionamento de tubulações. Para a versão em português do *software* a unidade foi traduzida para “unidades de luminárias”. Neste projeto, será adotada a nomenclatura UHC. O *Revit* não faz o dimensionamento automático através de UHC, porém é capaz de determinar o seu valor para cada trecho da tubulação, e consultando as tabelas da norma ou criando tabelas próprias no *software* é possível determinar o diâmetro da tubulação e fazer a alteração no modelo.

Figura 32 - Revit MEP: Número de UHC em tubulações

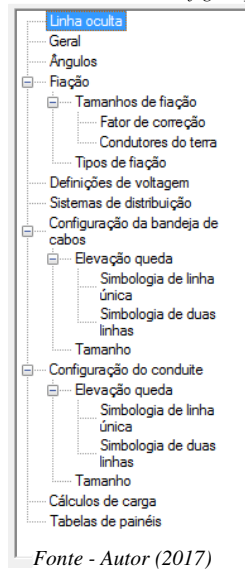


3.4.4. Elétrico

O projeto elétrico, da mesma maneira como o hidrossanitário, foi modelado e dimensionado através do *software Revit MEP*, que possui diversas ferramentas para a disciplina de elétrica, pouco exploradas pelos usuários. A configuração inicial do *software* para adequá-lo às normas e padrões brasileiros é bastante trabalhosa e requer uma série de cuidados, e para isso foi utilizado como guia o livro *Revit MEP 2015 – Criando o Template para Projetos Elétricos*, do engenheiro eletricitista Fábio Itiro Sato. A partir das diretrizes do livro e de outras bibliografias foi possível desenvolver um projeto elétrico adequado aos requisitos da NBR5410 – Instalações elétricas de baixa tensão e da norma da concessionária local, CELESC, Padronização de Entrada de Energia Elétrica de Unidades Consumidoras de Baixa Tensão E-321/0001 2012. As famílias utilizadas foram as da biblioteca do próprio *software*, como tomadas, luminárias, interruptores e conduítes, editadas para enquadrá-las nas especificações necessárias. Para cada tipo de elemento é possível atribuir valores aos parâmetros de potência e tensão.

A Figura 33 exibe algumas opções de configurações elétricas do *software*, desde ajustes de aparência e geometria até a definição de parâmetros classificações de carga e sua demanda. Infelizmente a versão em português traduziu do inglês erroneamente as palavras “Amperagem” e “Voltagem”, onde o certo seria “corrente” e “tensão”, respectivamente. A seguir serão apresentados os parâmetros utilizados e sua correspondência às normas.

Figura 33 - Revit MEP: Configurações elétricas



Primeiramente foram definidos os tipos de fornecimento disponibilizados pela CELESC, apresentados na Tabela 12, e então inseridos no *software*, conforme a Figura 34.

Tabela 12 - CELESC - Tipo de fornecimento

TIPO DE FORNECIMENTO	CARGA TOTAL INSTALADA (kW)	DEMANDA (kW)	NÚMERO DE			CONDUTORES (mm ²)				ELETRODUTO (pol)		Pontelete de Ferro Galvanizado	Poste Particular concreto (daN)	Poste Particular Metálico (daN) "Ramais"		
			Fases	Fios	Proteção Geral Disjuntor (A)	Ramal de ligação e de carga aéreas		Ramal de entrada, de saída e subterrâneo	Proteção (Aterramento)	Aéreo ou embutido em alvenaria	Subterrâneo			Poste Particular concreto (daN)	Cobre	Alumínio
						Cobre	Alumínio	Cobre	Cobre	Tamanho Nominal	Tamanho Nominal				Tamanho Nominal (pol)	Cobre
Monofásico 220V	ATE 8	-	1	2	40	10	10	10	10	3/4	1	1 1/2	100	75	50	
	ACIMA DE 8 ATÉ 11	-	1	2	50	10	10	10	10	3/4	1	1 1/2	100	75	50	
Monofásico 440V	ATE 17	-	1	3	40	10	10	10	10	3/4	1	1 1/2	100	NÃO	50	
	ACIMA DE 17 ATÉ 22	-	1	3	50	10	10	10	10	3/4	1	1 1/2	100	NÃO	50	
	ACIMA DE 22 ATÉ 35	-	1	3	90 ¹	16	25	35	16	1 1/4	1 1/2	NÃO	200	NÃO	NÃO	
Bifásico 380/220V	ATE 17	-	2	3	40	10	10	10	10	3/4	1	2	100	NÃO	50	
	ACIMA DE 17 ATÉ 22	-	2	3	50	10	10	10	10	3/4	1	2	100	NÃO	50	
Trifásico (3Ø) 380/220V	-	ATE 22	3	4	40	10	10	10	10	1	1 1/4	2	100	NÃO	75	
	-	ACIMA DE 22 ATÉ 30	3	4	50	10	16	10	10	1	1 1/4	NÃO	100	NÃO	NÃO	
	-	ACIMA DE 30 ATÉ 42	3	4	70	16	25	25	16	1 1/4	1 1/2	NÃO	150	NÃO	NÃO	
	-	ACIMA DE 42 ATÉ 60	3	4	100 ¹	25	35	35	16	1 1/4	1 1/2	NÃO	200	NÃO	NÃO	
	-	ACIMA DE 60 ATÉ 75	3	4	125 ¹	35	70	50(70) ³	25	1 1/2	2	NÃO	300	NÃO	NÃO	
	-	AGRUPAMENTO ²	ATE 75	3	4	150	50	70	70	35	2	2 1/2	NÃO	300	NÃO	NÃO

Fonte - CELESC (2007)

Figura 34 - Revit MEP: Sistemas de distribuição

Nome	Fase	Configuração	Fiação	Voltagem L-L	Voltagem L-G
Bifásico 380/220 V	Único	Nenhum	3	380V	220V
Monofásico 220 V	Único	Nenhum	2	Nenhum	220V
Monofásico 440 V	Único	Nenhum	2	Nenhum	440V
Trifásico 380/220 V	Três	Ipsilon	4	380V	220V

Fonte - Autor (2017)

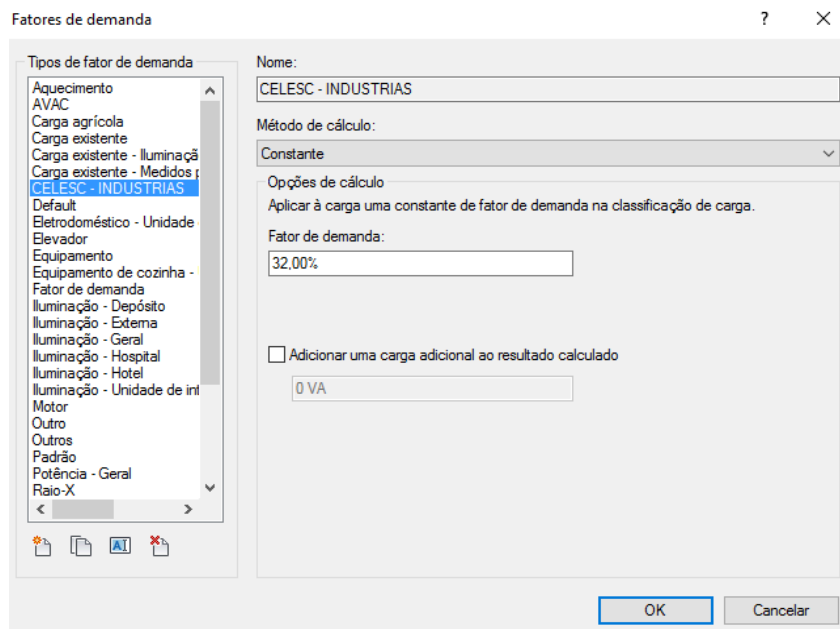
Através das diretrizes da concessionária local também deve-se determinar o fator de demanda conforme o tipo de consumidor. A Tabela 13 exibe a classificação adotada, e a Figura 35 ilustra a configuração no *software*.

Tabela 13 - CELESC - Fator de demanda

CONSUMIDORES LIGADOS EM BAIXA TENSÃO		
CLASSE DE CONSUMIDOR	FD Típico	FC Típico
Condomínio Residencial	31,00	34,00
Comércio, Serviços e Outras Atividades	42,00	30,00
Industrial	32,00	23,00
Rural	28,00	21,00
Poder Público	51,00	39,00

Fonte - CELESC (2007)

Figura 35 - Revit MEP: Fatores de demanda



Fonte - Autor (2017)

Para o dimensionamento da fiação elétrica, foram definidos a seção nominal e a capacidade de condução de corrente através da Tabela 14 e da Tabela 15, presentes na NBR5410 (ABNT, 2004), adotando os tipos de instalação e fiação conforme indicado. O empreendimento possuirá eletrodutos aparentes e eletrocalhas na região industrial e eletrodutos embutidos na alvenaria nas demais áreas, justificando os métodos de instalação adotados na Tabela 14. A configuração do modelo se deu a partir dos dados extraídos das tabelas e é apresentada na Figura 36. Além disso, foram inseridos os fatores de correção, conforme a Tabela 16 e a Tabela 17, e os condutores neutro e de proteção, seguindo a Tabela 18 e a Tabela 19 respectivamente.

Tabela 14 - Tipos de linhas elétricas

3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaço desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1
35		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletrocalha ou perfilado suspenso(o)	B1

Fonte - NBR 5410 (ABNT, 2004)

Tabela 15 - Capacidade de condução de corrente

Condutores: cobre e alumínio

Isolação: PVC

Temperatura no condutor: 70°C

Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33									
	A1		A2		B1	B2		C		
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
	Cobre									
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76

Fonte - NBR 5410 (ABNT, 2004)

Figura 36 - Revit MEP: Condutores

Material:	Cobre B1 - 2 Condutores	
Temperatura:	70	
Tipo de isolamento:	PVC	
<input type="button" value="Nova ampacidade..."/> <input type="button" value="Excluir ampacidade"/>		
Amperagem	Tamanho	Diâmetro
17,5 A	1,5	1,380 mm
24,0 A	2,5	1,810 mm
32,0 A	4	2,270 mm
41,0 A	6	2,730 mm
57,0 A	10	3,570 mm

Fonte - Autor (2017)

Tabela 16 - Fatores de correção - Agrupamento

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares												Tabelas dos métodos de referência
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19	≥20	
1	Em feixe; ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A a F)

Fonte - NBR 5410 (ABNT, 2004)

Tabela 17 - Fatores de correção - Temperatura

Temperatura °C	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
Ambiente		
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71

Fonte - NBR 5410 (ABNT, 2004)

Tabela 18 - Seção do condutor neutro

Seção dos condutores de fase mm ²	Seção reduzida do condutor neutro mm ²
$S \leq 25$	S
35	25
50	25
70	35
95	50

Fonte - NBR 5410 (ABNT, 2004)

Tabela 19 - Seção do condutor de proteção

Seção dos condutores de fase S mm ²	Seção mínima do condutor de proteção correspondente mm ²
$S \leq 16$	S
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

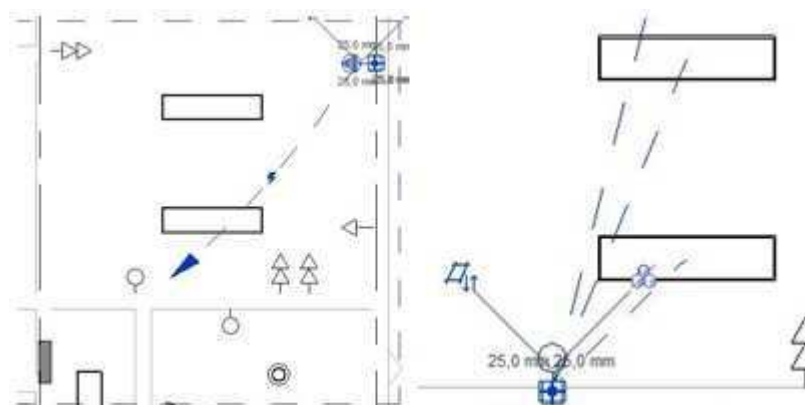
Fonte - NBR 5410 (ABNT, 2004)

Após a adequação do *software* às normas vigentes na região em que o empreendimento estará localizado, dá-se início à modelagem e dimensionamento dos circuitos. Primeiramente é posicionado o quadro de distribuição e definido previamente o seu sistema de alimentação. Em seguida, são posicionadas as tomadas e pontos de luz, respeitando o número mínimo de pontos

e a potência mínima por tipo de ambiente. Para a iluminação, foi previsto pelo menos um ponto de luz de 100 VA por recinto. Em locais com área maior que 6 m², atribuiu-se mais 60 VA para cada acréscimo de 4 m² na área. Para determinar o número de tomadas de uso geral (TUGs) em ambientes com área maior que 6 m², deve-se posicionar no mínimo 1 tomada a cada 5 m ou fração do perímetro, atribuindo 100 VA por tomada. Para ambientes menores que 6 m², uma tomada é o suficiente, e para os banheiros deve-se atribuir no mínimo uma tomada de 600 VA. As tomadas de uso específico (TUEs) são posicionadas conforme a necessidade por aparelhos de maior potência. Não existe na norma nenhuma referência a respeito das tomadas da área industrial, e nem são conhecidos os equipamentos a serem utilizados. Portanto, para fins de estudo adotou-se uma potência de 1500 VA para cada uma, distribuídas de maneira uniforme.

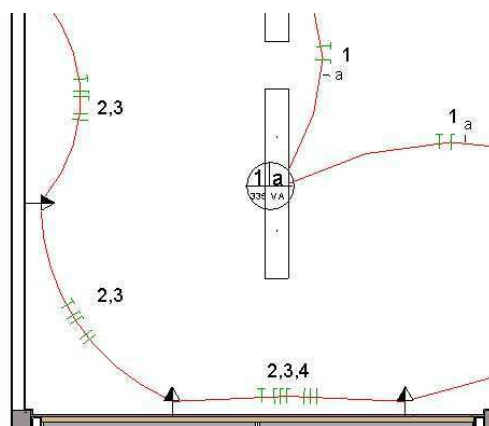
Para criar um circuito, basta selecionar os elementos que farão parte do mesmo e conectá-los ao quadro de distribuição. Da mesma forma são posicionados os interruptores e estes associados às luminárias que serão acionadas. A Figura 37 exemplifica a criação de circuitos e sistemas de interruptores. A representação dos condutores é criada a partir do comando de fiação, que ao conectar o quadro aos elementos cria a representação dos condutores que alimentarão os pontos de energia. Em diversos países a representação do condutor de retorno não é realizada, e o *Revit MEP* acompanha essa diretriz, não possuindo a opção. Para contornar a situação, a representação do condutor de retorno deve ser adicionada manualmente. Um exemplo de uma planta baixa é mostrado na Figura 38.

Figura 37 - Revit MEP: Criação de circuitos



Fonte - Autor (2017)

Figura 38 - Revit MEP: Planta baixa



Fonte - Autor (2017)

Para cada quadro de distribuição, é gerada uma tabela padrão do *software*, que pode ser editada, e contém a relação dos circuitos ligados ao quadro, sua corrente, fiação, qualquer que seja a informação que o usuário desejar a respeito do circuito. Ao final é realizada a soma das cargas e aplicado o fator de demanda. Outro recurso interessante é o de balanceamento das cargas entre as fases, que é realizado automaticamente.

A corrente de projeto é calculada automaticamente para cada circuito, e a partir disso pode-se dimensionar os disjuntores e condutores. Primeiramente, deve-se incluir o fator de correção conforme o tipo de circuito, sendo 0,7 para circuitos de iluminação e TUGs, 0,8 para circuitos de TUEs e 1,0 para chuveiros. Esse fator é aplicado à corrente nominal do disjuntor, e a corrente resultante deve ser maior que a corrente de projeto. A corrente nominal do disjuntor é definida manualmente afim de atender aos requisitos estabelecidos. Para determinar a seção do condutor é utilizado o fator de correção de agrupamento, conforme a Tabela 16. A corrente corrigida do condutor deve ser maior que a corrente nominal do disjuntor. Além disso, é preciso que os condutores respeitem as seções mínimas de $1,5\text{mm}^2$ para circuitos de iluminação e de $2,5\text{mm}^2$ para circuitos de força. O disjuntor geral será dimensionado com base na corrente mais carregada, aplicando um fator de correção de 0,8. O dimensionamento de disjuntores e condutores é realizado através de tabelas no próprio *software*, com a necessidade de algumas entradas de dados manuais. Para um cálculo mais automatizado e que atenda aos requisitos da NBR5410 (ABNT, 2004) é necessário um maior aprofundamento na manipulação de parâmetros e tabelas no *software*.

Os eletrodutos são dimensionados conforme a taxa máxima de ocupação, não devendo a área total dos condutores, no caso de 3 ou mais, ultrapassar 40% da área útil do eletroduto. O

software não efetua esse dimensionamento, sendo calculado manualmente para o eletroduto mais carregado e utilizado o mesmo diâmetro para todo o projeto. O traçado dos eletrodutos e eletrocalhas pode ser realizado, conectando-os às caixas de luz e quadros de distribuição.

3.5.COLABORAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO

A fim de integrar os projetos em um único modelo e compartilhar as informações entre as diferentes disciplinas, foram aplicados os conceitos de colaboração através da utilização da plataforma *online Autodesk A360*, que possui uma série de recursos relacionados ao compartilhamento de informações e modelos.

Para cada disciplina foi criado um arquivo diferente contendo as configurações pertinentes à sua elaboração, e então cada arquivo foi carregado na plataforma de colaboração. A partir disso, os projetos foram associados entre si através da ferramenta “Vínculo de *Revit*”, fazendo com que o modelo importe os elementos e objetos do arquivo vinculado, sem que estes possam ser modificados. Por exemplo no caso deste estudo foi inserido um vínculo para que o arquivo do projeto arquitetônico importasse o modelo estrutural, assim como vínculos entre os projetos de instalações e o projeto arquitetônico. Qualquer modificação em um modelo pode ser recarregada e atualizada nos demais. Além disso, criou-se um modelo chamado “Colaboração”, onde foram importadas informações de todos os projetos, para que possam ser realizadas análises de interferências e se tenha um modelo completo.

O *Autodesk A360* permite o compartilhamento de vistas, arquivos e modelos entre os participantes do projeto, além de possuir ferramentas de comunicação como chats, comentários, anotações em vistas, entre outros. A finalidade da utilização desta plataforma é ilustrar as possibilidades e os recursos disponíveis se tratando da colaboração entre profissionais e entre projetos multidisciplinares.

A compatibilização de projetos é outro recurso bastante interessante dos *softwares* de plataforma BIM. Existem *softwares* específicos como o *Autodesk Navisworks* e o *Solibri Model Checker*, que possuem recursos mais avançados. Para este estudo de caso foi utilizada a ferramenta de análise de interferências do próprio *Autodesk Revit*. A verificação de interferências é realizada entre as disciplinas de projeto, selecionando os elementos a serem verificados, analisando se dois ou mais objetos ocupam o mesmo espaço, gerando relatórios e

identificando os elementos conflitantes. A utilização deste recurso reduz significativamente problemas futuros na construção do empreendimento devido à interferências e incompatibilidades entre elementos e projetos.

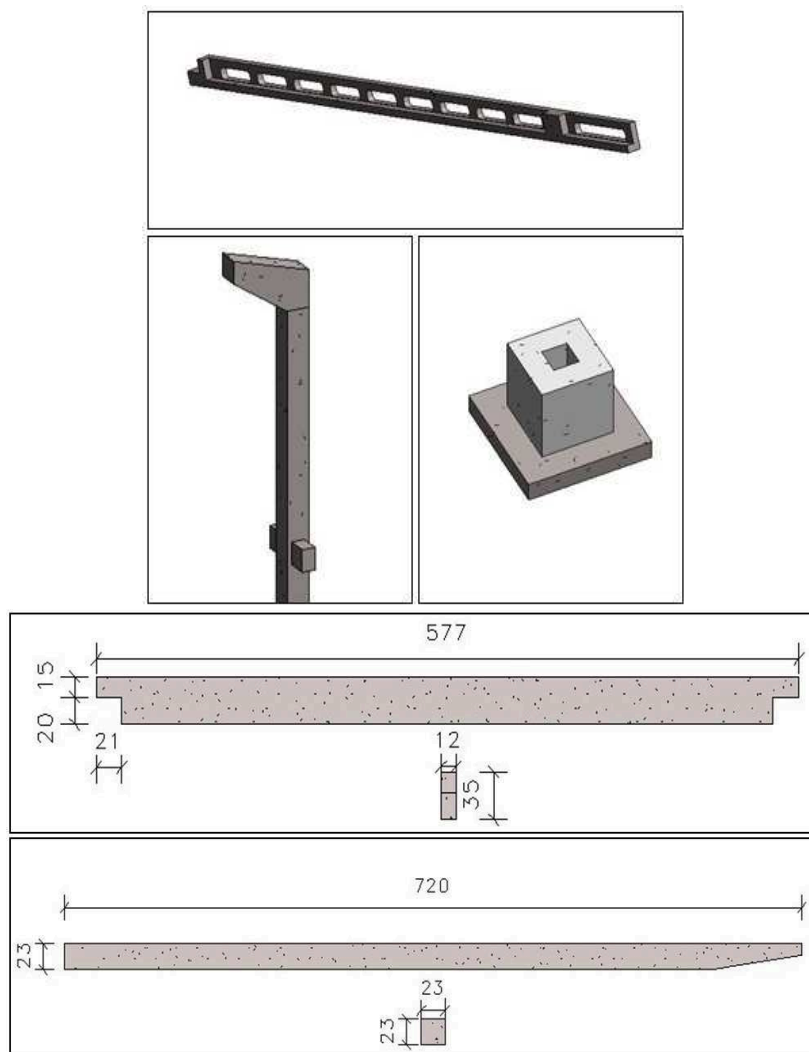
4. RESULTADOS

4.1. PROJETOS

4.1.1. Estrutural

Os elementos pré-moldados do projeto estrutural foram modelados a partir das informações obtidas com o levantamento de medidas das peças em campo e da utilização de famílias paramétricas como base para a modelagem. Foram elaboradas 10 diferentes peças, e algumas delas podem ser visualizadas na Figura 39.

