

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO CAMPUS MACAÉ
ENGENHARIA CIVIL

MONIQUE MARTINS GOMES

ANÁLISE DA INTEROPERABILIDADE DE SOFTWARES BIM

MACAÉ/RJ

2021

MONIQUE MARTINS GOMES

ANÁLISE DA INTEROPERABILIDADE DE SOFTWARES BIM

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de graduação em
Engenharia Civil, da Universidade Federal
do Rio de Janeiro – Campus Macaé, como
requisito parcial para obtenção do grau de
bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. M.Sc. Leandro Tomaz
Knopp

MACAÉ/RJ

2021

BANCA EXAMINADORA:

PROF. LEANDRO TOMAZ KNOPP, M.Sc.

Universidade Federal do Rio de Janeiro

Orientador

PROF. ESDRAS PEREIRA DE OLIVEIRA, D.Sc.

Universidade Federal do Rio de Janeiro

PROF. BRUNO BARZELLAY FERREIRA DA COSTA, D.Sc.

Universidade Federal do Rio de Janeiro

MACAÉ, RJ - BRASIL

DEZEMBRO DE 2021

AGRADECIMENTOS

A minha família, que fez parte de todo esse processo, sempre me amparando com muito amor.

Aos meus pais Maria de Fátima Martins (*in memoriam*) e Marcelo Gomes, por toda dedicação e ensino ao longo da vida.

Ao meu marido Matheus Silva, por ser meu melhor exemplo. Obrigada por todo o apoio.

A todas as amigas que construí durante essa trajetória, sempre muito importante em tantos momentos. Em especial a minha amiga, Gabrielle Mombra por toda atenção, paciência e apoio no desenvolvimento desse trabalho.

Ao meu orientador Leando Knopp por toda a atenção e paciência no desenvolvimento desse trabalho.

A todos os professores da UFRJ campus Macaé, por todo o conhecimento passado durante a minha formação.

A todos que contribuíram com esse sonho, muito obrigada!

RESUMO

A crescente utilização da metodologia BIM (*Building Information Modeling*) na indústria da construção civil resulta em um maior trabalho colaborativo entre as diferentes áreas desse setor. A interoperabilidade entre os *softwares* é uma solução encontrada pelos profissionais da AECO (Arquitetura, Engenharia e Construção) para resolver os problemas gerados pelo constante fluxo de informação. O recurso da interoperabilidade através do IFC (*Industry Foundation Classes*), proporciona melhorias no gerenciamento de ativos, na amplitude dos produtos BIM, na adesão aos padrões internacionais e aos processos de trabalho, nos aplicativos de *softwares* e na tecnologia de automação. O presente trabalho apresenta a modelagem BIM de um edifício universitário de salas de aula e laboratório, nos *softwares* Revit e Allplan. Analisa os principais comandos utilizados durante a modelagem e as interfaces dos programas. Elaborou-se uma avaliação crítica mostrando os erros e acertos após o processo de interoperabilidade, tais como: as características finais da geometria do modelo digital, as perdas relacionadas e as particularidades de cada *softwares*, além de avaliar as semelhanças e diferenças entre as aplicações. Conclui-se que não é perfeita a interoperabilidade entre os programas computacionais, Revit e Allplan. Apesar da geometria do modelo digital ter sido transmitida entre os *softwares* com poucas perdas de dados, houveram erros relacionados à filosofia de cada *software* o que foi considerado o principal problema encontrado durante a pesquisa.

PALAVRAS-CHAVE: BIM; Engenharia integrada; Interoperabilidade; IFC; Modelagem 3D.

ABSTRACT

The growing use of BIM (Building Information Modeling) methodology in the construction industry results in more collaborative work between the different areas of this sector. The interoperability between software is a solution found by AECO (Architecture, Engineering and Construction) professionals to solve the problems generated by the constant flow of information. The interoperability resource through IFC (Industry Foundation Classes), provides improvements in asset management, amplitude of BIM products, adherence to international standards and work processes, software applications and in automation technology. This paper presents the BIM modeling of a university building with classrooms and laboratories using Revit and Allplan software. Analyzes the main commands used during the modeling and the programs' interfaces. A critical evaluation was done showing the successes and failures after the interoperability process, such as: the final characteristics of the digital model geometry, the related losses and the particularities of each software, as well as evaluating the similarities and differences between the applications. It was concluded that the interoperability between Revit and Allplan is not perfect. Although the geometry of the digital model was transmitted between the software with little data loss, there were errors related to the philosophy of each software, which was considered the main problem encountered during the research.