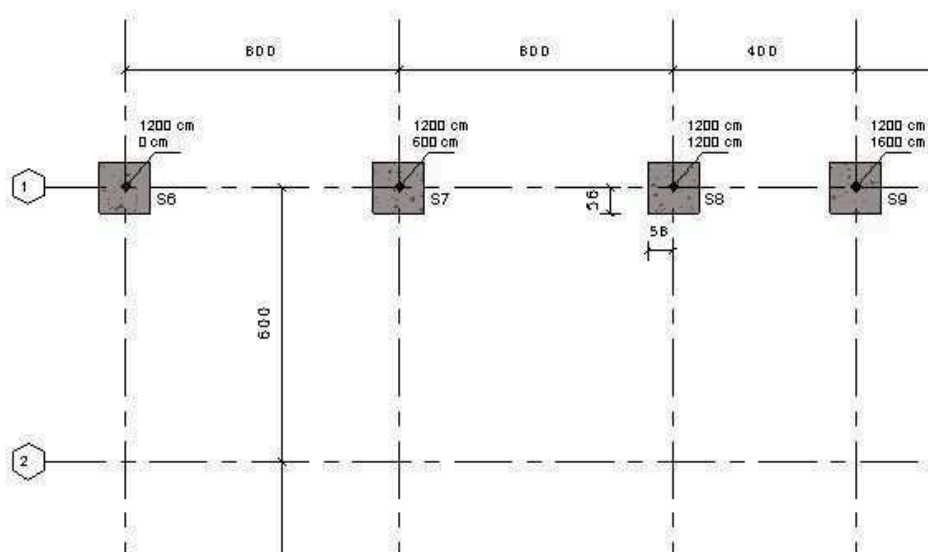
Figura 39 - Projeto estrutural - Elementos pré-moldados: Terça, pilar, sapata, viga e braço de cobertura



Fonte - Autor (2017)

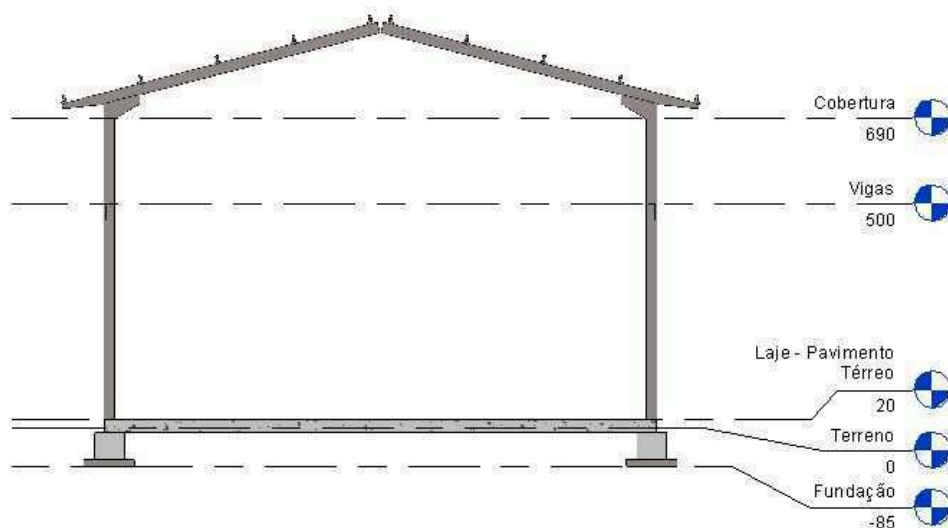
A locação dos elementos se iniciou através da colocação das sapatas nos eixos do projeto, e em seguida os pilares, vigas, braços de cobertura e terças foram conectadas. A Figura 40 ilustra a locação das sapatas. Elementos de anotação podem ser inseridos em qualquer objeto, exibindo informações referentes ao mesmo. Neste caso foram inseridas anotações para a nomenclatura das sapatas e posição em relação à um ponto de referência do projeto. A Figura 41 exibe um corte da estrutura pronta e os níveis inseridos no projeto.

Figura 40 - Projeto estrutural - Locação das sapatas



Fonte - Autor (2017)

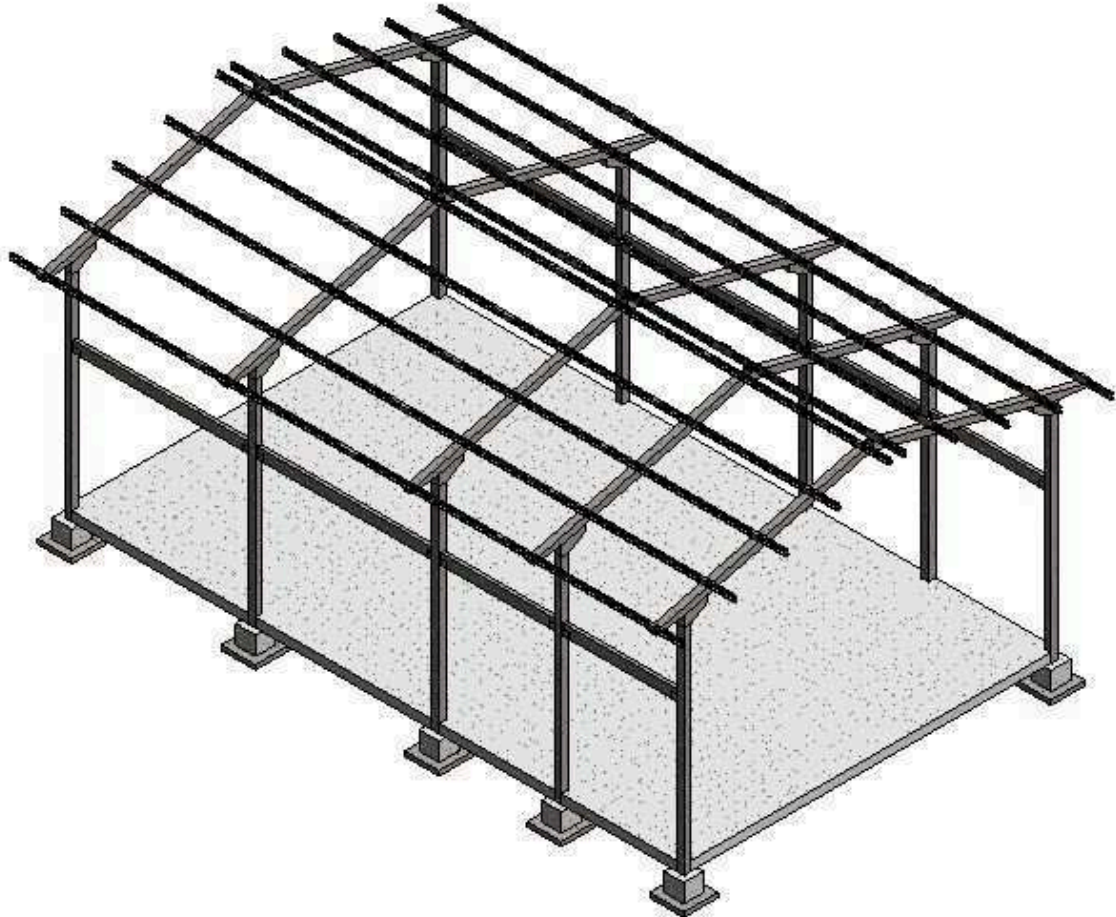
Figura 41 - Projeto estrutural - Corte



Fonte - Autor (2017)

Na Figura 42 é possível visualizar uma representação 3D da estrutura do galpão, contendo os elementos pré-moldados e a laje de fundação. No Apêndice A são exibidos outros detalhes referentes ao projeto estrutural.

Figura 42 - Projeto estrutural - Vista 3D



Fonte - Autor (2017)

○ Conclusões:

O projeto estrutural serviu como base para a elaboração dos demais projetos. Por ser uma estrutura pré-moldada que já havia sido concebida, não permitiu alterações no seu arranjo. Portanto ele apenas foi modelado com a utilização de elementos paramétricos, onde foram criadas famílias de objetos para uma representação muito próxima da realidade. Essa representação auxiliará na concepção dos outros projetos e detecção de interferências. A partir do momento em que as peças foram modeladas, a execução do projeto se deu de maneira bastante rápida, principalmente na elaboração de cortes, vistas e anotações. Infelizmente, no

Brasil os fabricantes de artefatos pré-moldados ainda não criaram as suas bibliotecas de objetos, um fato que traria muitos benefícios aos projetos. Outro fator que dificulta a elaboração de projetos estruturais em BIM é a sua alta complexidade e responsabilidade, pois um programa que tenha ferramentas de colaboração e interoperabilidade e elabore projetos estruturais adequados às normas de diferentes países ainda não foi desenvolvido. Projetos estruturais complexos precisam de *softwares* robustos. Muitos *softwares* de estruturas já exportam arquivos IFC, mas a interoperabilidade de *softwares* de diferentes desenvolvedores ainda precisa ser bastante aprimorada. Quando a finalidade da modelagem de um projeto estrutural em BIM é apenas para elaboração de vistas e pranchas, relação de quantidades, análise de interferências com outras disciplinas, por exemplo, os *softwares* de hoje atendem perfeitamente às necessidades, sendo uma excelente ferramenta. Porém para o uso do BIM em sua essência é preciso que haja interoperabilidade e colaboração entre *softwares* de maneira mais adequada.

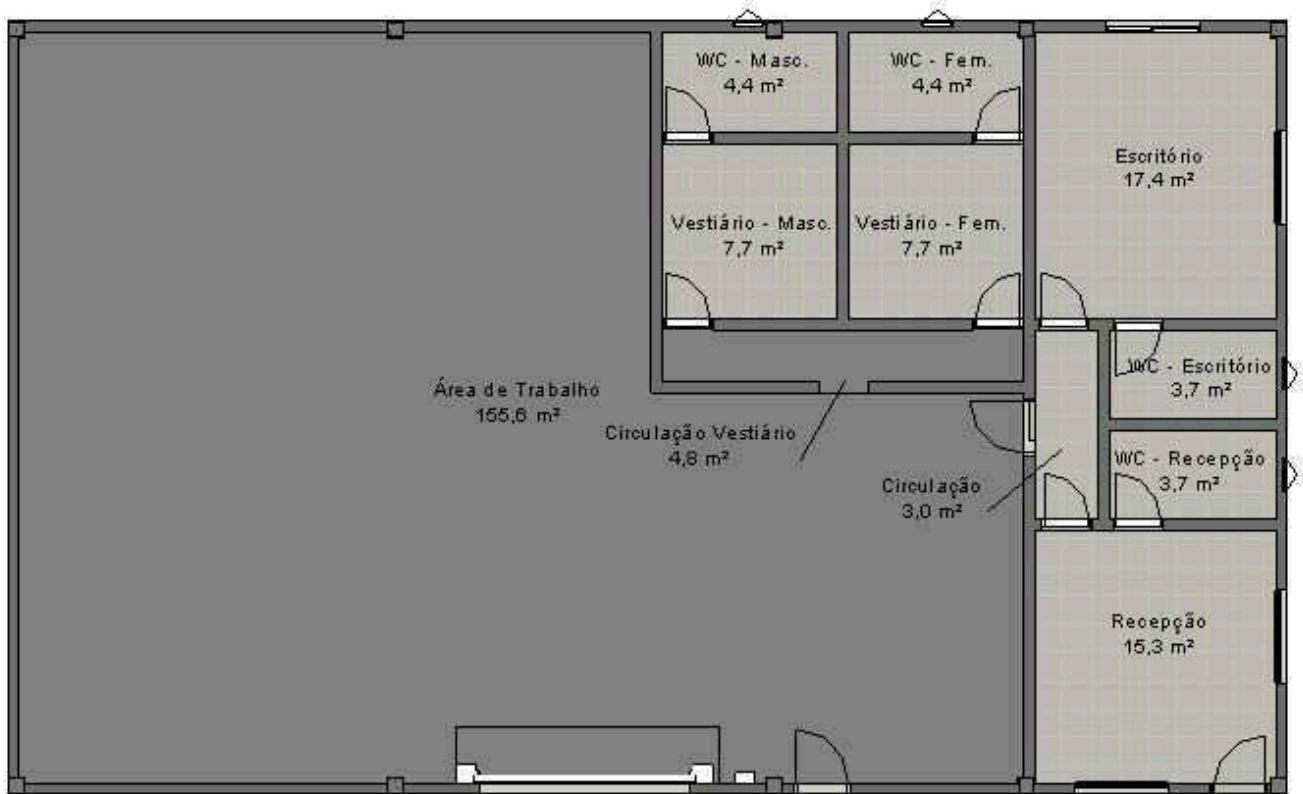
4.1.2. Arquitetônico

O projeto arquitetônico foi elaborado a partir da criação das famílias e da inserção das mesmas no arranjo estrutural. Os recursos do *software* permitem uma modelagem bastante rápida e inteligente dos elementos. A criação das famílias é um processo inicialmente lento, pois é preciso compreender o comportamento de todos os elementos e editar seus parâmetros. Porém uma vez criadas, as famílias podem ser utilizadas em qualquer projeto, agilizando trabalhos futuros.

As paredes foram os primeiros elementos a serem inseridos, visto que diversos elementos utilizam as mesmas como hospedeiro, além de delimitar ambientes e facilitar a colocação de pisos e forros. Uma planta baixa ilustrando como os ambientes foram separados é exibida na Figura 43. Os demais elementos foram inseridos na sequência, e podem ser visualizados na Figura 44, que mostra uma vista de corte. A Figura 46 exhibe o detalhe do posicionamento prévio da caixa d'água. Na Figura 45 estão representados o detalhamento das camadas da parede, o revestimento sobre os pilares pré-moldados e a renderização e paginação dos pisos. Uma vista 3D é apresentada na Figura 47. Ferramentas de exibição gráfica serão

abordadas mais a frente neste trabalho, e outros detalhes sobre o projeto arquitetônico podem ser vistos no Apêndice A.

Figura 43 - Projeto arquitetônico - Planta baixa



Fonte - Autor (2017)

Figura 44 - Projeto arquitetônico - Corte



Fonte - Autor (2017)

Figura 45 - Projeto arquitetônico - Detalhe de paredes e pisos



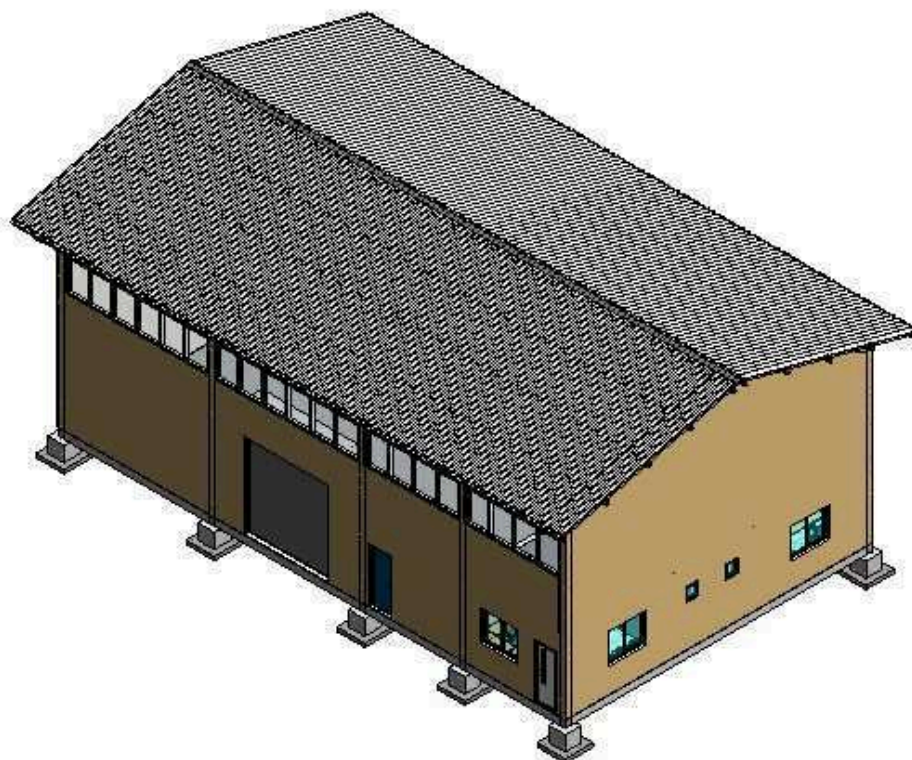
Fonte - Autor (2017)

Figura 46 - Projeto arquitetônico - Caixa d'água



Fonte - Autor (2017)

Figura 47 - Projeto arquitetônico - Vista 3D



Fonte - Autor (2017)

○ Conclusões:

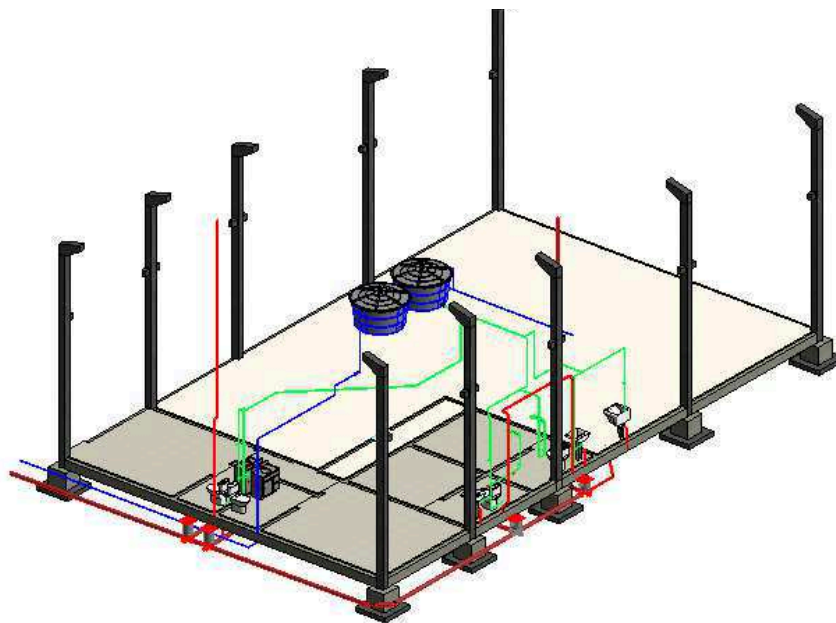
A utilização de *softwares* BIM para a elaboração de projetos arquitetônicos é extremamente vantajosa, tornando o processo bastante rápido. Desde a geração de desenhos mais simplificados até os mais ricos em detalhes, as ferramentas de criação e inserção de famílias no modelo aumentam consideravelmente a produtividade do projetista, além das ferramentas de anotação, como cotas e identificação de objetos, que são realizadas de maneira simples e rápida. Os recursos disponíveis estão bem aprimorados e englobam os mais variados elementos presentes em um empreendimento. A precisão e a qualidade do projeto aumentam, levando também a uma extração de quantitativos mais exata. É possível gerar cortes, elevações e vistas com bastante facilidade, reduzindo o tempo de elaboração de desenhos e folhas.

Os objetos paramétricos se ajustam automaticamente a qualquer modificação realizada no modelo, desde que respeitando suas regras e características. Uma modificação realizada em uma vista é instantaneamente atualizada nas demais, reduzindo os erros humanos e otimizando o tempo do projetista. Embora no Brasil ainda não se tenham bibliotecas de objetos bem desenvolvidas, a quantidade de elementos disponíveis em diversos aplicativos de outros países é bastante grande.

4.1.3. Hidrossanitário

O projeto hidrossanitário foi modelado e dimensionado utilizando as ferramentas e métodos apresentados para o *software* utilizado, respeitando as diretrizes e recomendações das normas vigentes para instalações de água fria e esgoto sanitário. Foram necessárias configurações e ajustes para que o projeto atendesse adequadamente aos requisitos normativos, e os resultados se mostraram bastante satisfatórios. Uma vista 3D geral do projeto hidrossanitário pode ser visualizado na Figura 48, com o sistema de alimentação em azul, de água fria em verde e de esgoto sanitário em vermelho.

Figura 48 - Projeto hidrossanitário - Vista 3D



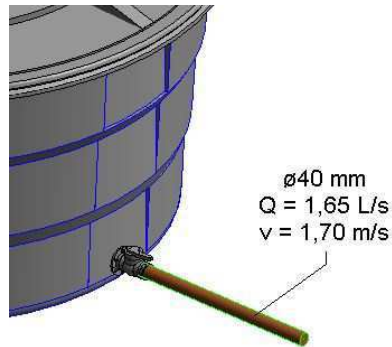
Fonte - Autor (2017)

- Água Fria

As tubulações de água fria foram desenhadas a partir do posicionamento dos aparelhos hidrossanitários, utilizando conexões de mercado e fazendo o arranjo de todo o sistema. Em

seguida foi realizado o dimensionamento de cada trecho através da ferramenta de dimensionamento de tubos. A Figura 49 mostra o principal ramal, com a maior vazão do sistema, o trecho logo após a saída da caixa d'água que alimenta todo o galpão. Uma comparação do seu dimensionamento realizado pelo critério do *Revit MEP* e pelo critério do consumo máximo provável é exibido na Tabela 20.

Figura 49 - Projeto de água fria - Trecho de maior vazão



Fonte - Autor (2017)

Tabela 20 - Projeto de água fria - Métodos de dimensionamento de tubulação: Comparativo

Critério	Vazão total (l/s)	Diâmetro de Projeto (mm)
Consumo Máx. Provável	0,54	25
Método do Revit	1,65	40

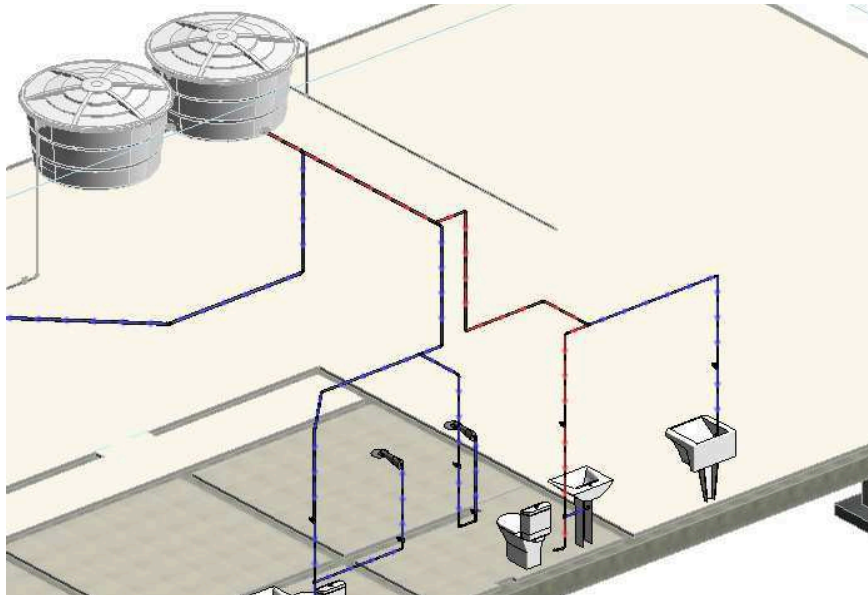
Fonte - Autor (2017)

O método utilizado pelo *Revit* conduz a diâmetros maiores que o critério do consumo máximo provável, já que considera o uso simultâneo dos aparelhos. Para trechos com vazões menores e uma menor quantidade de aparelhos alimentados, essa diferença reduz e os dois métodos apresentam resultados mais próximos, pois a influência da consideração do critério máximo provável não é tão grande.

No *software*, verificação da perda de carga nas tubulações é realizada através da equação simplificada de *Colebrook*. Após configurar o coeficiente K e a rugosidade da tubulação, o caminho crítico, neste caso o percurso com as maiores perdas, é automaticamente identificado. A Figura 50 ilustra o caminho com a maior perda de carga. Em qualquer trecho da tubulação a perda de carga pode ser exibida, e um relatório de todo o sistema também pode ser gerado. Esse relatório está disponibilizado no Apêndice B. O *Revit* calcula apenas a perda de carga, mas não

a pressão resultante em algum ponto, devendo esta ser realizada por meio de tabelas ou manualmente para verificar o ponto crítico do sistema, que neste caso será o chuveiro do banheiro feminino. Foram identificados os trechos entre o reservatório e o chuveiro e somadas as perdas, resultando em um valor de 2,12 mca. Para efeitos de estudo, foi realizado um cálculo manual através da equação de *Fair-Whipple-Hsiao*, presente na NBR 5410 (ABNT, 2004), que resultou em uma perda de 2,14 mca. A comparação dos dois métodos demonstra a validade dos cálculos realizados pelo *software*. A Figura 51, a Figura 52 e a Figura 53 ilustram alguns detalhes do projeto realizado pelo *Revit MEP*. Na Tabela 21 é exibido um quantitativo para as conexões de água fria. Outros detalhes podem ser verificados no Apêndice A.

Figura 50 - Projeto de água fria – Caminho com a maior perda de carga



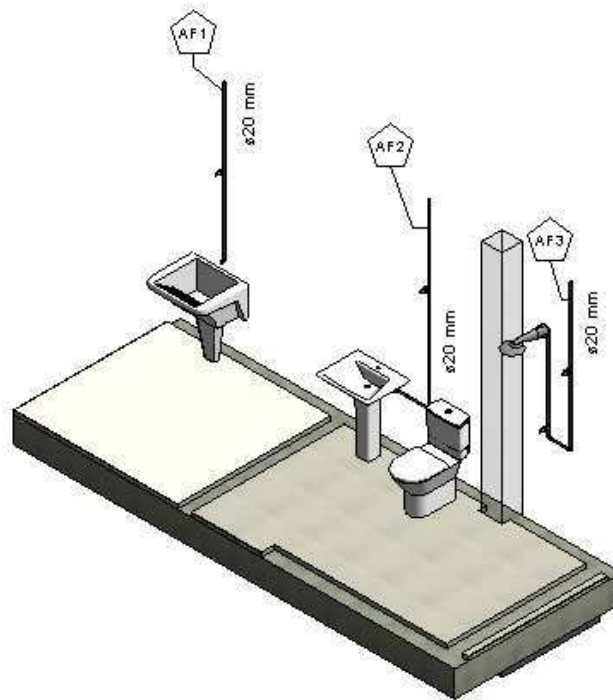
Fonte - Autor (2017)

Figura 51 - Projeto de água fria - Detalhe das conexões



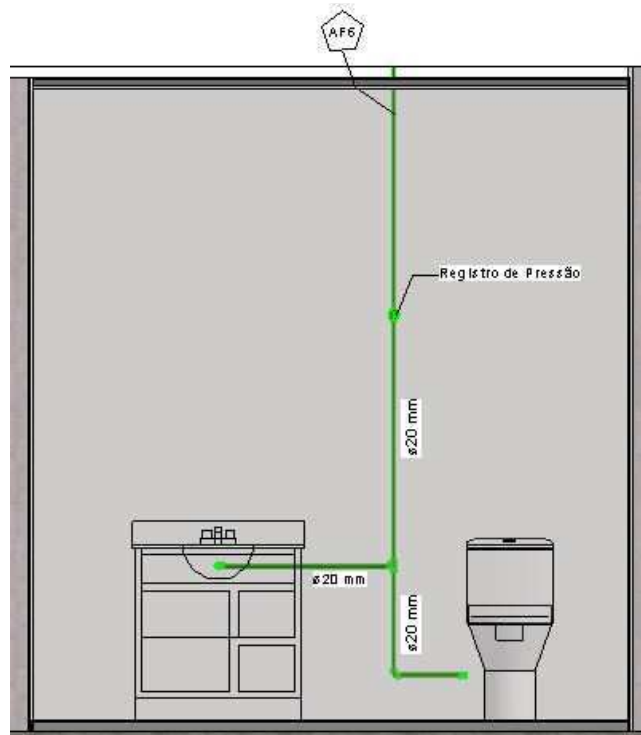
Fonte - Autor (2017)

Figura 52 - Projeto de água fria - Detalhe isométrico: banheiro masculino e tanque



Fonte - Autor (2017)

Figura 53 - Projeto de água fria - Elevação banheiro recepção



Fonte - Autor (2017)

Tabela 21 - Quantitativo - Conexões para água fria

<Conexões para Água Fria>	
A	B
Descrição	Quantidade
Bucha de Redução Soldável Curta 25x20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	5
Bucha de Redução Soldável Curta 32x25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	2
Bucha de Redução Soldável Curta 40x32mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	1
Joelho 45° Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	1
Joelho 45° Soldável 32mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	2
Joelho 90° Soldável 20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	13
Joelho 90° Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	18
Joelho 90° Soldável 32mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	1
Joelho 90° Soldável com Bucha de Latão 20 x 1/2", PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	11
Tê de Redução Soldável 32x25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	1
Tê Soldável 20mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	6
Tê Soldável 25mm, PVC Marrom, Água Fria - TIGRE	3
	64

Fonte - Autor (2017)

○ Conclusões:

O dimensionamento realizado pelo *Revit* neste estudo respeita os critérios mínimos estabelecidos pelo consumo máximo provável, que seria mais adequado a este projeto, porém a consideração de usos simultâneos dos aparelhos acaba elevando o diâmetro das tubulações. Uma alternativa para aproximar os dois métodos seria a criação de tabelas e parâmetros que possam realizar o ajuste na vazão. Devido aos altos valores de vazão nas tubulações, resultado do método de dimensionamento do *software*, as perdas de carga foram grandes, necessitando na elevação do reservatório em 1,0 metro em relação ao que se havia inicialmente posicionado. Alguns trechos necessitaram também de um aumento nos diâmetros da tubulação para que as perdas fossem reduzidas e atendessem aos critérios de pressão dinâmica mínima nos aparelhos.

○ Esgoto Sanitário

A modelagem das instalações de esgoto sanitário foi desenvolvida de maneira similar à de água fria, enquanto que o dimensionamento foi realizado através das tabelas já apresentadas com o auxílio do *software* para computar as unidades Hunter de contribuição (UHC), determinando o diâmetro de tubulações e caixas sifonadas. Este método se mostrou bastante efetivo, pois a cada trecho é possível determinar o número de UHC e por consequência o

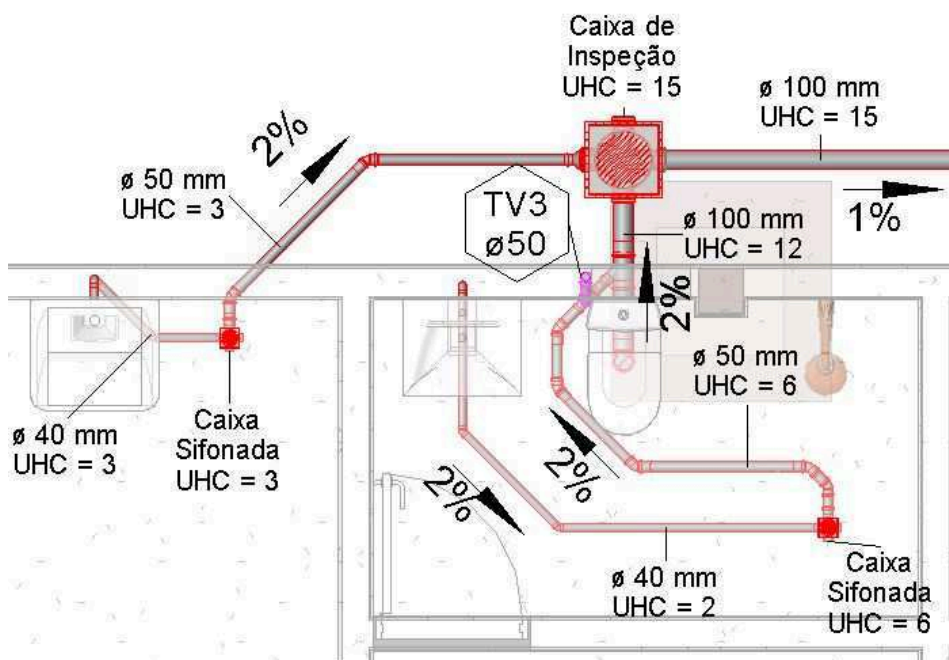
diâmetro. Acredita-se que para um projeto mais complexo e com mais aparelhos seja necessário o desenvolvimento de tabelas no *software* ou de parâmetros para automatizarem o dimensionamento. A Tabela 22 exibe um quantitativo para conexões do projeto de esgoto sanitário e a Figura 54, a Figura 55 e a Figura 56 ilustram o projeto de esgoto sanitário, enquanto outros detalhes são exibidos no Apêndice A.

Tabela 22 - Quantitativo - Conexões para esgoto

<Conexões para Esgoto>	
A	B
Tigre: Descrição	Quantidade
Joelho 45° 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	8
Joelho 45° 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	16
Joelho 45° 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	2
Joelho 90° 40mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	11
Joelho 90° 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	16
Joelho 90° 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	4
Junção Simples 50 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	1
Junção Simples 100 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	4
Luva Simples 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	17
Luva Simples 100mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	4
Redução Excêntrica 100x50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	1
Terminal de Ventilação 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	2
Tê 50 x 50mm, Esgoto Série Normal - TIGRE	1
	87

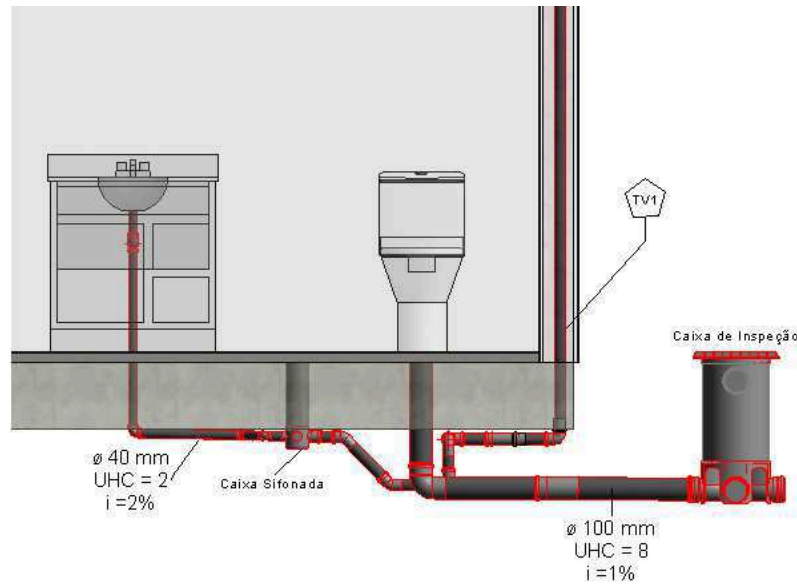
Fonte - Autor (2017)

Figura 54 - Projeto de esgoto sanitário - Dimensionamento por UHC



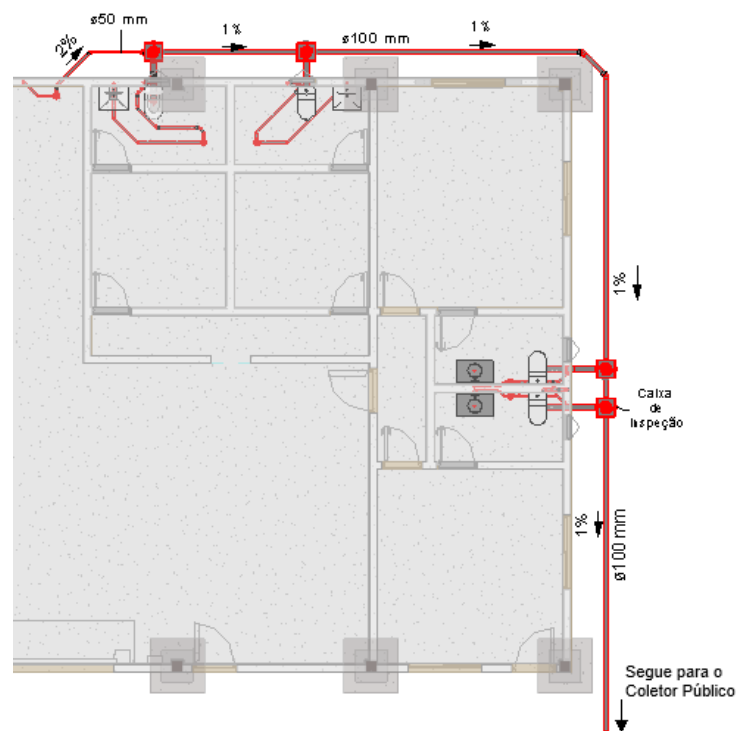
Fonte - Autor (2017)

Figura 55 - Projeto de esgoto sanitário - Corte banheiro recepção



Fonte - Autor (2017)

Figura 56 - Projeto de esgoto sanitário - Coletor predial



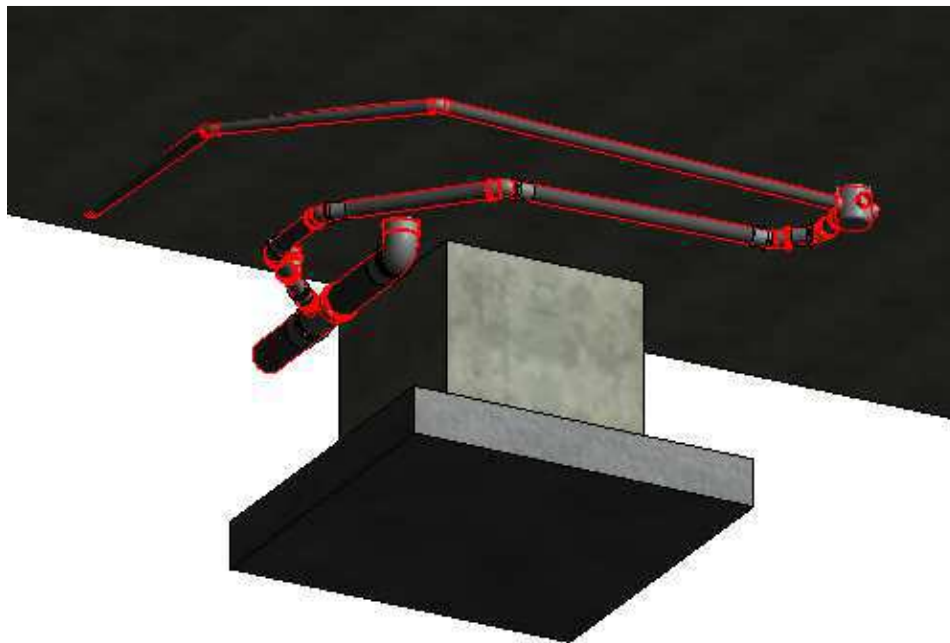
Fonte - Autor (2017)

o Conclusões:

As ferramentas e métodos utilizados para os dimensionamentos dos sistemas de instalação hidrossanitária se mostraram bastante simples e eficientes, pois as informações são facilmente inseridas e extraídas do modelo, utilizando poucos processos manuais. Evidente que

para instalações mais complexas é necessário um maior aprofundamento no tema e o uso de *softwares* mais específicos para que se obtenham melhores resultados. Porém os recursos disponíveis no *software* BIM utilizado são muito promissores. Outra grande facilidade é a geração de visualizações 3D, cortes, elevações, representações gráficas, que após configuradas, aceleram o processo de elaboração, detalhamento e apresentação dos projetos. Por exemplo, na Figura 57 foi possível visualizar melhor a sapata pré-moldada e então traçar o caminho da tubulação. Sem os recursos de visualização e sem presença do projeto estrutural no modelo isto certamente passaria despercebido e geraria uma incompatibilidade futuramente.

Figura 57 - Projeto de esgoto sanitário - Vista inferior



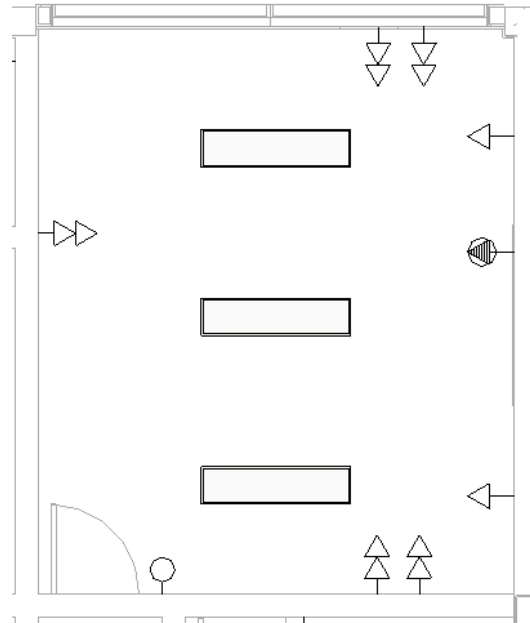
Fonte - Autor (2017)

4.1.4. Elétrico

O dimensionamento e modelagem do projeto elétrico no *Revit MEP* se iniciou com a colocação dos pontos de tomada, luminárias e interruptores no projeto, respeitando a quantidade mínima para cada tipo de ambiente, bem como a potência atribuída a cada um, conforme a Figura 58 e a Figura 59. Foram posicionados dois quadros de distribuição, um para a área

industrial e outro para os demais ambientes, e a divisão dos circuitos é apresentada na Tabela 23 juntamente com o levantamento de cargas.

Figura 58 - Projeto elétrico - Pontos de tomada, luminárias e interruptores: Escritório



Fonte - Autor (2017)

Figura 59 - Projeto elétrico - Família de tomadas: Banheiro

Propriedades de tipo

Família: M_Tomada simples - 130 cm Carregar...

Tipo: 600 VA Duplicar...

Renomear...

Parâmetros de tipo

Parâmetro	Valor
Restrições	
Elevação-padrão	130,00
Elétrico	
Voltagem do interruptor	220,00 V
Classificação de carga	Tomadas - TUG
Carga	600,00 VA

Fonte - Autor (2017)

Tabela 23 - Projeto elétrico - Relação dos circuitos

<Relação dos Circuitos>			
A	B	C	D
Número do circuito	Nome da carga	Quadro de Distribuição	Potência
1	Iluminação - Recepção	Quadro Distribuição 1	300 VA
2	Iluminação - Escritório	Quadro Distribuição 1	350 VA
3	Iluminação - Banheiros + Circulação	Quadro Distribuição 1	470 VA
4	TUGs - Banheiros Escritório	Quadro Distribuição 1	1200 VA
5	Iluminação Banheiro/Vestibular	Quadro Distribuição 1	640 VA
6	TUE - AC Escritório	Quadro Distribuição 1	2000 VA
7	TUGs - Escritório	Quadro Distribuição 1	1200 VA
8	TUGs - Vestiário/Banheiro	Quadro Distribuição 1	1600 VA
9	TUE - AC Recepção	Quadro Distribuição 1	2000 VA
10	TUE - Chuveiro Fem	Quadro Distribuição 1	5000 VA
11	TUE - Chuveiro Masc	Quadro Distribuição 1	5000 VA
12	TUGs - Recepção	Quadro Distribuição 1	3000 VA
			22760 VA
1	Iluminação Indústria	Quadro Distribuição 2	2345 VA
2	TUGs - Industriais 2	Quadro Distribuição 2	4500 VA
3	TUGs - Industriais 3	Quadro Distribuição 2	4500 VA
4	TUGs - Industriais 1	Quadro Distribuição 2	4500 VA
			15845 VA

Fonte – Autor (2017)

Além disso, foram adicionados em cada quadro de distribuição 3 circuitos reservas de 500 VA cada um, levando a uma potência total do empreendimento de 41 605 VA. Consultando a Tabela 12 vê-se que o sistema de alimentação será trifásico, e ao aplicar o fator de demanda de 32%, tem-se uma demanda de 13 313 VA, se enquadrando na categoria de até 22kW. Em seguida foi realizado o balanceamento de cargas, onde na Tabela 24 é apresentada a divisão de cargas por fase para o quadro de distribuição 1, e na Tabela 25 a carga total instalada no galpão. Na Tabela 26 está apresentado o dimensionamento dos disjuntores e condutores para os circuitos do quadro de distribuição 1. No Apêndice B é possível visualizar as tabelas dos dois quadros de distribuição completas.