Keywords: BIM; Collaborative Engineering; Interoperability; IFC; 3D Modeling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Abordagem metodológica do trabalho	5
Figura 2 - Ciclo de vida da construção	9
Figura 3 - Objetos paramétricos	12
Figura 4 - Aviva Stadium em Dublin, Irlanda	13
Figura 5 - Dimensões do BIM	15
Figura 6 - Nível de desenvolvimento	17
Figura 7 - Nível de maturidade BIM	18
Figura 8 - Adoção do BIM no Reino Unido	20
Figura 9 - Cronologia dos softwares BIM até o ano de 2008	27
Figura 10 - Verificador de Modelos, Navisworks	29
Figura 11 - Fluxo de informações	31
Figura 12 - Objeto BIM	36
Figura 13 - Diferenças entre os termos	38
Figura 14 - Bloco A do Polo Universitário de Macaé	40
Figura 15 - Fachada do bloco A do Polo Universitário de Macaé	40
Figura 16 - Barra de ferramentas de acesso rápido	43
Figura 17 - Barra de ferramentas	44
Figura 18 - Janela do navegador de projeto	44
Figura 19 - Janela de propriedades	45
Figura 20 - Controle de vista	46
Figura 21 - Caixa de corte	46
Figura 22 - Câmera	47
Figura 23 - Importar CAD	48
Figura 24 - Janela de propriedades dos componentes	50
Figura 25 - Escada	50
Figura 26 - Rampa	51
Figura 27 - Editar legenda	52
Figura 28 - Identificar todos os não identificados	54
Figura 29 - Nova tabela	55
Figura 30 - Propriedades da tabela	56
Figura 31- Bloco A renderizado, Revit	57
Figura 32 - “Open on a project-specific basis: drawing files from fileset/building structure”, Allplan	57
Figura 33 - <i>Layers</i> , Allplan	58
Figura 34 - Níveis de estrutura, Allplan	59
Figura 35 - Gerenciador de piso, Allplan	59
Figura 36 - Aba da arquitetura	60
Figura 37 - Aba da engenharia	60
Figura 38 - Aba ambiente	60
Figura 39 - Aba rascunho	60
Figura 40 - Aba construção de pontes	61
Figura 41 - <i>Actionbar</i>	61
Figura 42 - Paletas	61
Figura 43 - Novo projeto	63
Figura 44 - Janela novo projeto	63
Figura 45 - <i>Drawing files</i> divididas em 4 níveis, Allplan	64
Figura 46 - Inserindo estruturas de níveis, Allplan	64
Figura 47 - <i>Drawing files</i> organizadas, Allplan	65
Figura 48 - Janela <i>Floor</i> , Allplan	65
Figura 49 - Janela <i>Surfaces</i> , Allplan	66

Figura 50 - Janela <i>Elements</i> , Allplan	67
Figura 51 - Janela <i>2D representation</i> , Allplan	67
Figura 52 - Janela <i>3D representation</i> , Allplan	68
Figura 53 - Janela <i>Settings</i> , Allplan	68
Figura 54 - Janela <i>Window sill</i> , Allplan	69
Figura 55 - Janela <i>Roller shutters</i> , Allplan	69
Figura 56 - Janela <i>Properties</i> , Allplan	70
Figura 57 - Janela <i>Wall</i> , Allplan	71
Figura 58 - Tipos de estilo visual, Allplan	71
Figura 59 - Bloco A com uma renderização simples, Allplan	72
Figura 60 - Bloco A com uma renderização apurada, Allplan	72
Figura 61 - Não concordância da parede do auditório	73
Figura 62 - Janelas do 1º pavimento, Fachada Sul	74
Figura 63 - Fachada Sul, AutoCAD	74
Figura 64 - Fachada Sul, Revit	74
Figura 65 - Planta baixa do pavimento tipo, AutoCAD	75
Figura 66 - Fachada Leste, AutoCAD	75
Figura 67 - Fachada Leste, Revit	76
Figura 68 - Parte da Fachada Norte, AutoCAD	77
Figura 69 - Tabela, AutoCAD	77
Figura 70 - Enumeração das esquadrias, AutoCAD	78
Figura 71 - Enumeração das esquadrias, AutoCAD	78
Figura 72 - Fachada Norte, AutoCAD	79
Figura 73 - Fachada Norte, Revit	79
Figura 74 - Visualização de duas janelas, Revit	80
Figura 75 - Vão hospedado na parede e “ <i>smart part</i> ”, Allplan	82
Figura 76 - Estilo visual do tipo Arame, Revit	82
Figura 77 - Estilo visual do tipo sketch, Allplan	83
Figura 78 - Certificado IFC	84
Figura 79 - Exportar IFC, Revit	84
Figura 80 - Importar IFC, Allplan	85
Figura 81 - Modelo digital importado, Allplan	85
Figura 82 - Imagem do 1º pavimento, Allplan	87
Figura 83 - 1º pavimento e objetos do 2º pavimento, Allplan	87
Figura 84 - Parede 2º pavimento, Allplan	88
Figura 85 - Parede sem <i>smart parts</i> , Allplan	88
Figura 86 - Textura dos pisos, Allplan	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quadro de portas	41
Tabela 2 - Quadro de janelas	42