Tabela 24 - Projeto elétrico - Balanceamento de cargas: Quadro de distribuição 1

Carga total:	8200 VA	8090 VA	7970 VA
Corrente	37,4 A	36,9 A	36,2 A
	R	S	T

Fonte - Autor (2017)

Tabela 25 - Projeto elétrico - Carga total instalada

<Tabela de Carga>			
A	B	C	D
R	S	T	Carga Total
8200 VA	8090 VA	7970 VA	24260
7345 VA	5000 VA	5000 VA	17345
15545 VA	13090 VA	12970 VA	41605

Fonte - Autor (2017)

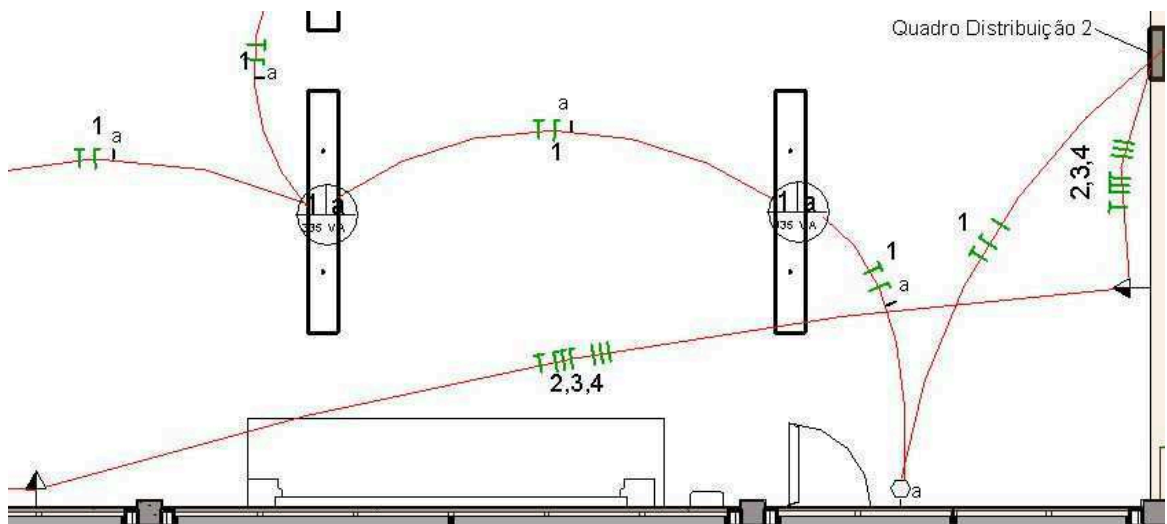
Tabela 26 - Projeto elétrico - Quadro de distribuição 1

CKT	Descrição do circuito	Corrente de Projeto	Seção Mínima (mm ²)	Circuitos por Eletroduto	Fator de Correção - Agrupamento	Fator de Correção - Tipo de Circuito	Disjuntor	Corrente do Disjuntor	Condutor Fase	Capacidade de Corrente do Condutor	Corrente Corrigida	Tamanho da fiação
1	Iluminação - Recepção	1,36 A	1,50	2,0	0,8	0,7	10,0 A	7,0 A	1,5	17,5 A	14,0 A	1-#1,5, 1-#1,5, 1-#1,5
2	Iluminação - Escritório	1,59 A	1,50	2,0	0,8	0,7	10,0 A	7,0 A	1,5	17,5 A	14,0 A	1-#1,5, 1-#1,5, 1-#1,5
3	Iluminação - Banheiros + Circulação	2,14 A	1,50	2,0	0,8	0,7	10,0 A	7,0 A	1,5	17,5 A	14,0 A	1-#1,5, 1-#1,5, 1-#1,5
4	TUGs - Banheiros Escritório	5,45 A	2,50	2,0	0,8	0,7	10,0 A	7,0 A	2,5	24,0 A	19,2 A	1-#2,5, 1-#2,5, 1-#2,5
5	Iluminação Banheiro/Vestiário	2,91 A	1,50	2,0	0,8	0,7	10,0 A	7,0 A	1,5	17,5 A	14,0 A	1-#1,5, 1-#1,5, 1-#1,5
6	TUE - AC Estritório	9,09 A	2,50	1,0	0,8	0,8	15,0 A	12,0 A	2,5	24,0 A	19,2 A	1-#2,5, 1-#2,5, 1-#2,5
7	TUGs - Escritório	5,45 A	2,50	2,0	0,8	0,7	10,0 A	7,0 A	2,5	24,0 A	19,2 A	1-#2,5, 1-#2,5, 1-#2,5
8	TUGs - Vestiário/Banheiro	7,27 A	2,50	2,0	0,8	0,7	15,0 A	10,5 A	2,5	24,0 A	19,2 A	1-#2,5, 1-#2,5, 1-#2,5
9	TUE - AC Recepção	9,09 A	2,50	1,0	0,8	0,8	15,0 A	12,0 A	2,5	24,0 A	19,2 A	1-#2,5, 1-#2,5, 1-#2,5
10	TUE - Chuveiro Fem	22,73 A	2,50	1,0	1,0	1,0	30,0 A	30,0 A	4,0	32,0 A	32,0 A	1-#4, 1-#4, 1-#4
11	TUE - Chuveiro Masc	22,73 A	2,50	1,0	1,0	1,0	30,0 A	30,0 A	4,0	32,0 A	32,0 A	1-#4, 1-#4, 1-#4
12	TUGs - Recepção	13,64 A	2,50	2,0	0,8	0,7	20,0 A	14,0 A	2,5	24,0 A	19,2 A	1-#2,5, 1-#2,5, 1-#2,5
13	Reservado	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
14	Reservado	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
15	Reservado	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Fonte - Autor (2017)

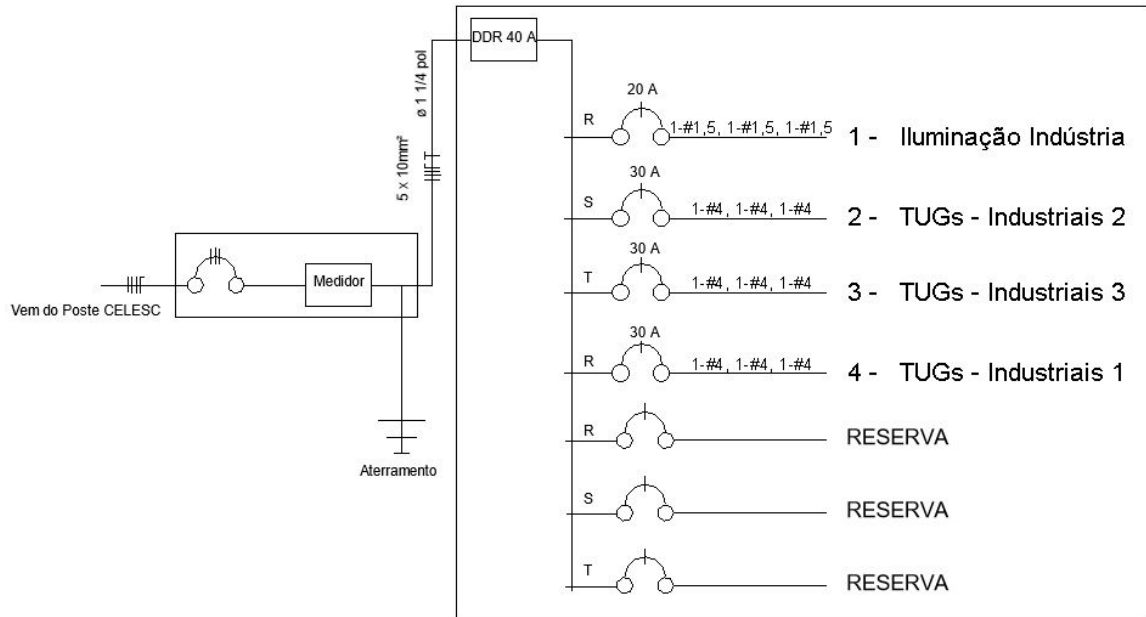
Um exemplo da representação da planta baixa é exibido na Figura 60. A sua visualização completa é apresentada no Apêndice A. Na Figura 61 está a representação do diagrama unifilar e na Figura 62 está ilustrado o trajeto dos eletrodutos flexíveis e eletrocalhas, com padrões de cores para identificar os elementos.

Figura 60 - Projeto elétrico - Planta Baixa: Região da área industrial



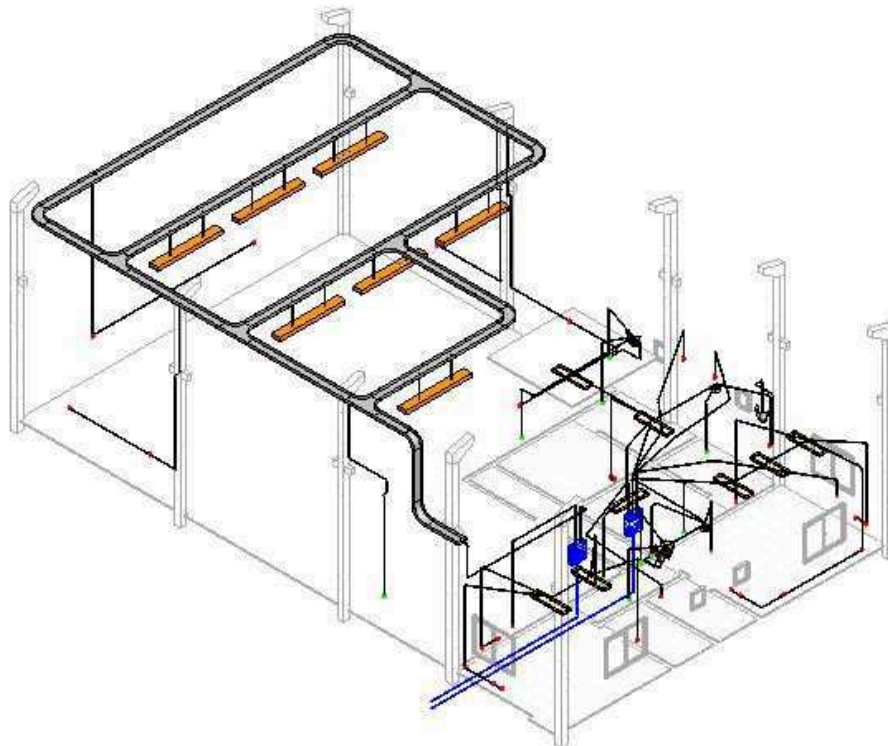
Fonte - Autor (2017)

Figura 61 - Projeto elétrico - Diagrama unifilar: Quadro de distribuição 2



Fonte - Autor (2017)

Figura 62 - Projeto elétrico - Vista 3D dos eletrodutos e eletrocalhas



Fonte - Autor (2017)

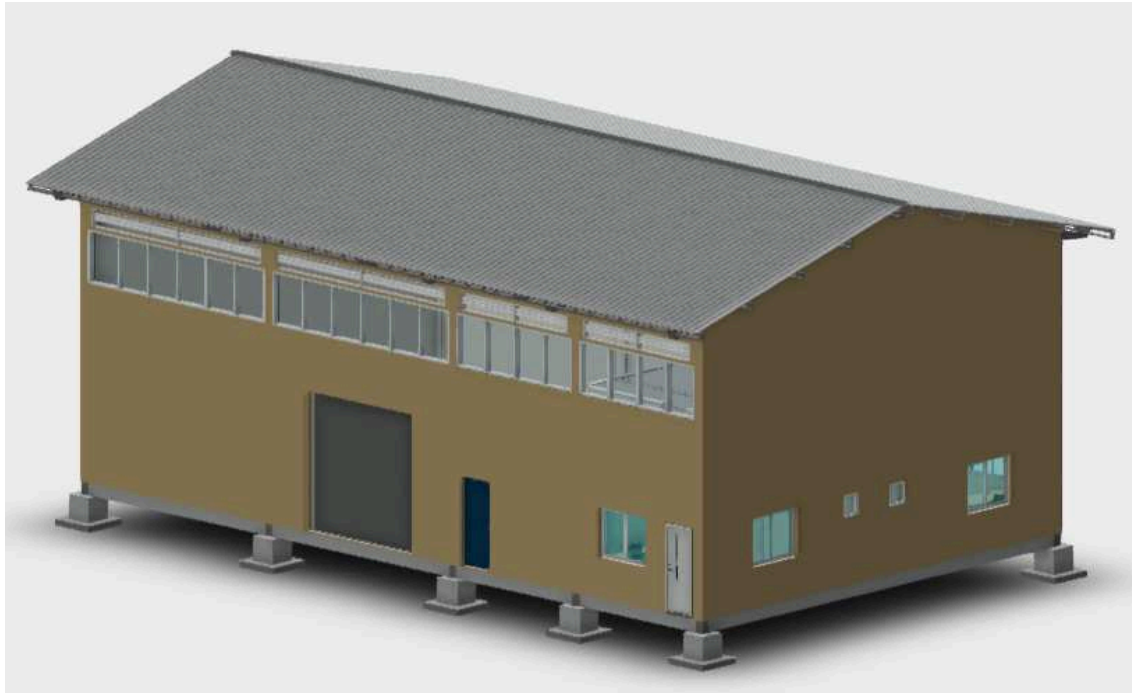
- Conclusões:

Os recursos do *software* permitem que todas as configurações necessárias para a adequação do projeto às normas brasileiras sejam realizadas, acelerando diversos processos manuais, como o levantamento de cargas e a divisão e numeração dos circuitos. A geração da tabela do quadro de distribuição permite que todas as informações pertinentes ao dimensionamento dos disjuntores e condutores sejam visualizadas facilmente. Qualquer modificação nos pontos de energia altera automaticamente a tabela, evitando repetitivas entradas de dados. A representação do diagrama unifilar e da planta baixa é realizada de maneira bastante simples, identificando rapidamente os parâmetros dos circuitos, condutores e sistemas de interruptores. Através da modelagem dos eletrodutos é possível otimizar o seu trajeto e evitar interferências com outras disciplinas, além de determinar mais precisamente o levantamento de materiais. A grande falha se dá pela não consideração do condutor de retorno. Para que o processo de dimensionamento de disjuntores e condutores seja automatizado, é necessário um maior aprofundamento em algumas ferramentas do *software* para que as entradas manuais na tabela do quadro de distribuição sejam eliminadas. Outro recurso interessante das tabelas seria a verificação da quantidade e potência de tomadas e pontos de iluminação para cada tipo de ambiente.

4.2. COLABORAÇÃO E COMPATIBILIZAÇÃO

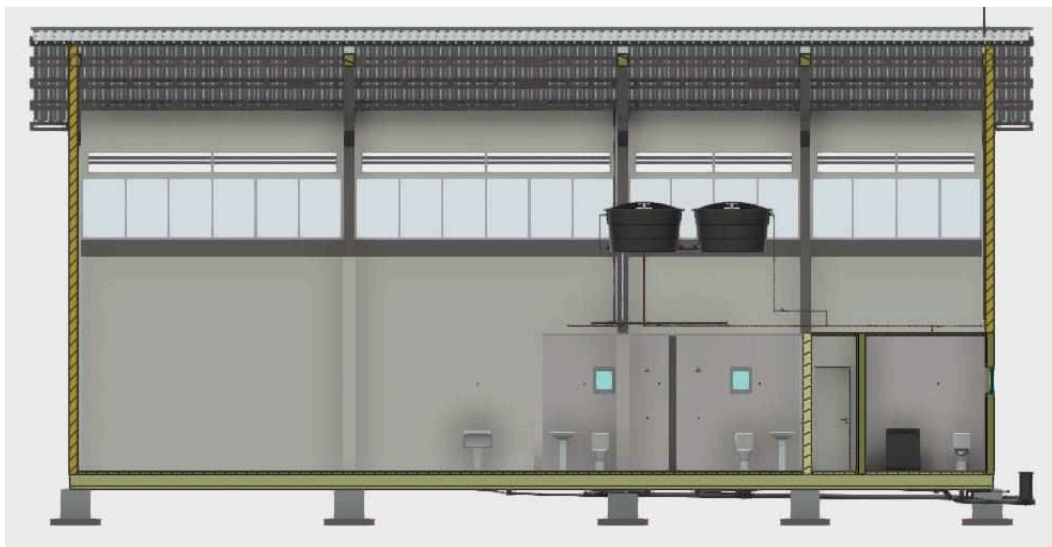
A utilização da plataforma de colaboração da *Autodesk* possibilitou que os modelos estivessem sempre atualizados e disponíveis na nuvem, sendo também uma forma segura de armazenar os arquivos. Os recursos de comunicação não foram devidamente explorados, já que os projetos foram desenvolvidos apenas pelo autor deste trabalho. Porém, se mostraram bastante interessantes e em uma equipe multidisciplinar podem funcionar muito bem. As ferramentas gráficas e de apresentação são muito úteis para visualizar e compartilhar o modelo, possuindo opção de serem feitas marcações, indicações e comentários. Na Figura 63 e na Figura 64 são ilustradas algumas dessas visualizações.

Figura 63 - Colaboração - Vista 3D



Fonte - Autor (2017)

Figura 64 - Colaboração – Corte do projeto hidrossanitário

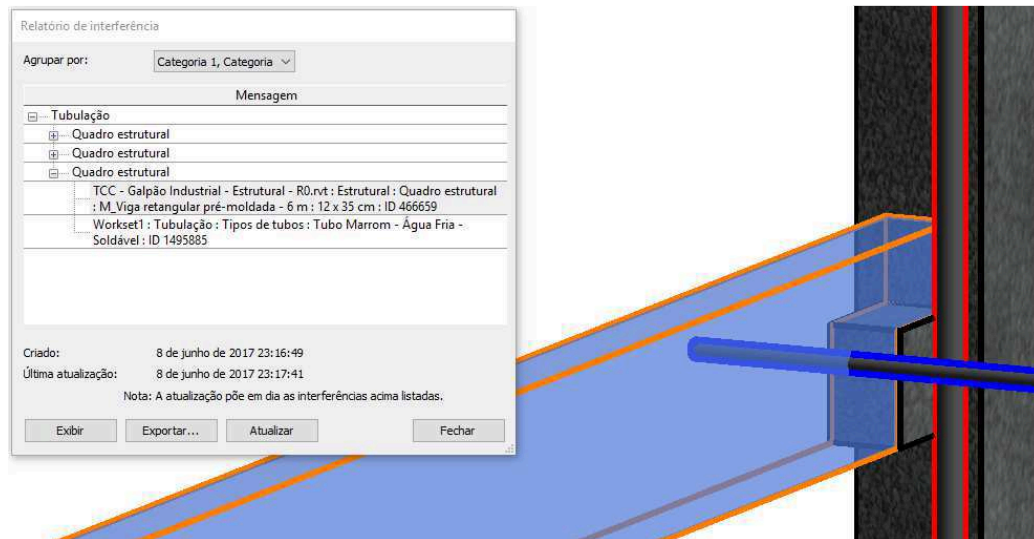


Fonte - Autor (2017)

A compatibilização entre os projetos foi realizada através da ferramenta de análise de interferência do próprio *Autodesk Revit*, comparando as diferentes disciplinas. Serão ilustrados dois exemplos de como ocorre esse processo e a devida solução para a incompatibilidade. A

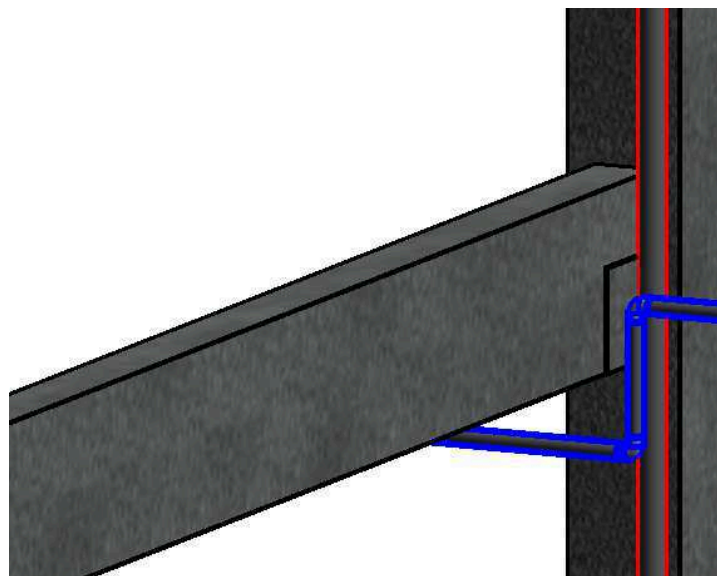
Figura 65 mostra uma análise de interferências entre a estrutura e as tubulações de água e esgoto. Ao selecionar a interferência os elementos já são realçados. Neste caso, a tubulação de limpeza e do extravasor da caixa d'água está passando através de uma viga pré-moldada. A solução neste caso é simples, apenas contornar a viga conforme apresenta a Figura 66.

Figura 65 - Interferência - Estrutura vs Tubulação



Fonte - Autor (2017)

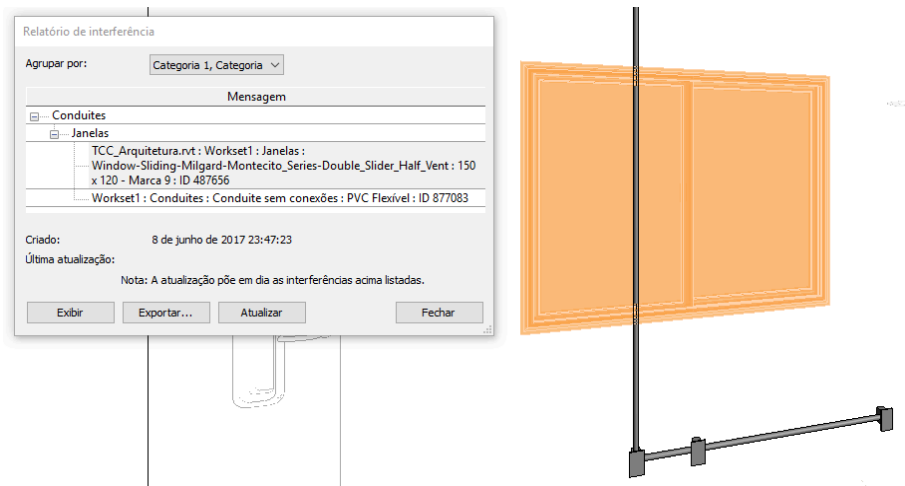
Figura 66 - Solução da interferência estrutura vs tubulação



Fonte - Autor (2017)

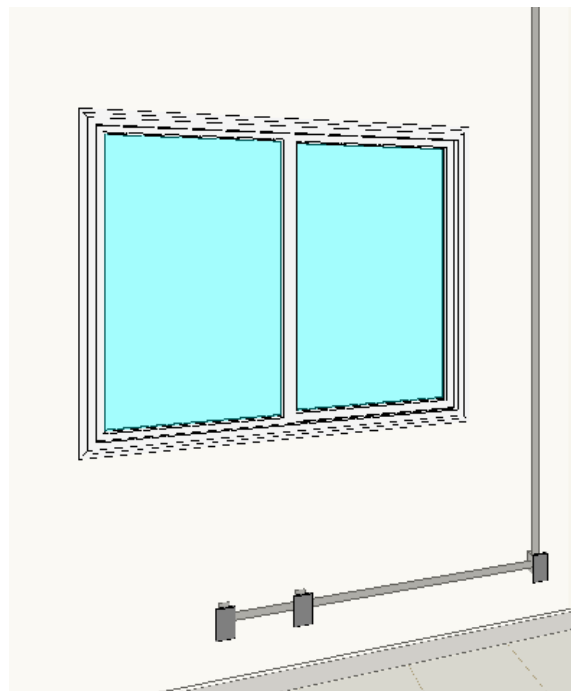
Outra interferência detectada pelo *software* foi na análise entre os eletrodutos do projeto elétrico com as esquadrias, conforme a Figura 67. A solução encontrada, exibida na Figura 68, foi mudar posição do eletroduto para que este alimentasse o circuito através de outra tomada.

Figura 67 - Interferência - Arquitetura vs Elétrico



Fonte - Autor (2017)

Figura 68 - Solução da interferência arquitetura vs elétrico



Fonte - Autor (2017)

As interferências entre elementos em um projeto são muito comuns, e sem uma análise adequada para compatibilizar as disciplinas muitos erros somente serão percebidos na fase de construção do empreendimento, acarretando em maiores custos. A facilidade que as ferramentas BIM possuem de identificar essas incompatibilidades eleva a qualidade do projeto e juntamente com a colaboração antecipa e acelera a resolução de problemas. A comunicação entre os profissionais se faz extremamente necessária, e uma plataforma que agilize esse processo e contenha modelos de informações consistentes e disponíveis a todos os usuários faz com que o BIM possa ser aplicado de maneira adequada.

4.3.OUTROS RECURSOS

O objetivo desta seção é abordar recursos e ferramentas presentes em *softwares* BIM que não foram incluídos no escopo e projetos deste estudo de caso. Será realizada uma breve explicação e ilustração acerca de algumas ferramentas e possibilidades julgadas relevantes, apresentando suas principais funcionalidades. Os exemplos utilizados nesta seção não têm necessariamente uma relação direta com os projetos desenvolvidos.

4.3.1. Tabelas e Quantitativos

A geração de tabelas e levantamentos de quantitativos se faz de maneira bastante simples, sendo um dos recursos mais utilizados em *softwares* BIM. Através de filtros e regras é possível selecionar os parâmetros e famílias que se deseja computar. A utilização de objetos paramétricos faz com que a qualquer modificação realizada no modelo as tabelas sejam também alteradas. Podem ser adicionados novos parâmetros e fórmulas afim de se extrair outras informações. As tabelas podem ser exportadas para outros *softwares* ou incluídas em vistas e folhas. A Tabela 27, a Tabela 28 e a Tabela 29 ilustram esse recurso.

Tabela 27 - Quantitativo: Revestimento de paredes

<Levantamento do material de parede>		
A	B	C
Material	Volume	Área
Azulejo cerâmico	1,55 m ³	154,4 m ²
Pintura Externa	2,69 m ³	538,1 m ²
Pintura Interna	1,96 m ³	520,7 m ²
Reboco	16,25 m ³	1084,0 m ²
Tijolo Cerâmico	71,36 m ³	510,6 m ²
Total geral: 287	93,81 m ³	2807,7 m ²

Fonte - Autor (2017)

Tabela 28 - Tabela de ambiente

<Tabela de ambiente>		
A	B	C
Nome	Área	Perímetro
Circulação	3,0 m ²	7,99 m
Circulação Vestiário	4,8 m ²	13,42 m
Escritório	17,4 m ²	16,74 m
Recepção	15,3 m ²	15,65 m
Vestiário - Fem.	7,7 m ²	11,08 m
Vestiário - Masc.	7,7 m ²	11,08 m
WC - Escritório	3,7 m ²	8,10 m
WC - Fem.	4,4 m ²	8,74 m
WC - Masc.	4,4 m ²	8,92 m
WC - Recepção	3,7 m ²	8,09 m
Área de Trabalho	155,6 m ²	56,18 m

Fonte - Autor (2017)

Tabela 29 - Quantitativo de tubulação

<Tubos Rígidos>		
A	B	C
Descrição	Diâmetro Nominal	Comprimento
Tubo Soldável Marrom		
Tubo Soldável Marrom	20,00 mm	23,76 m
Tubo Soldável Marrom	25,00 mm	37,03 m
Tubo Soldável Marrom	32,00 mm	9,99 m
Tubo Soldável Marrom	40,00 mm	1,26 m
Tubo Série Normal		
Tubo Série Normal	40,00 mm	11,27 m
Tubo Série Normal	50,00 mm	33,11 m
Tubo Série Normal	100,00 mm	26,79 m
Total geral		143,23 m

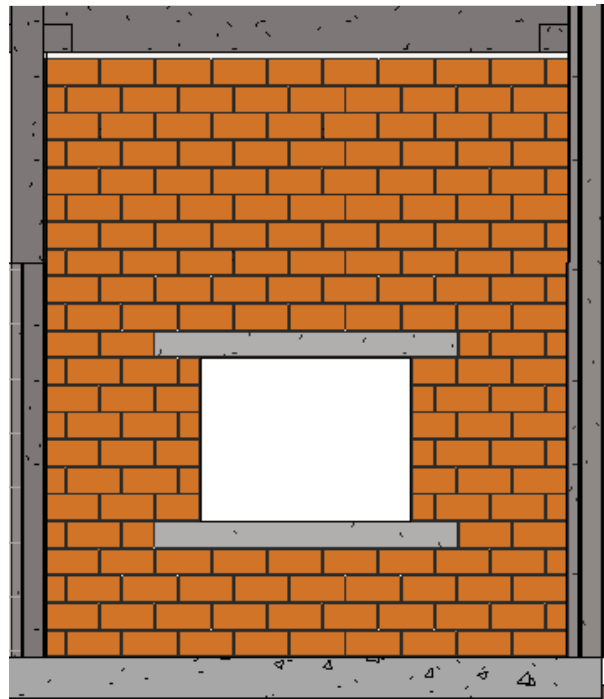
Fonte - Autor (2017)

4.3.2. Paginação de Alvenaria

É possível incluir os blocos de alvenaria no modelo criando famílias conforme sua geometria e material, além de considerar as juntas entre blocos. Com isso é realizada a paginação da alvenaria, compatibilizando-a com as esquadrias e outros elementos, adicionando também vergas e contravergas. A paginação de alvenaria é utilizada principalmente nos empreendimentos com sistema construtivo de alvenaria estrutural, pois os blocos devem ser devidamente dispostos afim de receberem os esforços estruturais. No *Revit*, a criação de vistas para cada parede e a colocação dos blocos se faz de maneira bastante simples e rápida, além do levantamento de quantitativos se tornar mais preciso. A Figura 69 apresenta a família de bloco cerâmico de 6 furos de 14x19x39 cm, enquanto na Figura 70 está ilustrada a compatibilização de alvenaria, verga, contraverga e esquadria.

Figura 69 - Bloco

Fonte - Autor (2017)

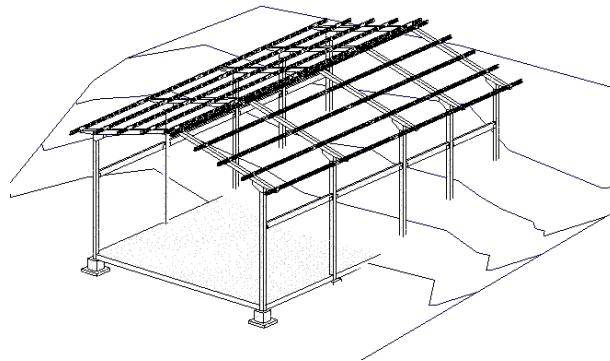
Figura 70 - Paginação de alvenaria

Fonte - Autor (2017)

4.3.3. Topografia e Terreno

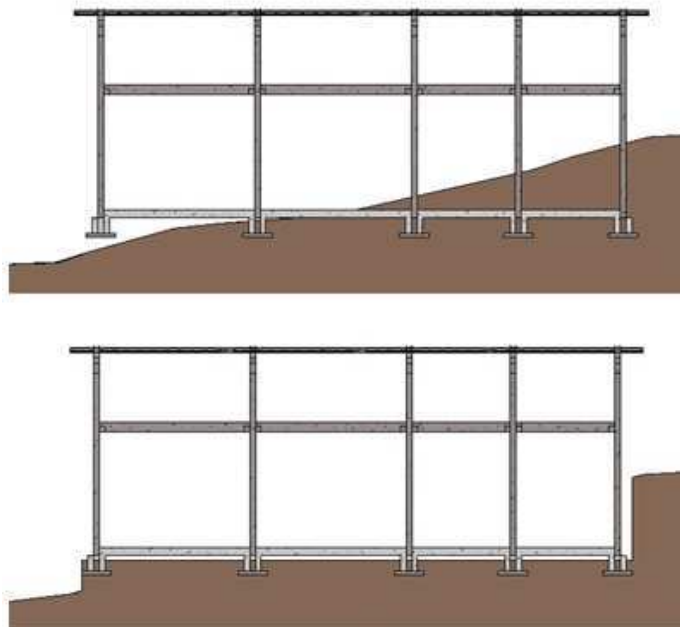
Os terrenos são representados pela criação de superfícies topográficas, que podem ser realizadas através da importação de arquivos com curvas de nível ou inserindo pontos e suas elevações. Por meio da determinação das plataformas de construção, podem ser extraídos os valores de corte e aterro. A Figura 71 e a Figura 72 exemplificam esses recursos. Na Tabela 30 estão os dados referentes à movimentação de terra da Figura 72.

Figura 71 - Superfície topográfica - Vista 3D



Fonte - Autor (2017)

Figura 72 - Movimentação de terra



Fonte - Autor (2017)

Tabela 30 - Volumes de corte e aterro

<Tabela de topografia>			
A	B	C	D
Nome	Área da superfície	Aterro	Corte
Movimentação de Terra	277 m ²	40,21 m ²	259,85 m ²

Fonte - Autor (2017)

4.3.4. Estudos de Massa

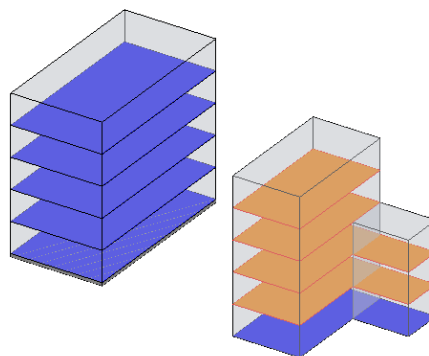
Os objetos de massa criam modelos conceituais para representar um empreendimento ou formas diversas. A partir desses objetos podem ser extraídas informações a respeito da sua área e volume, por exemplo. A grande utilidade desse recurso é elaborar rapidamente um modelo do edifício para a realização de estudos prévios, como análises de viabilidade, ocupação do terreno e disposição das edificações. Às massas podem ser atribuídas identificações para denotar o seu uso, podem ser incluídos pavimentos, paredes e telhados, e facilmente sua geometria pode ser alterada, fazendo o estudo de diversos cenários. Ao adicionar o valor do CUB, ou de custos por metro quadrado construído, por exemplo, uma estimativa de custos pode ser obtida. A Tabela 31 extrai informações de área de pavimento referente à Figura 73.

Tabela 31 - Estudo de massa - Área de piso

<Massa: Tabela do piso>			
A	B	C	D
Nome	Uso	Nível	Área do piso
Edifício Residencial	Comercial	Térreo	102 m ²
Comercial	Comercial	Térreo	153 m ²
Comercial	Comercial	Pav 1	153 m ²
Comercial	Comercial	Pav 2	153 m ²
Comercial	Comercial	Pav 3	153 m ²
Comercial	Comercial	Pav 4	153 m ²
			867 m ²
Edifício Residencial	Residencial	Pav 1	102 m ²
Edifício Residencial	Residencial	Pav 2	102 m ²
Edifício Residencial	Residencial	Pav 3	79 m ²
Edifício Residencial	Residencial	Pav 4	79 m ²
			362 m ²

Fonte - Autor (2017)

Figura 73 - Estudo de massa – Vista 3D



Fonte - Autor (2017)

4.3.5. Luminotécnica

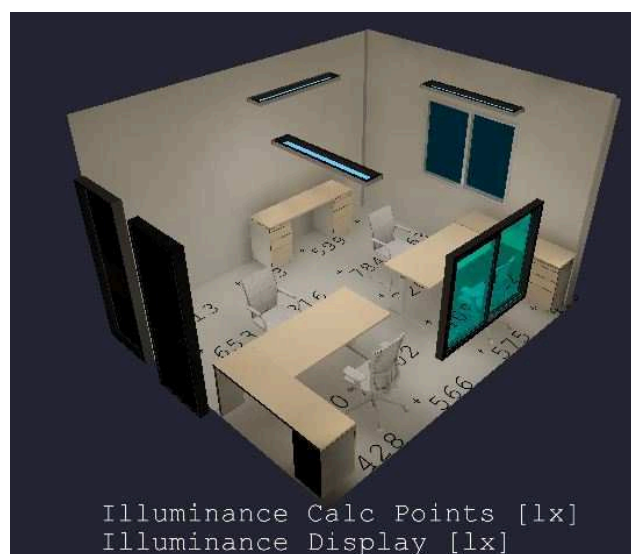
Os *softwares* em plataforma BIM permitem que seja realizado o projeto luminotécnico dos ambientes. Para o estudo deste exemplo foi utilizado o *plug-in* para *Revit*, *ElumTools*. O *plug-in* possui uma quantidade extensa de ferramentas e realiza o cálculo luminotécnico de um ambiente determinando a iluminância nos pontos de controle adicionados. São extraídas informações a respeito da superfície das paredes, pisos, forros e luminárias do modelo para obter os resultados. A fabricante de luminárias Philips possui uma extensa biblioteca para o *Revit* com diversas opções e já com as informações necessárias para a execução do projeto luminotécnico. Existe uma série de parâmetros que devem ser configurados de acordo com cada projeto. O objetivo deste estudo é apenas ilustrar a ferramenta e a capacidade dos *softwares* BIM, portanto foram utilizados os parâmetros padrão do *ElumTools*. Na Figura 74, na Figura 75 e na Tabela 32 são exibidos alguns resultados. É possível perceber que os menores valores encontrados estão nos pontos localizados abaixo das mesas, já que os pontos foram posicionados no piso, reduzindo a iluminância média do ambiente. Para um escritório, segundo a NBR8995-1 – Iluminação de ambientes de trabalho - Interior (ABNT, 2013), deve-se ter uma iluminância de 750 lux.

Figura 74 - Iluminância (lux) do ambiente – Planta baixa



Fonte - Autor (2017)

Figura 75 - Iluminância - Vista 3D



Fonte - Autor (2017)

Tabela 32 - Iluminância do ambiente

<ElumTools General Use Illuminance Results>					
A	B	C	D	E	F
Calculation Points	Average	Maximum	Minimum	Average / Minimum	Maximum / Minimum
Escritório 1	552 lx	816 lx	225 lx	2,5	3,6

Fonte - Autor (2017)

4.3.6. Renderização

A geração de imagens realistas de vistas e elementos do modelo é realizada através das ferramentas de renderização. Para cada elemento são atribuídos os materiais e suas respectivas aparências e texturas. São determinados os parâmetros de renderização, como a incidência de luz solar e artificial, planos de fundo e a qualidade da imagem. A partir da orientação e posição geográfica do edifício, as configurações relativas ao sol são realizadas e dão um aspecto bastante realista. A visualização de interiores com as luzes artificiais também gera ótimas imagens. A renderização criada pode ser exportada nos formatos de imagem comuns ou salva dentro do próprio projeto como uma vista. A Figura 77 e a Figura 76 exibem algumas renderizações para o galpão industrial elaborado neste trabalho, ilustrando situações com a consideração da luz solar e a luz artificial.

Figura 77 - Renderização - Exterior



Fonte - Autor (2017)

Figura 76 - Renderização - Interior



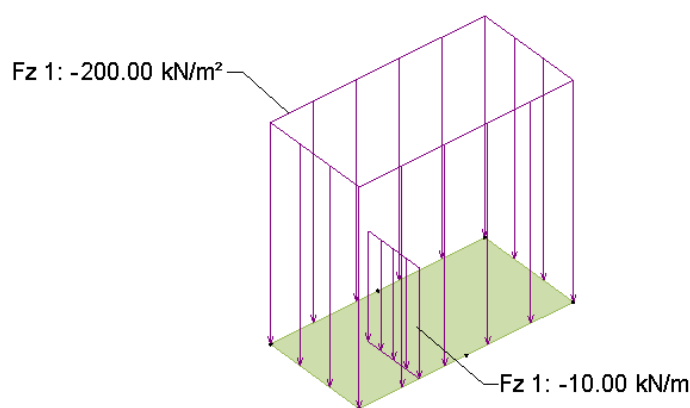
Fonte - Autor (2017)

4.3.7. Análise Estrutural

Análises estruturais a partir de *softwares* de plataforma BIM como o *Autodesk Revit* não costumam ser realizadas devido à alta complexidade dos projetos estruturais. Alguns *softwares* específicos para análise de estruturas possuem exportadores IFC, mas ainda não estão totalmente integrados ao BIM. Uma alternativa desenvolvida pela *Autodesk* é a plataforma de análises estruturais na nuvem, *Robot Structural Analysis*, que proporciona a análise estrutural do modelo a partir do *Autodesk Revit*. Neste último, são inseridos os elementos estruturais, carregamentos e seus casos, situações de apoio, coeficientes, entre outras informações necessárias. Por meio de um *plug-in* do *Robot*, é possível acessá-lo através do *Revit*, e iniciar a análise do modelo. Para exemplificar algumas ferramentas foi realizada a análise de uma laje de fundação, aplicando cargas por área, carga linear e determinando o coeficiente de mola. Os carregamentos podem ser visualizados na Figura 78, e um exemplo de visualização de esforços no *Robot* na Figura 79. No *Revit* existem diversas opções para inserir as armaduras, desde armaduras por área, ganchos, e até telas soldadas, conforme apresentado na Figura 80.

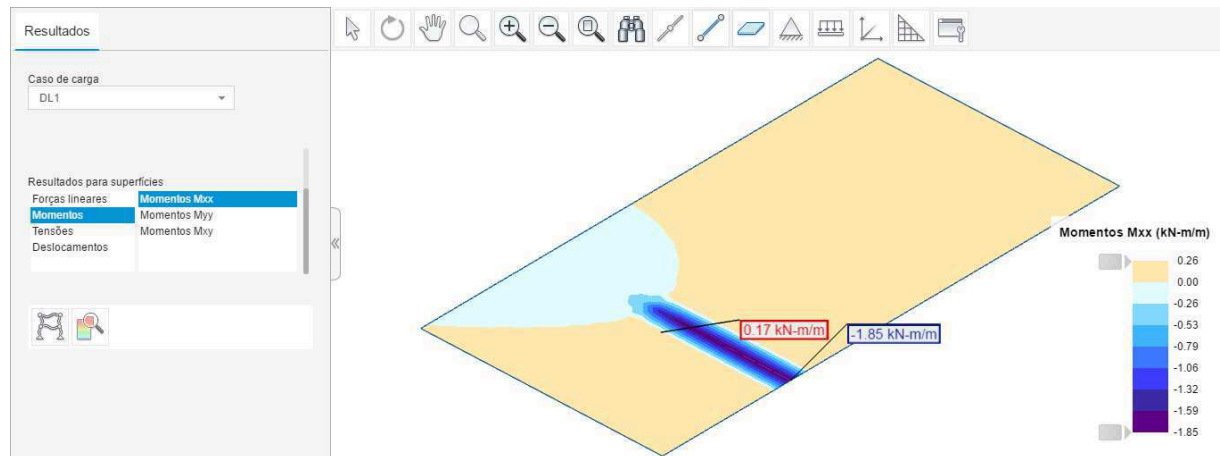
A utilização de um *software* para cálculos estruturais exige um grande conhecimento técnico a respeito de estruturas, das normas, e da configuração próprio *software*. O *Autodesk Revit* juntamente com o *Robot Structural Analysis* dispõe de uma série de recursos que podem ser aplicados, devendo haver um aprofundamento bastante grande na configuração dos modelos. Para estruturas mais simples o *software* pode ser uma ótima ferramenta, porém estruturas mais elaboradas podem requerer *softwares* mais robustos. As ferramentas estruturais não eliminam a necessidade de um profissional qualificado e experiente, apenas auxiliam e facilitam os processos na elaboração de um projeto estrutural adequado.

Figura 78 - Análise estrutural - Carregamentos



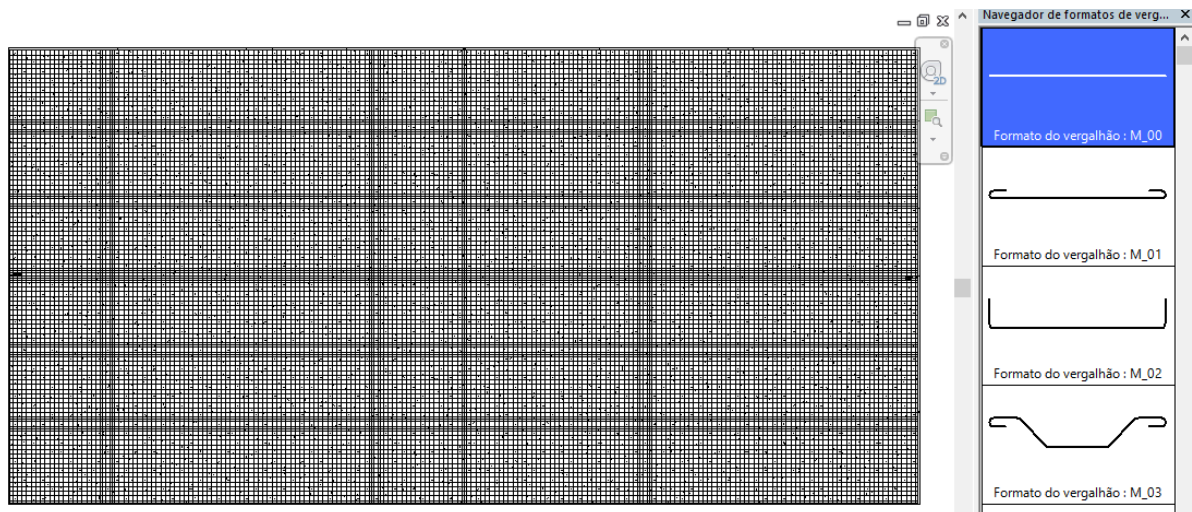
Fonte - Autor (2017)

Figura 79 - Análise de esforços



Fonte - Autor (2017)

Figura 80 - Armaduras - Telas soldadas e opções de vergalhão



Fonte - Autor (2017)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1. CONCLUSÕES

Ao final da realização deste trabalho todos os objetivos propostos foram cumpridos com êxito, aplicando os conceitos BIM na elaboração dos projetos do empreendimento de estudo. Todos os projetos cumprem de maneira adequada os requisitos estabelecidos pelas normas vigentes no Brasil, e integram um modelo único, compatibilizado, e com dados consistentes.