LISTA DE SIGLAS

AEC– Arquitetura, Engenharia, Construção

AECO – Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação

AIA – *Internacional Alliance for Interoperability*

AsBEA – Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura

BIM – *Building Modeling Information*

BFC – *BIM Collaboration Format*

CAD – *Computer-Aided Design*

CDBB – *Centre for Digital Built Britain*

CFD – Dinâmica Computacional dos Fluídos

COBie – *Construction Operations Building Information Exchange*

CIS/2 – *Computer Integrated Manufacturing of Constructional Steelwork Version 2*

DATA – *Data Manipulation Language*

DDL – *Data Description Language*

DWF – *Design Web Format*

DPI – *Dots Per Inch*

DXF – Data Exchange Format

ENEBIM – Encontro Nacional sobre o Ensino de BIM

EUBIM – *European Union BIM*

FULL-HD – *Full High Definition*

GDL– *Geometric Description Language*

GB XML– *Green Building XML*

IDM – *Information DeliveryManual*

IFC – *Industry Foundation Classes*

IFCXML– *Industry Foundation Classes XML*

IFD – *International Framework for Dictionaries*

IGES – *Initial Graphics Exchange Specification*

IoT – *Internet of Things*

ISO – *International Organization for Standardization*

JSON – *JavaScript Object Notation*

LOD – *Level of Development*

NBS – *National Building Specification*

NBR – Norma Técnica Brasileira

ODBC – *Open DataBase Connectivity*

PIB – Produto Interno Bruto

SENGE – Sindicato dos Engenheiros

STEP – *Standard for Exchange of Product Model Data*

TIC – Tecnologia da Informação e Comunicação

VDA – Associação Alemã da Indústria Automotiva

XML – *Extensible Markup Language*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Contextualização	1
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo geral	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 Justificativas	3
1.4 Motivações	4
1.5 Metodologia	5
1.6 Estrutura do trabalho	6
2. BUILDING INFORMATION MODELING – BIM.....	7
2.1 Contextualização histórica	7
2.2 Conceito.....	9
2.3 Parametrização.....	11
2.4 Modelagem ND	13
2.5 Nível de desenvolvimento (LOD)	15
2.6 Nível de maturidade do BIM.....	17
2.7 BIM no mundo	18
2.8 Tendências do BIM	23
2.9 Principais <i>softwares</i> BIM.....	24
2.9.1 TQS	25
2.9.2 ArchiCAD	25
2.9.3 Tekla structures	25
2.9.4 Bentley Architecture.....	26
2.9.5 Allplan	26
2.9.6 Revit	27
2.9.6.1 Navisworks	28
3. INTEROPERABILIDADE	29
3.1 BIM colaborativo	29
3.2 Origem da interoperabilidade.....	31
3.3 O que é interoperabilidade?	32
3.4 Industry Foundation Classes.....	34
3.5 Linguagem de modelagem de informação EXPRESS	35
3.6 Open-BIM	37
3.7 Benefícios e limitações da interoperabilidade	38

4. MODELAGEM E INTEROPERABILIDADE BIM.....	40
4.1 Objeto de estudo.....	40
4.2 Revit.....	42
4.2.1 Interface.....	42
4.2.2 Modelagem.....	48
4.3 Allplan	57
4.3.1 Interface.....	57
4.3.2 Modelagem.....	62
5.ANÁLISE DE RESULTADOS	73
5.1 AutoCAD x Revit	73
5.2 Revit e Allplan	79
5.2.1 Semelhanças	79
5.2.2 Diferenças.....	81
5.3 Processo de interoperabilidade Revit-IFC-Allplan.....	83
5.3.1 Erros de interoperabilidade	86
6.CONCLUSÃO.....	90
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
APÊNDICE	97
ANEXOS.....	99

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A indústria da construção civil tem características tradicionalistas que resistem aos processos de mudanças. Ao observar o cenário atual no Brasil, percebe-se que o processo de elaboração de um empreendimento ainda é fragmentado, ou seja, o projeto de arquitetura, por vezes, não tem a integração com os demais projetos complementares (projetos de elétrica, hidráulicos, estrutural, entre outros). Outro aspecto que retarda o processo de elaboração de um empreendimento é a utilização de documentos 2D, tais como plantas baixas, cortes, fachadas e plantas de cobertura que, algumas vezes, geram erros que resultam em custos, atrasos e até mesmo atritos entre empresas (EASTMAN et al., 2014).

Apesar disso, há hoje um movimento favorável para a adoção da metodologia da Modelagem da Informação da Construção ou *Building Information Modeling* (BIM). Este processo de utilização do BIM pode tornar-se futuramente uma exigência para as empresas se manterem no mercado da construção civil (CATELANI, 2016a). Segundo Brasil (2018), somente 9,2% de todas as empresas do setor da construção civil utilizam a metodologia BIM, isso significa 5% do PIB da construção civil. É importante observar que o Brasil possui uma estratégia denominada BIM BR que almeja alcançar até 50% do PIB da construção civil com relação à adoção do BIM até 2028. Isso significa que faltam 7 anos para cumprir com essa meta, um prazo curto, ainda mais ao considerar as dificuldades impostas ao setor da construção civil após o surgimento da pandemia de 2020, o que dificulta a obtenção de um bom resultado para a estratégia BIM BR.