A revisão bibliográfica apresentou os principais conceitos do BIM, um breve histórico, suas principais classificações, ferramentas, e a sua situação atual perante diversos países, permitindo ao autor adquirir conhecimento suficiente para aplicar a metodologia BIM em projetos de engenharia. A escolha por um empreendimento de menor porte permitiu que as diferentes disciplinas pudessem ser melhor desenvolvidas, apresentando resultados significativos. Por fim, foram brevemente exibidas outras ferramentas presentes em *softwares* BIM, ilustrando demais recursos e capacidades ao se utilizar a plataforma BIM.

A elaboração de projetos estruturais em *softwares* BIM ainda é bastante limitada, pois apesar de possuírem diversos recursos, não apresentam as normas vigentes no Brasil, dificultando a configuração dos modelos. Além disso, a capacidade de processamento de um *software* que realize a análise de grandes estruturas não foi alcançada pelos *softwares* de plataforma BIM. *Softwares* específicos para estruturas, como o TQS e o AltoQI Eberick possuem alguns recursos de exportação de formato IFC e outras formas de trocas de dados, mas ainda pecam na aplicação adequada da interoperabilidade proposta pela metodologia BIM. A análise de estruturas menos complexas, e o detalhamento de elementos são os principais recursos que hoje podem ser desenvolvidos de maneira satisfatória.

O projeto arquitetônico é a disciplina mais explorada dentro da plataforma BIM, pois possui uma série de ferramentas que agilizam e facilitam o detalhamento dos projetos. Além disso, uma extensa quantidade de bibliotecas de objetos enriquece significativamente o modelo. Os recursos de renderização são outras ferramentas poderosas.

A modelagem e dimensionamento do projeto hidrossanitário foi bastante facilitado pela utilização do *template* da fabricante de tubos e conexões Tigre, já possuindo as suas famílias de tubos e conexões configuradas. A modelagem é bastante simples e acelera o processo de

detalhamento do projeto, gerando vistas e cortes rapidamente, além de apresentar um modelo com informações consistentes. O dimensionamento do sistema de água fria através do *Revit MEP* é prejudicado devido a não realizar as mesmas considerações da norma brasileira, aumentando os valores de vazão nas tubulações. Esse aumento da vazão faz com que seja necessário elevar o diâmetro das tubulações para que as perdas de pressão sejam diminuídas. Já o cálculo da perda de carga se mostrou bastante consistente, com resultados próximos dos métodos manuais. O *software* peca em não verificar a pressão dinâmica nos aparelhos, avaliando somente a perda de carga. Um estudo mais aprofundado para a utilização de *plug-in*, *softwares* mais específicos, ou a elaboração de tabelas pode corrigir as deficiências encontradas.

O projeto elétrico também foi modelado e dimensionado a partir do *Revit MEP*, que possui diversos recursos e configurações para serem ajustadas e adequadas à norma brasileira. Outros parâmetros foram incluídos no dimensionamento através das tabelas de quadro de distribuição. A inclusão de pontos de energia, elaboração dos circuitos, interruptores e cálculo de potência instalada são realizados de maneira simples e automática, acelerando os processos. A necessidade de incluir os condutores de retorno manualmente é o principal problema apresentado pelo *software*, mas que pode ser contornado facilmente.

A utilização das ferramentas de colaboração e compatibilização de projetos se mostraram eficientes e atendem aos requisitos necessários à aplicação adequada do BIM, possuindo diversos recursos para a troca de informações, com um modelo consistente e compatibilizado. A adoção de *softwares* de uma mesma companhia facilitou isto, já que as trocas de informações por IFC ainda não estão bem resolvidas e integradas.

Através das ferramentas de análise de interferências do *Revit* foi possível compatibilizar adequadamente os projetos e corrigir os problemas detectados. Interferências entre disciplinas de projeto causam um aumento considerável nos custos do empreendimento, e quando a sua verificação é bem realizada e suas soluções antecipadas, tem-se um empreendimento de maior qualidade e menor custo de execução. O BIM permitiu que a compatibilização dos projetos fosse realizada de maneira bastante eficiente, reunindo todas as informações do projeto em um modelo único e consistente. A partir desse modelo as análises entre disciplinas foram realizadas e as interferências solucionadas rapidamente.

Adicionalmente, outras facilidades ofertadas pelo modelo BIM foram exploradas, como por exemplo o cálculo luminotécnico, topografia, paginação de alvenaria, estudos de massa, análise estrutural, recursos de renderização, além da extração de quantitativos para orçamento. Essas ferramentas ilustraram outros recursos proporcionados pelo BIM além dos apresentados ao longo do trabalho, reforçando as diversas vantagens da utilização desta metodologia. Muitos

outros recursos ainda podem ser explorados, como análises de energia, sistemas de ventilação, elaboração de planejamentos, entre outros.

As vantagens na adoção da metodologia BIM e dos *softwares* de sua plataforma são inúmeras, acelerando diversos processos manuais, antecipando informações e elevando a qualidade dos projetos.

A dificuldade de aprendizado dos *softwares*, principalmente para a criação de *templates* e modelos que realizem dimensionamentos adequados, é um fator que pesa negativamente para a ampla utilização do BIM. Porém, a partir de uma equipe treinada e modelos pré-configurados, os benefícios são bastante grandes.

Para finalizar, é gratificante o sucesso obtido ao final deste trabalho com um empreendimento completamente modelado e dimensionado em plataforma BIM, e que atende às normas brasileiras e locais. Muitas ainda são as melhorias e aprofundamentos necessários nos *softwares* BIM para que se obtenham modelos totalmente integrados e com dimensionamentos mais automatizados, porém os resultados obtidos neste trabalho são muito promissores.

5.2.SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para estudos futuros relacionados ao tema, sugere-se abordar outras disciplinas de projetos, como projetos preventivos de incêndio, gás combustível, luminotécnico, ar-condicionado, entre outros, apresentando um aprofundamento satisfatório para melhor extrair os recursos oferecidos pela metodologia BIM. O uso de *softwares* mais específicos para cada tipo de projeto também pode ser uma abordagem interessante.

A realização de análises estruturais, acústicas e térmicas também são estudos bastante relevantes. Outro tema interessante é a utilização de linguagens de programação e a elaboração de tabelas mais avançadas, que ampliam significativamente as possibilidades e recursos ao se utilizar uma ferramenta BIM.

BIBLIOGRAFIA

- ASBEA. 2013. *Guia AsBEA boas práticas em BIM - Fascículo I*. São Paulo : AsBEA, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. 2011. *NBR 15965-1 - Sistema de classificação da informação da construção - Parte 1: Terminologia e estrutura*. Rio de Janeiro : ABNT, 2011.
- . 2012a. *NBR 15965-2: Sistema de classificação da informação da construção - Parte 2: Características dos objetos da construção*. Rio de Janeiro : ABNT, 2012a.
- . 2014. *NBR 15965-3: Sistema de classificação da informação da construção - Parte 3: Processos da construção*. Rio de Janeiro : ABNT, 2014.
- . 2015. *NBR 15965-7: Sistema de classificação da informação da construção - Parte 7: Informação da construção*. Rio de Janeiro : ABNT, 2015.
- . 2004. *NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão*. Rio de Janeiro : ABNT, 2004.
- . 1999. *NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução*. Rio de Janeiro : ABNT, 1999.
- . 2013. *NBR 8995-1: Iluminação de ambientes de trabalho - Parte 1: Interior*. Rio de Janeiro : ABNT, 2013.
- . 2012b. *NBR ISO 21500: Orientações sobre gerenciamento de projeto*. Rio de Janeiro : ABNT, 2012b.
- . 1998. *NBR5626: Instalação predial de água fria*. Rio de Janeiro : ABNT, 1998.
- BIGUAÇU, Lei nº 356/83. 1983. *Código de obras e edificações para o município de Biguaçu*. Biguaçu : Câmara Municipal, 1983.
- BIM FORUM. 2015. *Level of Development Specification*. Washington : BIMForum, 2015.

BIM Task Group. 2011. *Government Soft Landings: Section 1*. Reino Unido : s.n., 2011.

BIMObject. 2016. Why 4D,5D and 6D BIM need real manufactures' BIM objects hosted on a professional cloud solution. *The BIMobject Blog*. [Online] BIMObject, 2016. <https://bimobject.com/en/blog/post/why-4d-5d-and-6d-bim-need-real-manufacturers-bim-objects-hosted-on-a-professional-cloud-solution>.

CAMPESTRINI, Tiago Francisco. 2015. *Entendendo BIM - Uma visão do projeto de construção sob o foco da informação*. Curitiba : s.n., 2015.

CAMPOS NETTO, Claudia. 2016. *Autodesk Revit Architecture 2017: conceitos e aplicações*. São Paulo : Érica, 2016. p. 448.

CBIC. 2016b. *Colaboração e Integração BIM - Parte 3: Implementação do BIM para construtoras e Incorporadoras*. Brasília : Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2016b. p. 132.

—. 2016a. *Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras*. Brasília : Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2016a. p. 124.

CELESC. 2007. *E321.0001 - Padronização de Entrada de Energia Elétrica de Unidades Consumidoras de Baixa Tensão*. Florianópolis : CELESC, 2007.

EASTMAN, Chuck. 1975. *The use of computers instead of drawings in building design*. s.l. : Journal of the American Institute of Architects, 1975.

EASTMAN, Chuck, et al. 2008. *Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores*. [trad.] Cervantes Gonçalves Ayres Filho. Porto Alegre : Bookman, 2008. p. 483.

EY. 2014. *Estudo sobre produtividade na construção civil: desafios e tendências no Brasil*. São Paulo : EY, 2014.

GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. 2015. *Caderno de Apresentação de Projetos em BIM*. Secretaria de Estado do Planejamento de Santa Catarina. 2015. p. 72.

KASSEM, Mohamad e AMORIM, Sergio R. Leusin de. 2015. *Building Information Modeling no Brasil e na União Européia*. Brasília : Mdic, 2015.

KASSEM, Mohamad, SUCCAR, Bilal e DAWOOD, Nashwan. 2013. *A proposed approach to comparing the BIM maturity of countries*. China : 30th Internacional Conference, Beijin, 2013.

MANZIONE, Leonardo. 2013. *Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM*. São Paulo : s.n., 2013.

McGraw Hill Construction. 2014. *SmartMarket Report on business value of BIM for construction in major global markets: how contractors around the world are driving innovation with building information modelling*. Bedford : McGraw HILL CONSTRUCTION, 2014.

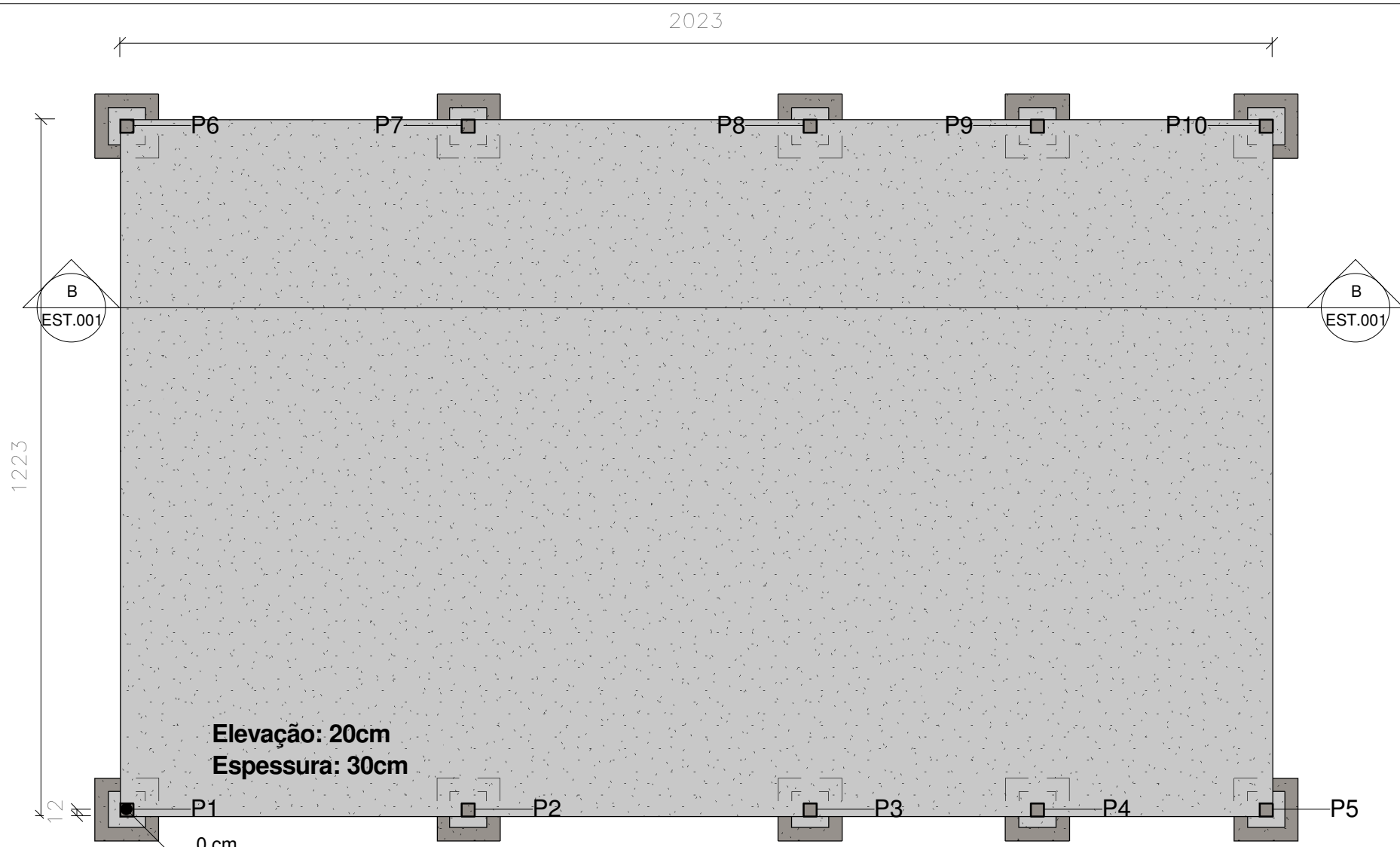
MUTTI, Cristine do Nascimento. 2008. *Guia prático para trabalho de conclusão de curso em construção civil: graduação e pós-graduação*. Florianópolis : Secco, 2008. p. 88.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. 2013. *Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos - PMBOK*. Newtown Square : Project Management Institute, 2013.

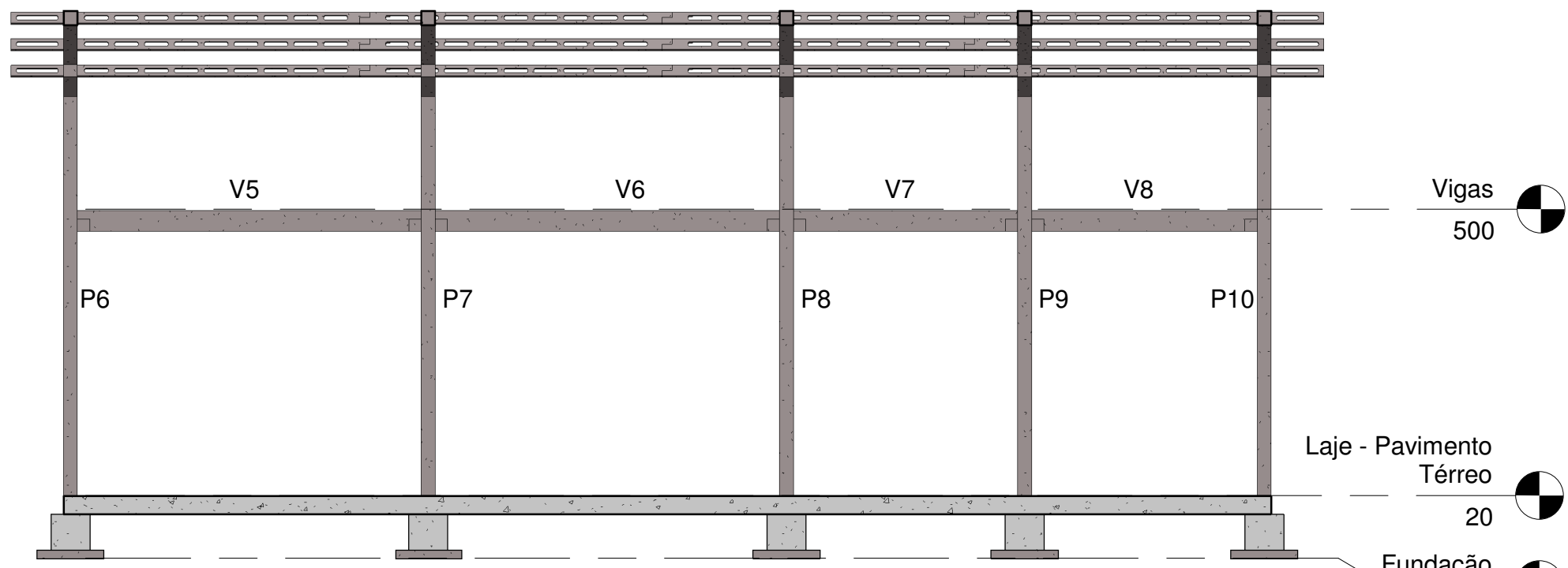
SATO, Fábio Itiro. 2015. *Revit MEP 2015: elétrica*. Santa Cruz do Rio Pardo : Viena, 2015. p. 253.

SUCCAR, Bilal. 2009. *The Five Components of BIM Performance Measurement*. Newcastle : University of Newcastle, 2009.