Um dos principais indicadores de mudança relacionados à grandes transformações é a academia, pois a sociedade necessita de mão de obra qualificada para atuar na nova dinâmica de modelagem que acompanha a indústria da construção civil. Para Ruschel (2014), um relevante número de instituições ainda adota o sistema 2D de representação em suas grades curriculares, seja na prancheta ou CAD, devido à dificuldade de ensino com múltiplas ferramentas de modelagem, complexidade no aspecto avaliativo das disciplinas, além do método que deve ser utilizado na incorporação do BIM na grade curricular.

Quanto às ferramentas de modelagem, o mercado disponibiliza diversas opções de *softwares* embasados nos conceitos BIM, que satisfazem às dimensões de modelagem 3D, o cronograma 4D, o orçamento 5D, o gerenciamento de instalações 6D, a sustentabilidade 7D, a prevenção de acidentes 8D, o *Lean construction* 9D, a construção industrializada 10D. É

importante entender que a metodologia BIM está presente em todo o ciclo de vida do projeto, ou seja, do pré-obra, passando pela fase da obra, até a pós-obra. A partir desse pressuposto, pode-se observar que os *softwares* BIM:

- Utilizam a visualização 3D do projeto, o que gera melhoras significativas na compreensão do empreendimento, visto que há uma melhoria da qualidade da informação;
- Podem simular a obra no computador, identificando erros e melhorias na locação do canteiro de obra, por exemplo;
- Podem realizar a extração automática dos quantitativos de um projeto, o que tende a atenuar erros humanos;
- Podem fazer simulações e ensaios virtuais, como análises estruturais, análises energéticas, estudos térmicos;
- Podem identificar automaticamente as interferências, sendo essa funcionalidade chamada de *clash detection*, e
- Melhoram a geração de documentos mais íntegros, pois como os objetos BIM são paramétricos e inteligentes, a sua relação com outros objetos e entornos é favorecida, deixando de depender exclusivamente da atenção humana (CATELANI, 2016b).

Ainda segundo o mesmo autor, há um impulso tecnológico dentro da indústria da construção civil que ajuda a diminuir o tempo das obras e melhorar a qualidade dos empreendimentos, o que garante mais confiabilidade e previsibilidade aos projetos. Além disso, o BIM pode ser complementado através de outras tecnologias, como: a internet das coisas (IoT) muito utilizada no controlo do almoxarifado, impressão 3D que pode ser utilizado em diversas fases da construção, laser scanner pode ser aplicado na restauração de monumentos históricos e drones.

Os drones podem ser utilizados, por exemplo, no planeamento dos canteiros de obras de projetos complexos que necessitam de técnicas de otimização para aumentar a eficiência, capturando imagens em diferentes posições, para processar uma nuvem de pontos 3D, ortofotografias, modelos digitais de superfície e, conseqüentemente, modelos 3D das estruturas construídas. (HAMMAD et al., 2021)

Uma questão a ser abordada é a respeito do fluxo de informação que, nos processos tradicionais de projetos, são mais semelhantes a um caos de informação em que os escritórios de arquitetura trabalham isoladamente se distanciando dos construtores, podendo gerar dificuldades no progresso do projeto. Em consequência dos avanços na TIC (Tecnologia da

informação e comunicação) e da crescente utilização de softwares BIM, as trocas de informações entre a equipe do projeto tornaram-se uma tarefa mais simples. Isso proporcionando o trabalho colaborativo, minimiza possíveis conflitos nos projetos, além de maximizar o potencial de conhecimento dos profissionais (CATELANI, 2016c; FLORIO, 2007).

Ainda nesse contexto, compreende-se que é inviável que um único programa consiga resistir a todas as tarefas de um projeto, por mais complexo e robusto que esse programa seja. Além de haver um interesse natural por parte da equipe de projeto de combinar aplicações de forma que proporcione uma maior eficiência de um modo geral no projeto, ou seja, indo além da funcionalidade que cada *software* pode oferecer sozinho (EASTMAN et al., 2014). Desse modo, a interoperabilidade de *softwares*, busca intercambiar dados de forma eficiente, como o *Industry Foundation Class* (IFC). Este tipo de aplicabilidade é vista na indústria da construção civil como uma tendência atual que tem grande margem de aprimoramento e será discutida de forma extensiva neste trabalho.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar os benefícios e as limitações da interoperabilidade aplicado ao modelo digital desenvolvido, após a aplicação do *Industry Foundation Class* (IFC) entre os *softwares* BIM: Revit e Allplan.

1.2.2 Objetivos específicos

- Mostrar as vantagens na adoção do BIM principalmente ao se comparar a metodologia aos métodos tradicionais da construção civil;
- Mostrar as semelhanças e diferenças entre as interfaces dos *softwares* BIM, sendo eles, o Revit e o Allplan, e realizar essa avaliação através da dinâmica da modelagem do projeto, ou seja, de forma prática, e
- Avaliar os benefícios e as limitações das aplicações IFC aplicado ao modelo digital.

1.3 Justificativas

Devido à crescente propagação da informação, as práticas de trabalho colaborativo cresceram entre os profissionais da AECO, resultando na utilização de recursos mais dinâmicos

dentro da construção civil. Nesse momento, a metodologia BIM, agregada ao processo de interoperabilidade, proporciona eficientes benefícios durante todo o ciclo de vida do projeto.

Os favorecidos pelas mudanças geradas após a adoção da metodologia BIM são, em geral, as empresas, os clientes, o governo e a sociedade. As principais justificativas para tais mudanças sob o ponto de vista das:

- Empresas: Maior qualidade dos projetos, maior precisão nos custos, eficiência no planejamento e no controle do prazo, e menos desperdício (ADDOR et al., 2015). Além de uma visível vantagem no mercado, sobretudo da imagem que a organização transmite, nesse caso, como uma empresa inovadora, competitiva no mercado e de liderança (CATELANI, 2016a);
- Cliente ou proprietário do projeto: A qualidade do modelo detalhado da construção é fundamental, pois permite analisar melhor as propostas das empresas consultadas e a extração da estimativa de custos mais precisa já durante a etapa do projeto. Nos pós-obra, o principal diferencial está no gerenciamento e operação dessas edificações (EASTMAN et al., 2014);
- Governo: Incentivos de obras públicas com o uso de plataformas BIM geram orçamentos mais precisos sem a necessidade de aditivos de projetos, construções mais complexas e inovadoras que podem acarretar um crescimento do turismo, empresas mais sólidas que oferecem mais obras e, conseqüentemente, aumentam o PIB do país (CATELANI, 2016a). Brasil (2018) afirma que impulsionar o BIM no país vai proporcionar diversos benefícios, tais como economia dos recursos utilizados nas obras, diminuição de custos e riscos, aumento da produtividade, entre outros;
- Sociedade: O BIM proporciona construções mais sustentáveis através da diminuição do desperdício, análise energética e ambiental do empreendimento. Outro ponto importante é o desenvolvimento da equipe de mão de obra, de modo que se possa instruir constantemente cada membro da equipe durante cada fase do projeto (EASTMAN et al., 2014).

1.4 Motivações

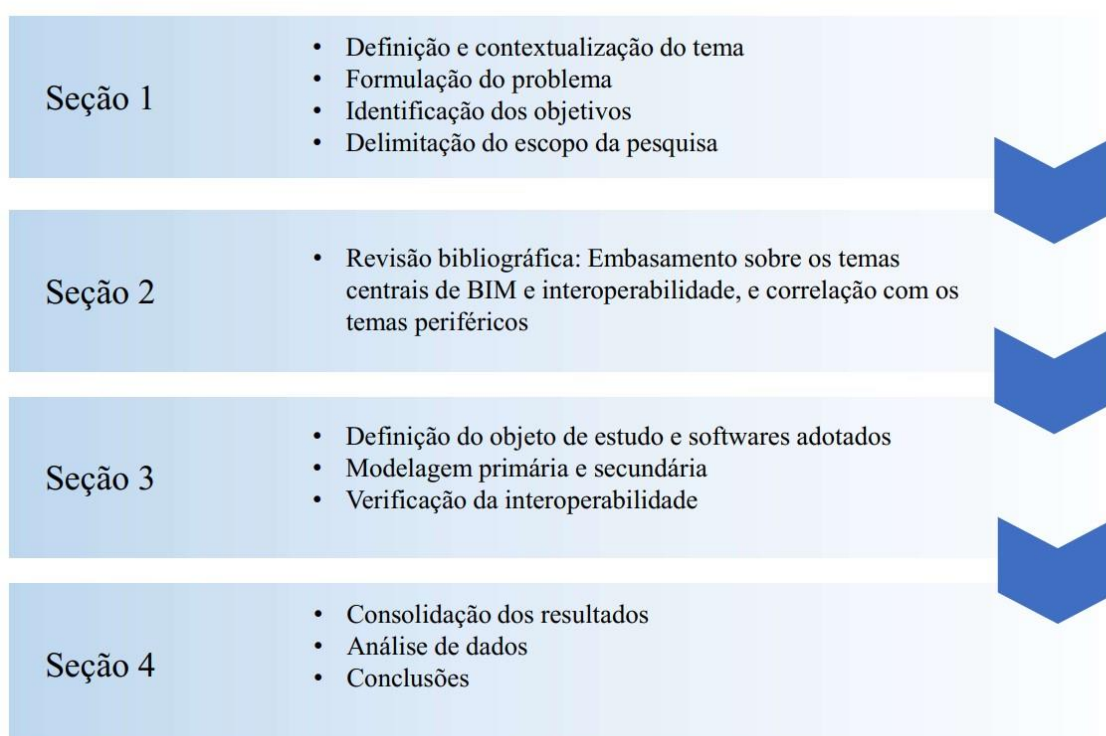
Este presente trabalho de conclusão de curso teve como principal motivação um estudo que abordasse uma temática atual na indústria da construção civil. Portanto, a disciplina Introdução ao BIM, cursada na graduação em Engenharia Civil, na Universidade Federal do Rio de Janeiro, ministrada pelo professor Leandro T. Knopp, foi o motivo introdutório para