APÊNDICE A – PROJETOS



Laje - Pavimento Térreo
Escala: 1 : 100



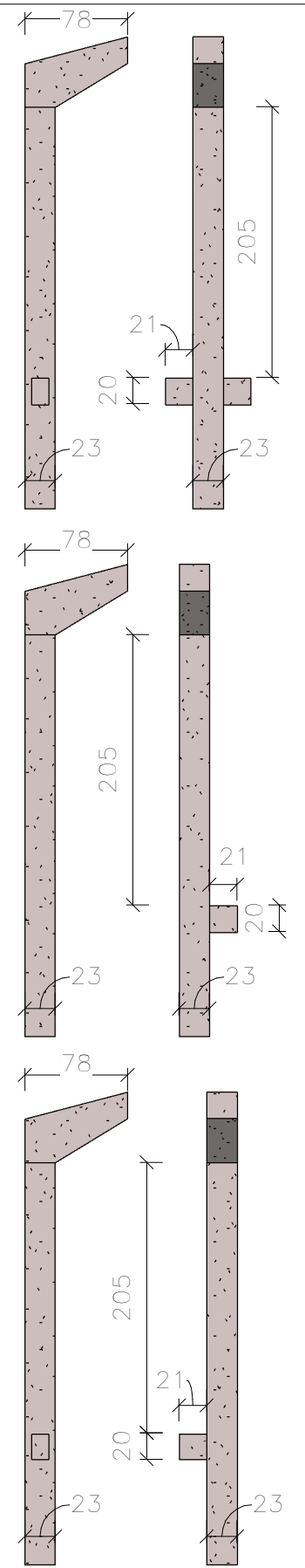
Corte B-B
Escala: 1 : 100

P2=P3=P4=P7=P8=P9

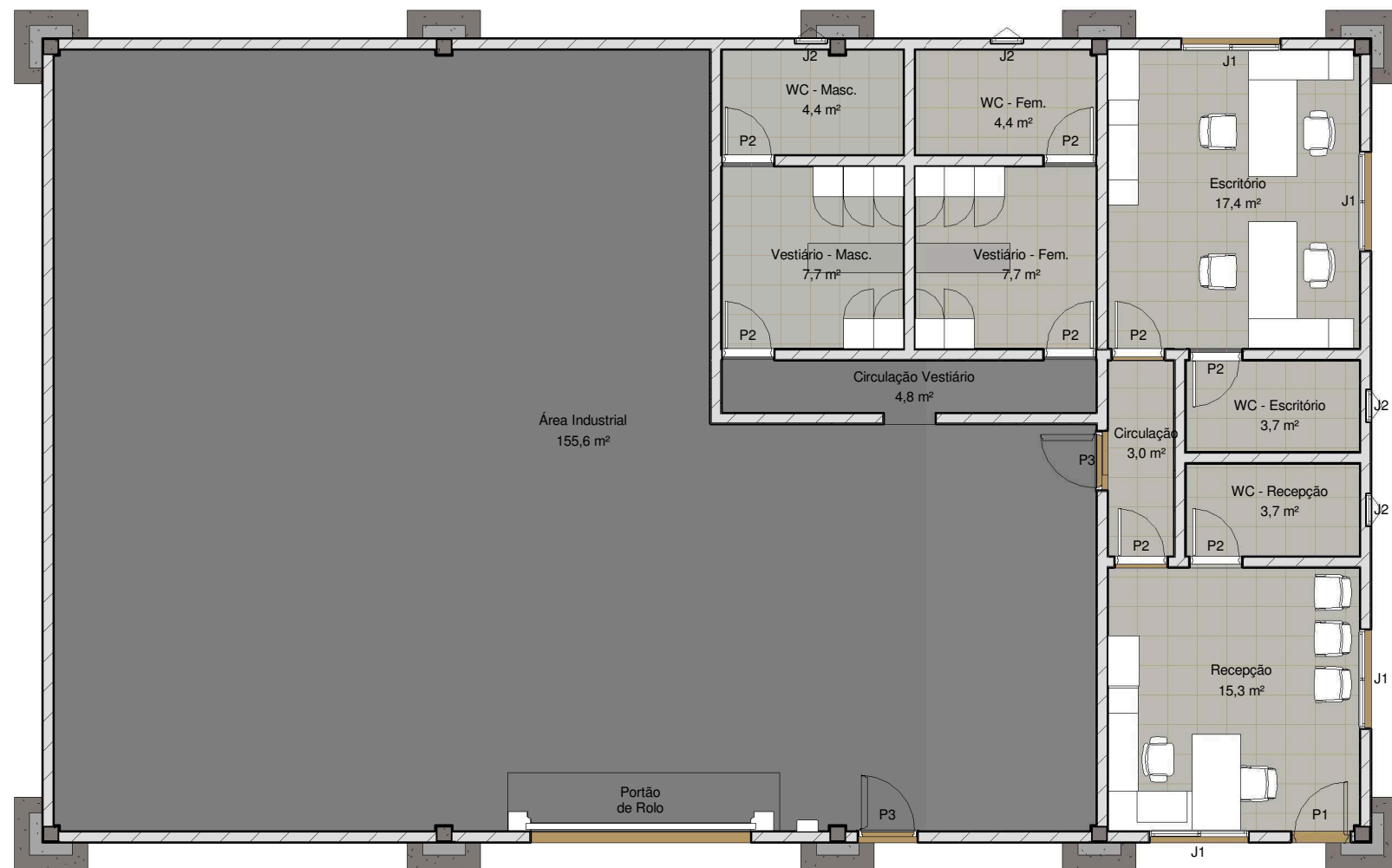
P5=P6

Pilares
Escala: 1 : 50

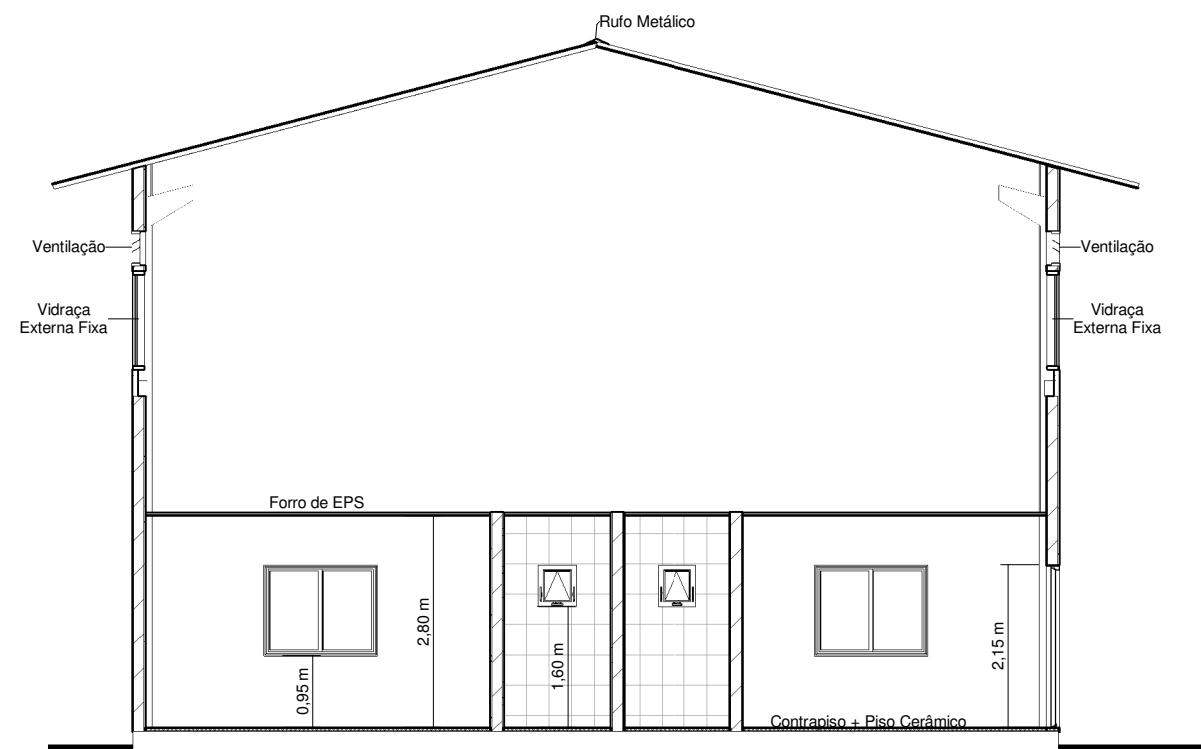
P1=P10



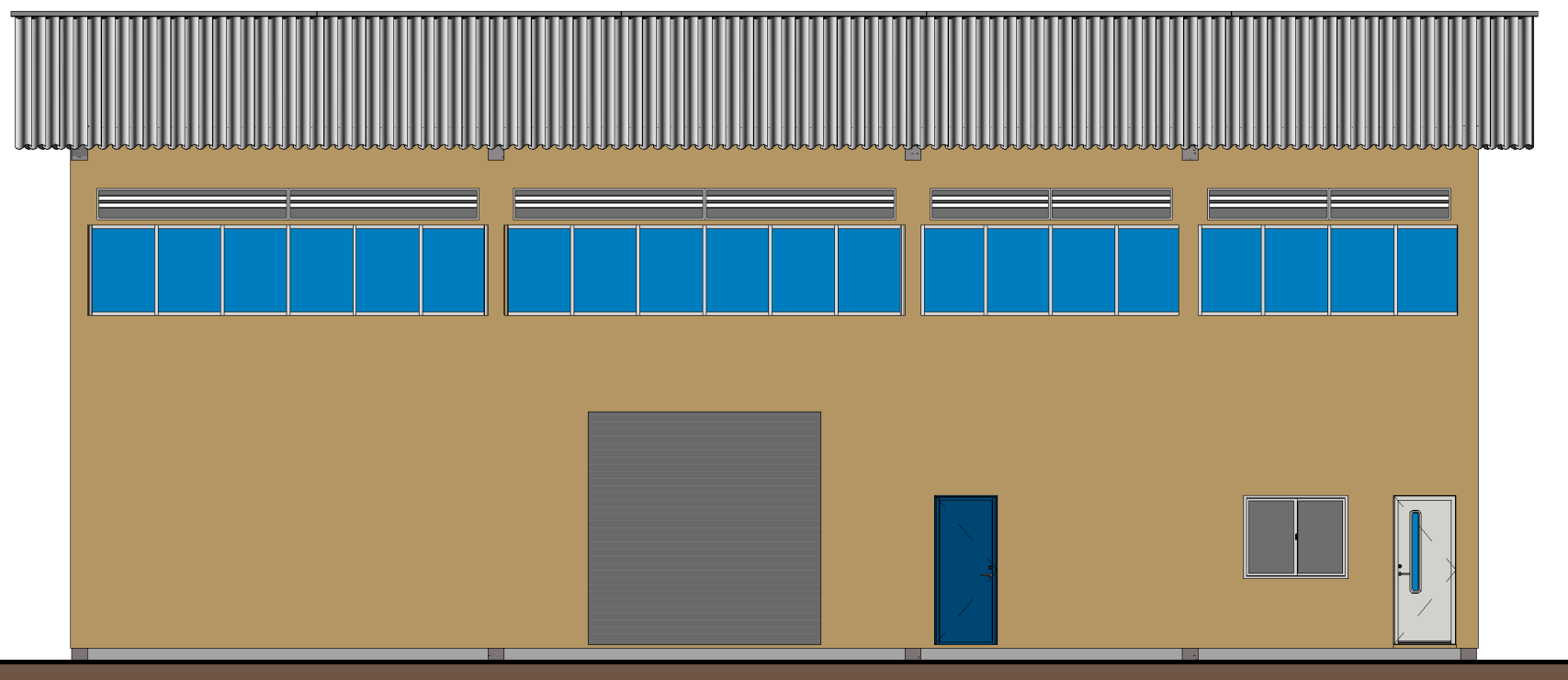
	
Laje de Fundação, Pilares e Corte B-B	
Galpão Industrial	EST.001
Data	Junho/2017
Autor: Lucas de Faria José	Escala: Indicado



Térreo - Arquitetônico
Escala: 1 : 100



Corte B-B
Escala: 1 : 100



Elevação Frontal
Escala: 1 : 100

Tipo	Largura	Altura	Altura do peitoril	Quantidade	Descrição
J1	150	120	95	4	Janela de Alumínio - 2 folhas
J2	50	55	160	4	Janela de Alumínio - Basculante

Tipo	Largura	Altura	Quantidade	Descrição
P1	90	215	1	Porta de Madeira - Externa
P2	80	215	8	Porta de Madeira - Interna
P3	90	215	2	Porta de Aço
Portão de Rolo	335	335	1	Portão Industrial

Nome	Área	Perímetro
Circulação	3,0 m ²	7,99 m
Circulação Vestiário	4,8 m ²	13,42 m
Escritório	17,4 m ²	16,74 m
Recepção	15,3 m ²	15,65 m
Vestiário - Fem.	7,7 m ²	11,08 m
Vestiário - Masc.	7,7 m ²	11,08 m
WC - Escritório	3,7 m ²	8,10 m
WC - Fem.	4,4 m ²	8,74 m
WC - Masc.	4,4 m ²	8,92 m
WC - Recepção	3,7 m ²	8,09 m
Área Industrial	155,6 m ²	56,18 m

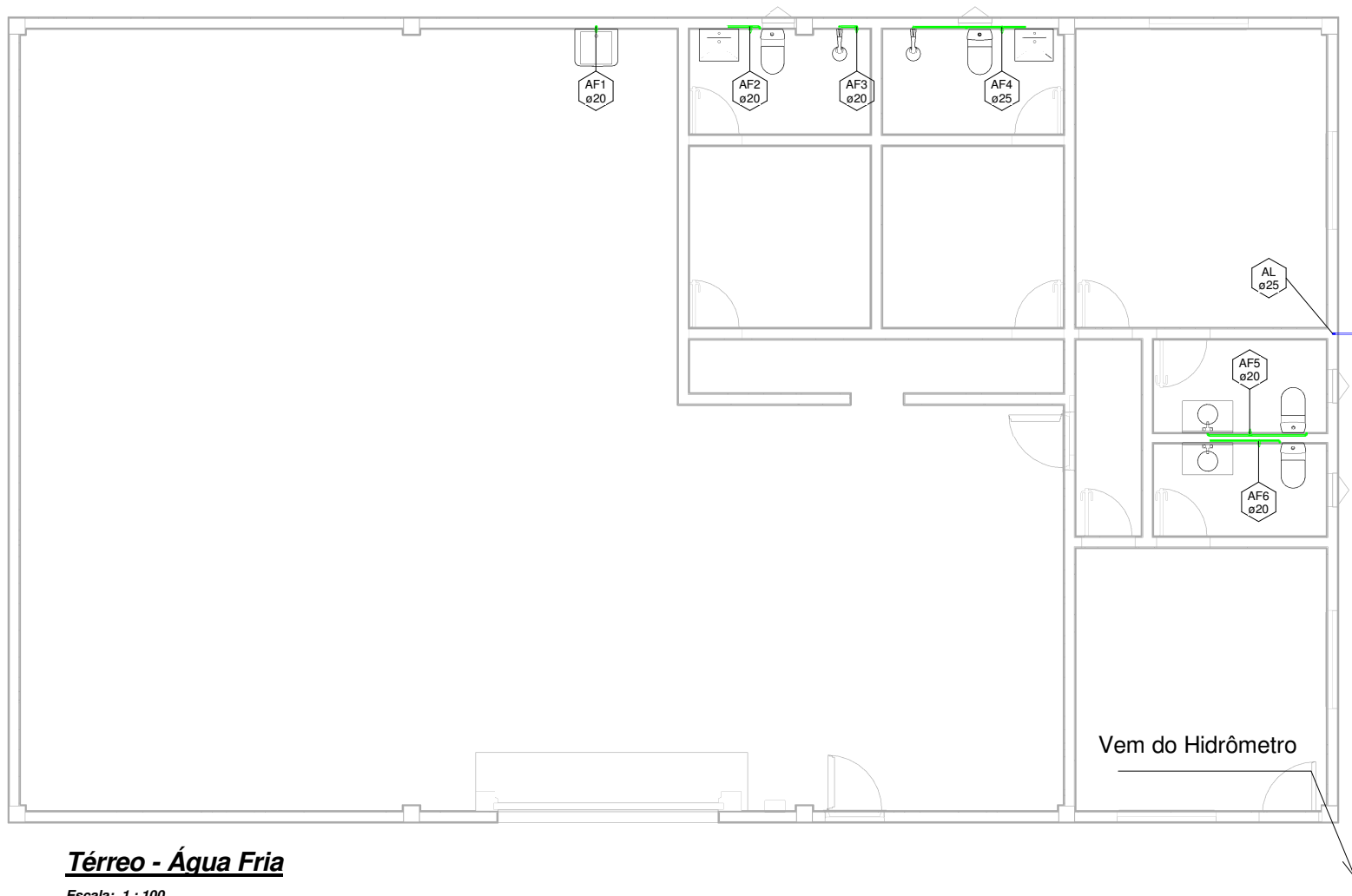


Planta Baixa, Fachada e Corte

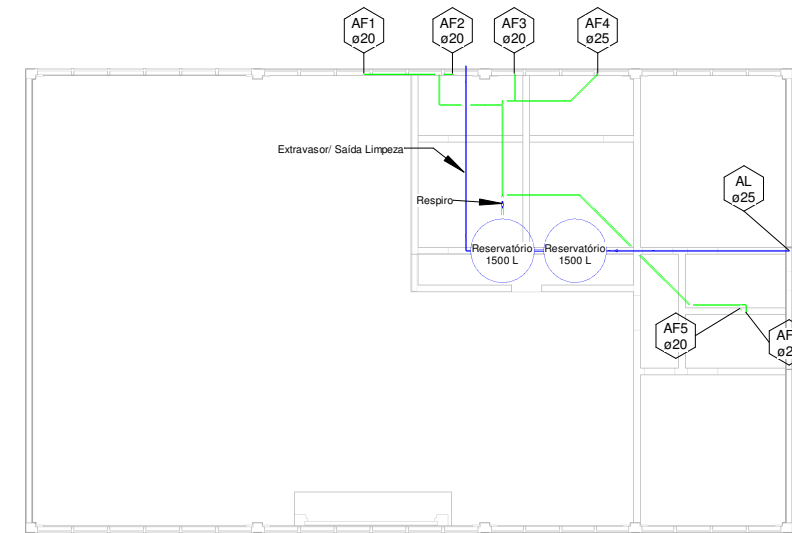
Galpão Industrial ARQ.001

Data Junho/2017

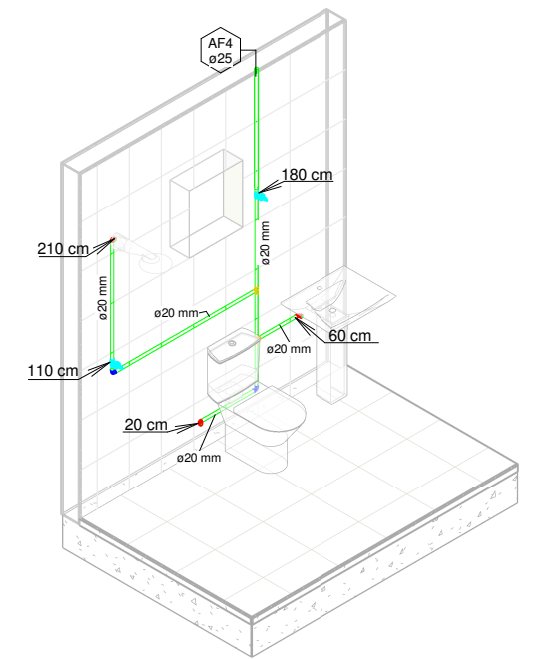
Autor: Lucas de Faria José Escala: Indicado



Térreo - Água Fria
Escala: 1 : 100



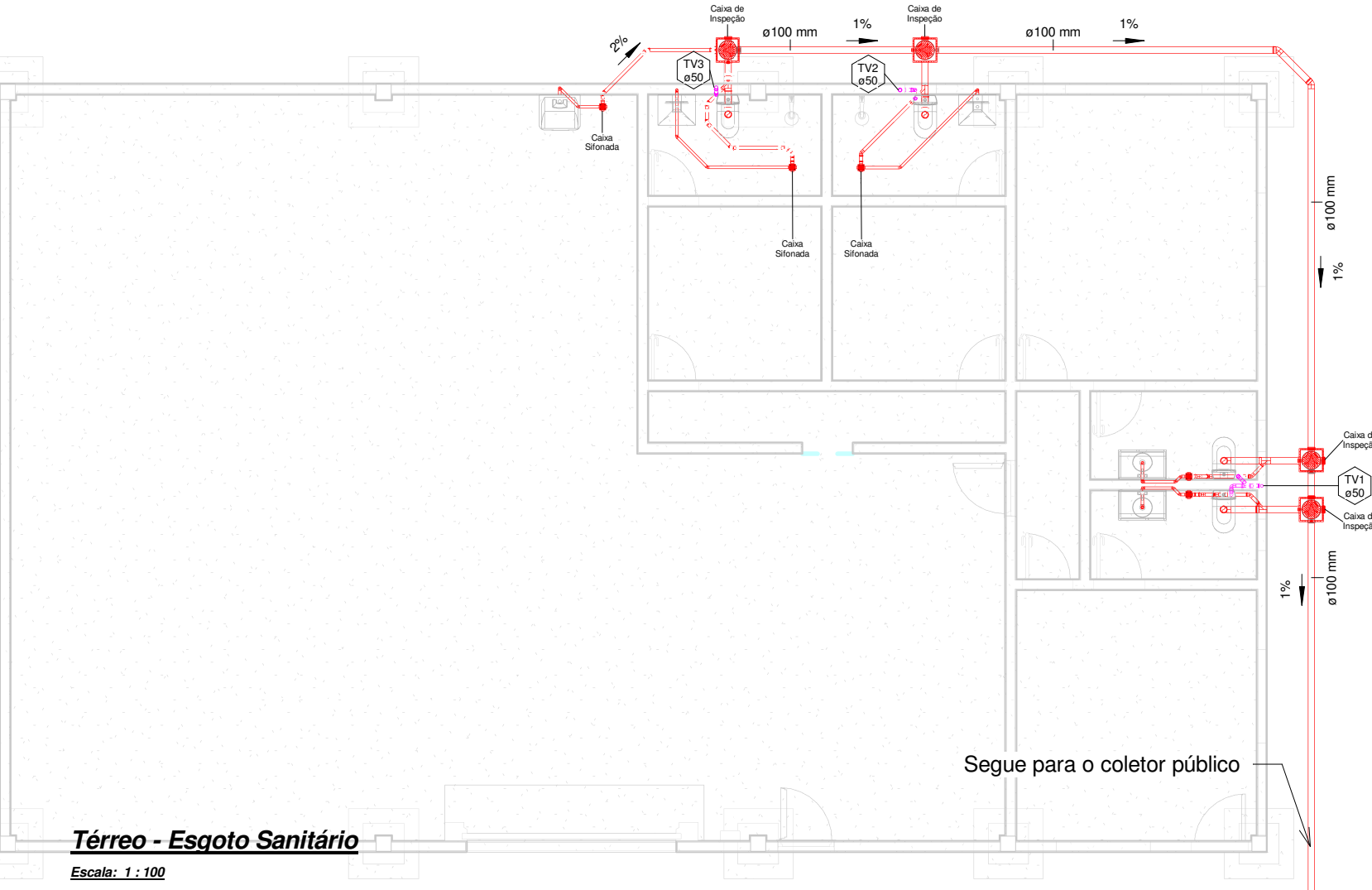
Barrilete - Planta Baixa
Escala: 1 : 200



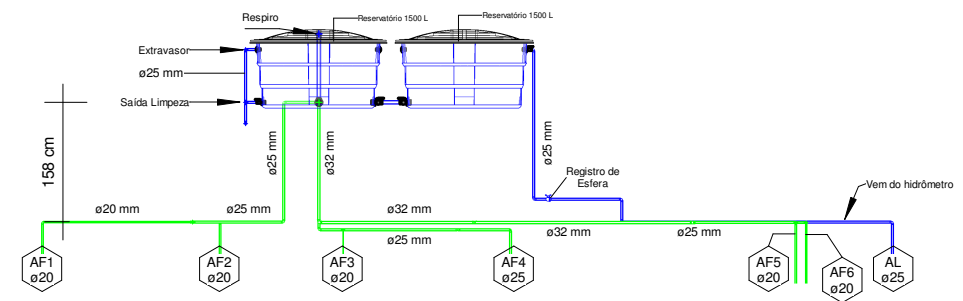
Det. Isométrico WC Fem.
Escala: 1 : 25

- João 90° Soldável
- João 90° ou Bucha de latic - Soldável
- Tã Soldável
- Registro de Pressão

Legenda - Isométrico
Escala: 1 : 25



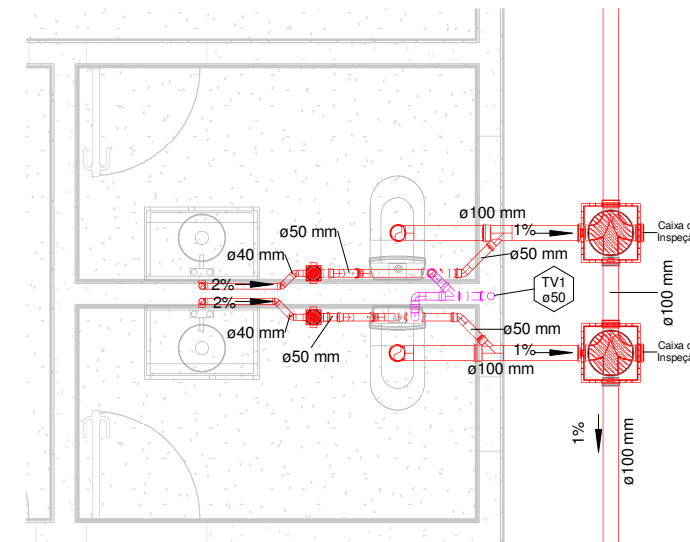
Térreo - Esgoto Sanitário
Escala: 1 : 100