abordar a temática do BIM. Outro estímulo relevante se deve ao fato da autora ter a oportunidade de morar na Europa e a partir disso tentar entender, através das pesquisas acadêmicas, as necessidades atuais do mercado europeu. Portanto, a temática da interoperabilidade foi o mecanismo utilizado para estar presente nesse novo campo de atuação mundial.

1.5 Metodologia

O trabalho de conclusão de curso de graduação é do tipo experimental qualitativa. De maneira geral, a metodologia visa ir além da abordagem teórica, empregando todo processo de interoperabilidade em um estudo real. Para isso, utilizam-se dois *softwares* BIM, o Revit e o Allplan. A experiência prática realizada no trabalho utiliza um processo de intercâmbio de dados baseado em um formato público e aberto, o IFC, avaliando seus benefícios e as limitações. A metodologia deste trabalho é dividida conforme o fluxograma apresentado na Figura 1:

Figura 1- Abordagem metodológica do trabalho



Fonte: Autora

É importante frisar que os aplicativos utilizados nesse estudo são: AutoCAD (versão estudantil 2021), Revit (versão estudantil 2021) e o Allplan (2021), que não possui uma versão

estudantil, mas cedeu a licença por tratar-se de uma pesquisa de graduação. Bem como, é elementar entender que os arquivos originais são os projetos executivos do bloco A do Complexo Universitário de Macaé, fornecidos em formato .dwg (AutoCAD). Tais documentos são somente a geometria do modelo, o que nada tem a ver com processo de desenvolvimento do modelo digital, como foi feito pela autora nos *softwares* Revit e Allplan.

Em conformidade com o objetivo final do trabalho de conclusão de curso, somente a modelagem do projeto arquitetônico será realizada no presente estudo. Esse trabalho não contempla os projetos complementares do empreendimento, como projeto elétrico, hidráulico, estrutural, de forma a facilitar a avaliação final da pesquisa.

A escolha do Revit para iniciar a pesquisa deu-se devido à similaridade com o AutoCAD, visto que ambos os *softwares* são da Autodesk. E, também, porque a autora tem maior familiaridade com o *software* Revit, devido à disciplina cursada no curso de Engenharia Civil, Introdução ao BIM, ministrada pelo professor Leandro T. Knopp. Já a motivação da escolha do Allplan devido às frequentes pesquisas acadêmicas relacionadas à interoperabilidade entre *softwares* BIM e porque o *software* da Nemesteck group tem forte adoção na Europa, assim como o Revit (GORDON; HOLNESS, 2008). Além disso, ambos os *softwares* suportam a troca de dados via IFC.

1.6 Estrutura do trabalho

Este presente trabalho de conclusão de curso encontra-se subdividido em sete capítulos. No capítulo 1, são feitas a introdução ao tema escolhido e a contextualização dos objetivos que levam a construção deste trabalho. No capítulo 2, é apresentada a contextualização teórica do *Building Information Modeling* (BIM). No capítulo 3, é indicada a contextualização teórica do *Industry Foundation Classes* (IFC). No capítulo 4, mostram-se o experimento realizado com o bloco A do Complexo Universitário de Macaé, assim como a caracterização do edifício e a modelagem digital, reunindo todos os argumentos teóricos que embasam a interoperabilidade, utilizando-os de forma prática. O capítulo 5 traz a análise dos resultados obtidos durante a modelagem do empreendimento, assim como as limitações da interoperabilidade. O capítulo 6 apresenta a conclusão do trabalho proposto.

2. BUILDING INFORMATION MODELING – BIM

Esta seção abordará as principais referências da modelagem da informação da construção ou *Building Information Modeling* (BIM), desde sua contextualização histórica até o uso atualmente.

2.1 Contextualização histórica

Segundo Eastman (2014), a primeira aparição do BIM não é tão recente, apesar da sua crescente disseminação na indústria e na academia, só começar a partir do início dos anos 2000. O que é novo é o acesso da indústria a esta ferramenta, que só se tornou possível devido aos avanços tecnológicos e, conseqüentemente, à facilidade de aquisição de *hardwares* e *softwares* (CATELANI, 2016a). Segundo Amaral e Filho (2010), por volta de 1970, o sistema *Computer Aided Design* (CAD), que substituiu os desenhos antes feitos manualmente em uma prancha de papel por um desenho computadorizado (CATELANI, 2016a), se desmembrou em diversos *softwares* que disputaram uma corrida por mercado durante os avanços tecnológicos da época. Um dos exemplos é o AutoCAD, criado pela Autodesk em 1982, sendo este o primeiro *software* CAD 2D da empresa. É importante ressaltar que diversas áreas foram beneficiadas pelo CAD, tais como a construção civil, engenharia mecânica, engenharia aeroespacial, engenharia elétrica, *design* e jogos eletrônicos.

O primeiro *software* 3D surgiu na década de 80, para desenvolver o avião de combate Mirage, pela empresa francesa *Avions Marcel Dassault*, hoje denominada de *Dassault Aviation*. Para Tse et al. (2005), a maioria das empresas evitava usar os *softwares* 3D por conta do abismo que havia entre o que estava disponível e o que era necessário em termos de capacidade de *hardware*. Esses *softwares* 3D requerem uma visualização gráfica mais rápida, mais cálculos e mais espaço para o armazenamento das informações, tais pontos se reverterem em uma grande desvantagem ao comparados com os *softwares* 2D na época (AMARAL; FILHO, 2010).

É notório que as tecnologias previamente citadas são essenciais para a metodologia BIM. Contudo, um desenho 3D somente facilita a visualização de um protótipo. Todo o fluxo de informação continua sendo praticado por meio de maneiras tradicionais (AMARAL; FILHO, 2010). Por outro lado, diversas empresas trabalham no desenvolvimento de plataformas 3D, que foram se modernizando até se deparar com uma modelagem mais refinada, a modelagem paramétrica. Isto é, com a parametrização, é possível alterar as dimensões de uma peça, preservando a relação com os outros elementos, ou seja, as mudanças

dos parâmetros ocorrem automaticamente nesses *softwares*, evitando a necessidade de mudar todas as pranchas que têm esses parâmetros (CATELANI, 2016a).

De acordo com Gaspar e Ruschel (2017), o acrônimo BIM não foi consolidado no início da síntese da metodologia. Houve, portanto, uma evolução dos acrônimos, tais como *Building Design System*, *Building Description System*, *Integrated Building Model*, *Design Data Model*, *Integrated Product Model*. Isso ocorreu principalmente pelas diversas interpretações da metodologia e por conta da evolução da atuação do BIM durante os processos que aconteceram nos últimos anos.

A primeira citação da metodologia BIM como conhecida hoje foi chamada de “*Building Product Models*” (Modelos de Produtos da Construção), por Charles Eastman em 1975, onde foi colocado que:

Qualquer mudança no arranjo teria que ser feita apenas uma vez para todos os desenhos futuros [...] qualquer tipo de análise quantitativa poderia ser ligado diretamente à descrição [...] Estimativas de custos ou quantidades de material poderiam ser facilmente gerados, [...] fornecendo um único banco de dados para análises visuais e quantitativas (EASTMAN, 1975 apud (EASTMAN et al., 2014)).

É relevante mencionar que o termo *Building Modeling* tem seu primeiro uso documentado no título de um artigo, em 1986, por Robert Aish, com a empresa GMW Computers Ltd, publicado na *5th International Symposium on the Use of Computer for Environmental Engineering Related to Buildings*. O autor do artigo utiliza o termo no mesmo sentido que é usado hoje, com definições como: modelagem 3D, extração de desenhos automáticos, componentes inteligentes paramétricos, banco de dados gerado automaticamente a partir do modelo, atualização automática do modelo gerado em diferentes vistas, geração de um modelo digital de projeto consistente, *clash detection*, entre outros (EASTMAN et al., 2014).

Segundo Borrmann (2018), o termo *Building Information Modeling* foi usado pela primeira vez em 1992 pelos pesquisadores Van Nederveen e Tolman. No entanto, a ampla difusão do termo foi iniciada pela empresa de *software* Autodesk que a utilizou pela primeira vez em um relatório publicado em 2003 (Autodesk, 2003). Nos últimos anos, uma grande variedade de produtos de *software* com as poderosas funcionalidades do BIM tem sido publicada por muitos fornecedores diferentes, e o conceito, que teve origem na pesquisa acadêmica, tornou-se agora estabelecido na indústria.

2.2 Conceito

Segundo Eastman (2014), o BIM está mudando a concepção dos edifícios, a forma como os edifícios funcionam e a maneira de construí-los. Para o autor, o BIM não é um tipo de *software*, mas, sim, mudanças no processo de construção devido a uma atividade humana. É uma tecnologia de modelagem, associada a processos para produzir, comunicar e analisar modelos de construção, tais como: componentes de construção; componentes que incluem dados que descrevem como eles se comportam; dados consistentes e não redundantes, e dados coordenados.