Barrilete - Elevação
Escala: 1 : 100

- Água Fria
- Alimentação
- Esgoto
- Ventilação

Legenda - Tubulação
Escala: 1 : 25



Térreo - Esgoto Sanitário - Det. WC
Escala: 1 : 50



Água Fria e Esgoto Sanitário

Galpão Industrial

HID.001

Data Junho/2017

Autor: Lucas de Faria José

Escala: Indicado

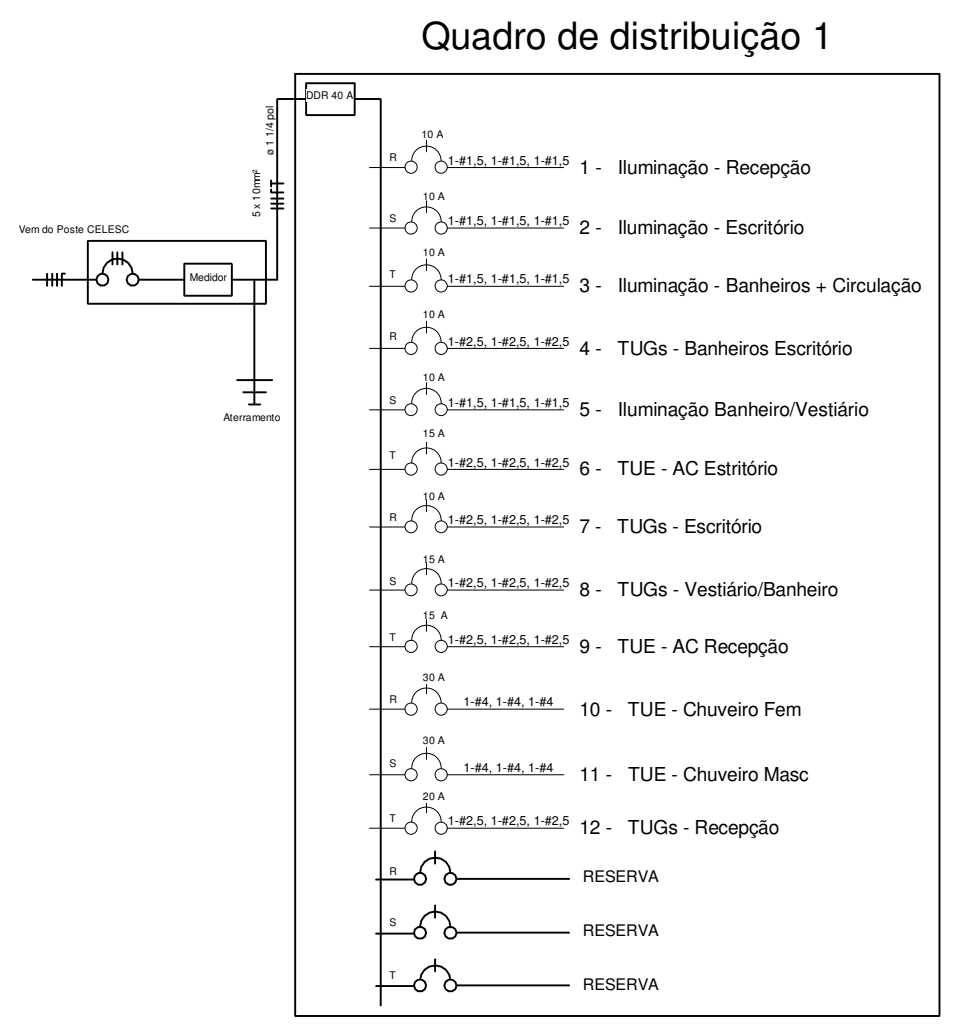
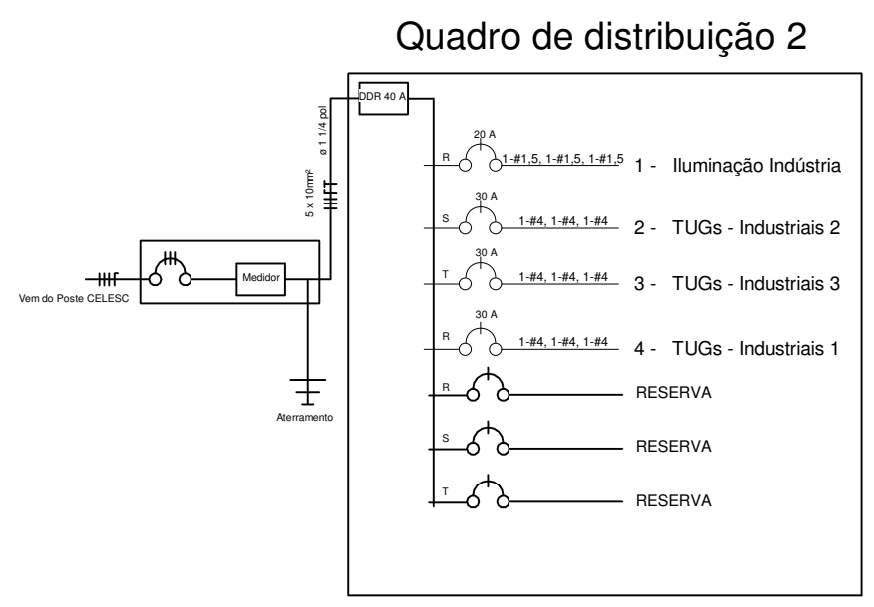
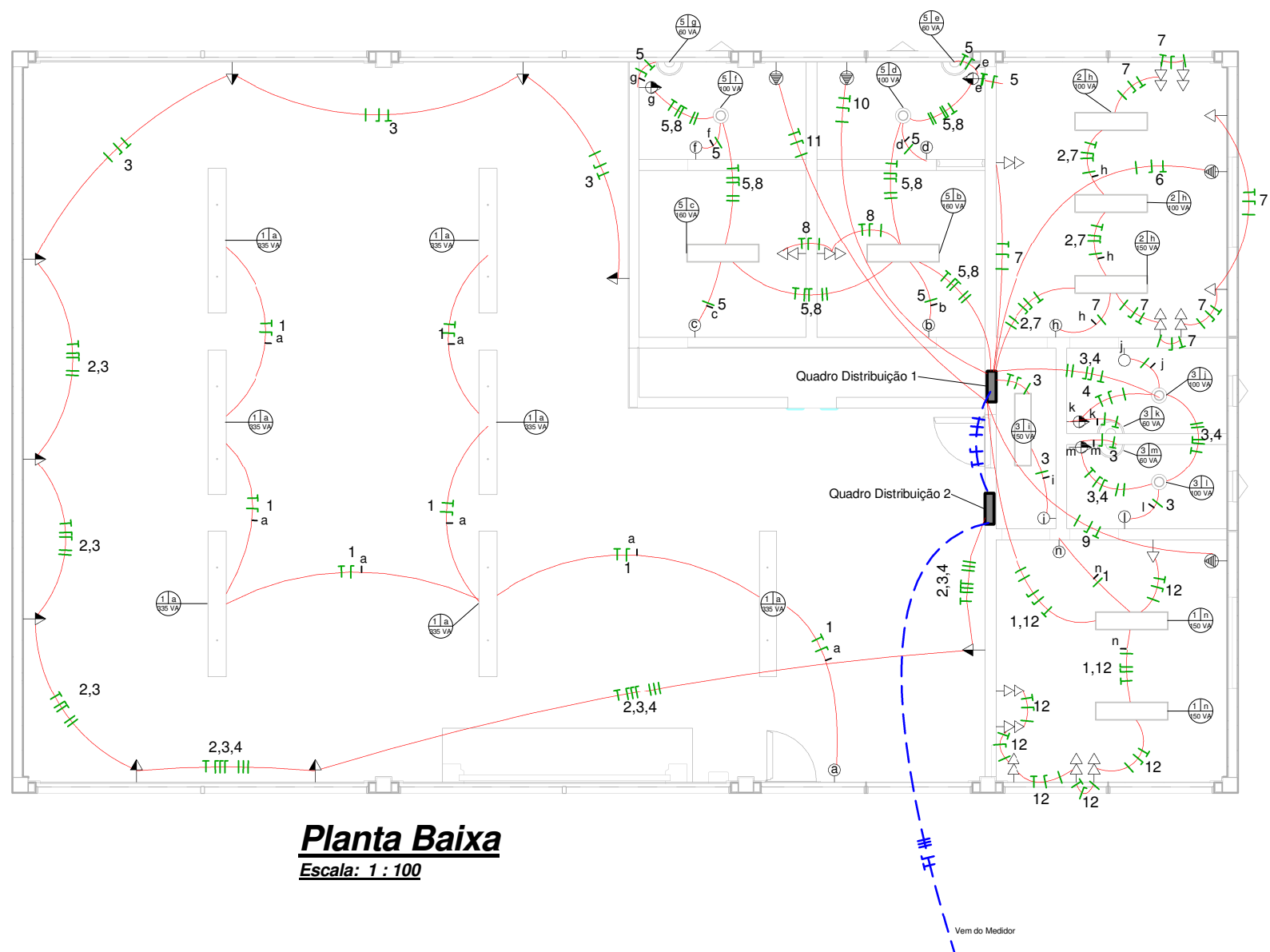


Diagrama Unifilar
Escala: 1 : 100

Legenda
Escala: 1 : 50

- ◀ Tomada de uso geral (TUG) - Altura baixa
- ◀ Tomada de uso geral (TUG) - Altura média
- ◀ Tomada de uso específico (TUE) - Altura alta
- ◀ Tomada de uso geral dupla (TUG) - Altura baixa
- Interruptor simples
- Condutor fase
- - - Condutor retorno
- Condutor neutro
- ⊥ Condutor terra
- ⊙ Ponto de luz
- ▭ Quadro de distribuição

Planta Baixa e Diagrama Unifilar	
Galpão Industrial	ELE.001
Data	Junho/2017
Autor: Lucas de Faria José	Escala: Indicado

APÊNDICE B - TABELAS

Quadro Distribuição 1

Localização: Circulação 9
Fornecimento de:

Sistema de Distribuição Trifásico 380/220 V
Fases: 3
Fiação: 4

Autor: Lucas de Faria José
Obra: Galpão Industrial

Observações:

CKT	Descrição do circuito	Corrente de Projeto	Seção Mínima (mm²)	Circuitos por Eletroduto	Fator de Correção - Agrupamento	Fator de Correção - Tipo de Circuito	Disjuntor	Corrente do Disjuntor	Condutor Fase	Capacidade de Corrente do Condutor	Corrente Corrigida	Tamanho da fiação	R	S	T
1	Iluminação - Recepção	1,36 A	1,50	2,0	0,8	0,7	10,0 A	7,0 A	1,5	17,5 A	14,0 A	1-#1,5, 1-#1,5, 1-#1,5	300 VA		
2	Iluminação - Escritório	1,59 A	1,50	2,0	0,8	0,7	10,0 A	7,0 A	1,5	17,5 A	14,0 A	1-#1,5, 1-#1,5, 1-#1,5	350 VA		
3	Iluminação - Banheiros + Circulação	2,14 A	1,50	2,0	0,8	0,7	10,0 A	7,0 A	1,5	17,5 A	14,0 A	1-#1,5, 1-#1,5, 1-#1,5		470 VA	
4	TUGs - Banheiros Escritório	5,45 A	2,50	2,0	0,8	0,7	10,0 A	7,0 A	2,5	24,0 A	19,2 A	1-#2,5, 1-#2,5, 1-#2,5	1200 VA		
5	Iluminação Banheiro/Vestibulo	2,91 A	1,50	2,0	0,8	0,7	10,0 A	7,0 A	1,5	17,5 A	14,0 A	1-#1,5, 1-#1,5, 1-#1,5	640 VA		
6	TUE - AC Escritório	9,09 A	2,50	1,0	0,8	0,8	15,0 A	12,0 A	2,5	24,0 A	19,2 A	1-#2,5, 1-#2,5, 1-#2,5	1200 VA		2000 VA
7	TUGs - Escritório	5,45 A	2,50	2,0	0,8	0,7	10,0 A	7,0 A	2,5	24,0 A	19,2 A	1-#2,5, 1-#2,5, 1-#2,5	1600 VA		
8	TUGs - Vestibulo/Banheiro	7,27 A	2,50	2,0	0,8	0,7	15,0 A	10,5 A	2,5	24,0 A	19,2 A	1-#2,5, 1-#2,5, 1-#2,5	5000 VA		2000 VA
9	TUE - AC Recepção	9,09 A	2,50	1,0	0,8	0,8	15,0 A	12,0 A	2,5	24,0 A	19,2 A	1-#2,5, 1-#2,5, 1-#2,5			
10	TUE - Chuveiro Fem	22,73 A	2,50	1,0	1,0	1,0	30,0 A	30,0 A	4,0	32,0 A	32,0 A	1-#4, 1-#4, 1-#4			
11	TUE - Chuveiro Masc	22,73 A	2,50	1,0	1,0	1,0	30,0 A	30,0 A	4,0	32,0 A	32,0 A	1-#4, 1-#4, 1-#4	5000 VA		3000 VA
12	TUGs - Recepção	13,64 A	2,50	2,0	0,8	0,7	20,0 A	14,0 A	2,5	24,0 A	19,2 A	1-#2,5, 1-#2,5, 1-#2,5	500 VA		
13	Reservado	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		500 VA	
14	Reservado	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		8090 VA	
15	Reservado	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		36,9 A	
Carga total:															
Corrente												R	S	T	

Classificação de carga	Carga conectada	Fator de demanda	Demanda estimada	Totais do painel
Reposição	1500 VA	32,00%	480 VA	
Iluminação	1760 VA	32,00%	563 VA	Carga total conectada: 24260 VA
Tomadas - TUG	5000 VA	32,00%	1600 VA	Total de demanda estimada: 7763 VA
Tomadas - TUE	16000 VA	32,00%	5120 VA	
				Corrente mais carregada 37,4
				Disjuntor Geral DDR 40

Observações:



Quadro de Distribuição 1

Galpão Industrial

Data: Junho/2017

Autor: Lucas de Faria José

Escala: Indicado

ELE.002

Quadro Distribuição 2

Localização: Área de Indústria 12

Fornecimento de:

Sistema de Distribuição Trifásico 380/220 V

Fases: 3

Fiação: 4

Autor: Lucas de Faria José

Obra: Galpão Industrial

Observações:

CKT	Descrição do circuito	Corrente de Projeto	Seção Mínima (mm²)	Circuitos por Eletroduto	Fator de Correção - Agrupamento	Fator de Correção - Tipo de Circuito	Disjuntor	Corrente do Disjuntor	Conduto r Fase	Capacidade de Corrente do Condutor	Corrente Corrigida	Tamanho da fiação	R	S	T
1	Iluminação Indústria	10,66 A	1,50	1,0	1,0	0,7	20,0 A	14,0 A	1,5	17,5 A	17,5 A	1-#1,5, 1-#1,5, 1-#1,5	2345 VA		
2	TUGs - Industriais 2	20,45 A	2,50	3,0	0,7	0,7	30,0 A	21,0 A	4,0	32,0 A	22,4 A	1-#4, 1-#4, 1-#4	4500 VA		
3	TUGs - Industriais 3	20,45 A	2,50	3,0	0,7	0,7	30,0 A	21,0 A	4,0	32,0 A	22,4 A	1-#4, 1-#4, 1-#4	4500 VA		4500 VA
4	TUGs - Industriais 1	20,45 A	2,50	3,0	0,7	0,7	30,0 A	21,0 A	4,0	32,0 A	22,4 A	1-#4, 1-#4, 1-#4	4500 VA		
5	Reservado														500 VA
6	Reservado														500 VA
7	Reservado														5000 VA
Carga total:															
Corrente															
R															
S															
T															

Observações:

Classificação de carga	Carga conectada	Fator de demanda	Demanda estimada	Totais do painel
Reposição	1500 VA	32,00%	480 VA	
Iluminação	2345 VA	32,00%	750 VA	Carga total conectada: 17345 VA
Tomadas - TUG	13500 VA	32,00%	4320 VA	Total de demanda estimada: 5550 VA
				Corrente mais carregada 33,4
				Disjuntor Geral DDR 40



Quadro de Distribuição 2

Galpão Industrial **ELE.003**

Data: Junho/2017

Autor: Lucas de Faria José Escala: Indicado

Pipe Pressure Loss Report

Nome do projeto	Galpão Industrial
Data de emissão do projeto	Junho/2017
Status do projeto	Project Status
Nome do cliente	Owner
Endereço do projeto	Enter address here
Número do projeto	Project Number
Nome da organização	
Descrição da organização	
Nome da construção	
Autor	
Workset	Informações do projeto
Editado por	
Run Time	21/06/2017 15:45:35

Domestic Cold Water 1

Total Pressure Loss Calculations by Sections								
Section	Element	Fluxo	Tamanho	Velocidade	Comprimento	Coefficiente K	Total Pressure Loss	Section Pressure Loss
1	Pipe	0,2 L/s	20,00 mmø	0,7 m/s	51,10	-	0,2 kPa	2,1 kPa
	Fittings	0,2 L/s	-	0,7 m/s	-	8,8	1,9 kPa	
	Plumbing Fixture	0,2 L/s	-	-	-	-	0,0 kPa	
5	Pipe	1,7 L/s	40,00 mmø	1,7 m/s	27,30	-	0,3 kPa	6,0 kPa
	Fittings	1,7 L/s	-	1,7 m/s	-	4	5,7 kPa	
6	Pipe	0,2 L/s	20,00 mmø	0,7 m/s	76,46	-	0,3 kPa	2,2 kPa
	Fittings	0,2 L/s	-	0,7 m/s	-	8,8	1,9 kPa	
	Plumbing Fixture	0,2 L/s	-	-	-	-	0,0 kPa	
9	Pipe	0,2 L/s	20,00 mmø	0,7 m/s	77,11	-	0,3 kPa	1,7 kPa
	Fittings	0,2 L/s	-	0,7 m/s	-	6,7	1,5 kPa	
	Plumbing Fixture	0,2 L/s	-	-	-	-	0,0 kPa	
10	Pipe	0,2 L/s	20,00 mmø	0,7 m/s	37,23	-	0,1 kPa	1,6 kPa
	Fittings	0,2 L/s	-	0,7 m/s	-	6,7	1,5 kPa	
	Plumbing Fixture	0,2 L/s	-	-	-	-	0,0 kPa	
11	Pipe	0,2 L/s	20,00 mmø	0,7 m/s	38,39	-	0,1 kPa	1,6 kPa
	Fittings	0,2 L/s	-	0,7 m/s	-	6,7	1,5 kPa	
	Plumbing Fixture	0,2 L/s	-	-	-	-	0,0 kPa	
12	Pipe	0,3 L/s	20,00 mmø	1,3 m/s	37,04	-	0,5 kPa	4,5 kPa
	Fittings	0,3 L/s	-	1,3 m/s	-	4,6	4,0 kPa	
16	Pipe	0,1 L/s	20,00 mmø	0,4 m/s	234,11	-	0,4 kPa	1,3 kPa
	Fittings	0,1 L/s	-	0,4 m/s	-	9,3	0,9 kPa	
	Plumbing Fixture	0,1 L/s	-	-	-	-	0,0 kPa	
18	Pipe	0,2 L/s	20,00 mmø	0,7 m/s	91,15	-	0,3 kPa	2,2 kPa
	Fittings	0,2 L/s	-	0,7 m/s	-	8,8	1,9 kPa	
	Plumbing Fixture	0,2 L/s	-	-	-	-	0,0 kPa	
19	Pipe	0,2 L/s	20,00 mmø	0,7 m/s	131,18	-	0,5 kPa	2,4 kPa
	Fittings	0,2 L/s	-	0,7 m/s	-	8,8	1,9 kPa	

	Plumbing Fixture	0,2 L/s	-	-	-	-	0,0 kPa	
21	Pipe	0,2 L/s	20,00 mmø	0,7 m/s	63,93	-	0,2 kPa	1,7 kPa
	Fittings	0,2 L/s	-	0,7 m/s	-	6,7	1,5 kPa	
	Plumbing Fixture	0,2 L/s	-	-	-	-	0,0 kPa	
51	Pipe	1,1 L/s	32,00 mmø	1,7 m/s	235,42	-	3,1 kPa	3,8 kPa
	Fittings	1,1 L/s	-	1,7 m/s	-	0,5	0,7 kPa	
55	Pipe	0,4 L/s	20,00 mmø	1,8 m/s	74,67	-	1,9 kPa	3,5 kPa
	Fittings	0,4 L/s	-	1,8 m/s	-	1	1,5 kPa	
71	Pipe	0,1 L/s	20,00 mmø	0,4 m/s	307,04	-	0,5 kPa	1,4 kPa
	Fittings	0,1 L/s	-	0,4 m/s	-	9,9	1,0 kPa	
	Plumbing Fixture	0,1 L/s	-	-	-	-	0,0 kPa	
75	Pipe	0,6 L/s	25,00 mmø	1,5 m/s	392,50	-	5,3 kPa	15,2 kPa
	Fittings	0,6 L/s	-	1,5 m/s	-	8,8	9,9 kPa	
76	Fittings	0,5 L/s	-	0,0 m/s	-	4	1,4 kPa	1,4 kPa
83	Pipe	0,3 L/s	20,00 mmø	1,3 m/s	264,37	-	3,8 kPa	6,5 kPa
	Fittings	0,3 L/s	-	1,3 m/s	-	3,1	2,7 kPa	
84	Fittings	0,3 L/s	-	0,0 m/s	-	4	0,9 kPa	0,9 kPa
90	Pipe	0,3 L/s	20,00 mmø	1,1 m/s	398,24	-	4,0 kPa	7,1 kPa
	Fittings	0,3 L/s	-	1,1 m/s	-	5,2	3,1 kPa	
	Plumbing Fixture	0,3 L/s	-	-	-	-	0,0 kPa	
91	Fittings	0,3 L/s	-	0,0 m/s	-	4	1,3 kPa	1,3 kPa
92	Pipe	0,3 L/s	20,00 mmø	1,3 m/s	251,56	-	3,6 kPa	11,2 kPa
	Fittings	0,3 L/s	-	1,3 m/s	-	8,7	7,6 kPa	
93	Pipe	0,3 L/s	20,00 mmø	1,3 m/s	230,89	-	3,3 kPa	9,1 kPa
	Fittings	0,3 L/s	-	1,3 m/s	-	6,6	5,8 kPa	
96	Fittings	0,6 L/s	-	0,0 m/s	-	0,5	1,7 kPa	1,7 kPa
98	Pipe	0,5 L/s	25,00 mmø	1,4 m/s	201,27	-	2,3 kPa	5,7 kPa
	Fittings	0,5 L/s	-	1,4 m/s	-	3,7	3,4 kPa	
99	Pipe	0,4 L/s	25,00 mmø	1,1 m/s	351,04	-	2,5 kPa	6,3 kPa
	Fittings	0,4 L/s	-	1,1 m/s	-	6,35	3,8 kPa	
101	Pipe	0,1 L/s	25,00 mmø	0,3 m/s	67,14	-	0,0 kPa	0,2 kPa
	Fittings	0,1 L/s	-	0,3 m/s	-	4	0,1 kPa	
106	Pipe	0,6 L/s	25,00 mmø	1,6 m/s	133,24	-	2,2 kPa	2,8 kPa
	Fittings	0,6 L/s	-	1,6 m/s	-	0,5	0,7 kPa	
107	Pipe	0,6 L/s	32,00 mmø	1,0 m/s	763,94	-	3,3 kPa	6,8 kPa
	Fittings	0,6 L/s	-	1,0 m/s	-	7,15	3,5 kPa	
109	Fittings	1,1 L/s	-	0,0 m/s	-	4	2,3 kPa	2,3 kPa
110	Pipe	1,7 L/s	40,00 mmø	1,7 m/s	28,98	-	0,3 kPa	0,3 kPa
	Fittings	1,7 L/s	-	1,7 m/s	-	0	0,0 kPa	
111	Fittings	0,0 L/s	-	0,0 m/s	-	4	0,0 kPa	0,0 kPa

Critical Path : 110-5-109-51-75-91-83-1 ; Total Pressure Loss : 37,6 kPa