Catelani (2016a) afirma que a grande abrangência do BIM é uma das principais causas que dificultam a compreensão adequada do que é o BIM. Para o autor, o BIM é aplicável em todo o ciclo de vida de uma construção, conforme a Figura 2: iniciando no projeto, *design* conceitual, *design* detalhado, análise do projeto, documentação, fabricação, construção 4D e 5D, logística de construção, manutenção e operação, e finalmente a reforma ou a demolição da obra. Fica nítido que esta nova plataforma é baseada em modelos, e não mais em documentos, conforme ocorria na era CAD.

Figura 2 - Ciclo de vida da construção



Fonte: Adaptado (THE CONSTRUCTOR, 2021)

A modelagem da informação da construção é um conjunto de políticas, processos e tecnologias que geram uma metodologia para gerenciar o *design* da construção e os dados do projeto em formato digital ao longo de todo o seu ciclo de vida, de modo colaborativo. Esse

processo está gerando severas modificações nos círculos industriais e acadêmicos como o "novo paradigma CAD" (SUCCAR, 2009).

De acordo com o Decreto nº 9.377 do governo brasileiro (2018), o *Building Information Modeling* é a nova referência para o desenvolvimento de arquitetura e engenharia, cuja utilização traz diversos benefícios tanto para quem participa da cadeia de produção quanto para os proprietários e contratantes. Além disso, leva mais economia para as compras públicas e maior transparência aos processos licitatórios. Para o governo, o BIM aumenta a confiabilidade nas estimativas de custos e no cumprimento dos prazos, reduz a incidência de erros e imprevistos, garantindo uma maior transparência e qualidade às obras.

Segundo Ambrose (2012), o BIM não é uma ferramenta, e sim um conceito, ou seja, uma nova maneira de pensar a fim de buscar simular a construção de edifícios. O atual desafio é entender as implicações do processo, e não apenas a geometria do modelo através de um projeto descritivo e bidimensional, como ocorre atualmente. A metodologia é um provocador para que toda academia busque uma nova metodologia de ensino.

De acordo com Baratono et al. (2017), o BIM é uma forma digital de construções e operações que tende a melhorar drasticamente os resultados, reunindo tecnologia, processos, melhorias e informações digitais. Além de ser um impulsionador estratégico para melhorar a tomada de decisão tanto em obras privadas quanto em obras públicas, ao longo de todo o ciclo de vida da construção. Isso se aplica, de forma crucial, aos novos projetos de construção, pois o BIM fornece suporte para reforma, restauração e manutenção do ambiente de obras.

Nesse sentido, Borrmann (2018) afirma que

o BIM é um modelo digital com alto nível de informação, incluindo modelos tridimensionais detalhados dos componentes do edifício. O BIM também engloba objetos não físicos, como demarcação de espaços e zonas, hierarquia estrutural, ou cronograma.

Através de conjuntos de informações semânticas, os objetos são associados a uma estrutura de projeto bem definida, tais como: o tipo de componente, materiais, técnicas, propriedades, ou custos, bem como as relações entre os componentes e outras entidades físicas ou lógicas.

Há variados conceitos a respeito dessa metodologia, visto que ela ocorre durante todo o ciclo de vida do projeto, e pode abranger a área de arquitetura, engenharia, construção e operações (AECO). Além disso, é importante ressaltar a necessidade da interoperabilidade entre os profissionais responsáveis pelo empreendimento. É o oposto do que ocorre com os modelos tradicionais, com projetos fragmentados entre arquitetos, engenheiro de projeto, engenheiro de custos, engenheiro de campo e assim por diante (EASTMAN et al., 2014).

É notório também que o BIM necessita de ferramentas para auxiliar na modelagem dos projetos. Contudo, existem iniciativas que se aproveitam da ascensão do termo para se promover no mercado. Como *softwares* que não permitem a extração e atualização automática ou não possuem modelos de parametrização, gerando retrabalho durante o projeto. Apesar da similaridade, esses *softwares* não podem ser relacionados à metodologia. Logo, é sabido que nem tudo o que é 3D é BIM, mas se é BIM, é 3D (CATELANI, 2016a).

2.3 Parametrização

Na modelagem paramétrica, é factível definir um modelo flexível utilizando dependências e restrições, dessa forma, esse modelo pode ser facilmente adaptado para atender a novas condições ou alterações. Os parâmetros podem ser tão simples quanto as dimensões geométricas, por exemplo, a altura, largura, comprimento, posição e orientação de um cubo. As relações entre os parâmetros são chamadas de dependências, e podem ser definidas com equações descritas pelo usuário. Um grupo específico de objetos parametrizados normalmente é chamado de "família"; para criá-lo, é necessário definir, primeiramente, planos de referência e/ou eixos com posições especificadas pelos parâmetros. Os objetos resultantes podem ser gerados com suas bordas ou faces alinhadas com as relações diretas ao seu plano de referência (BORRMANN et al., 2018).

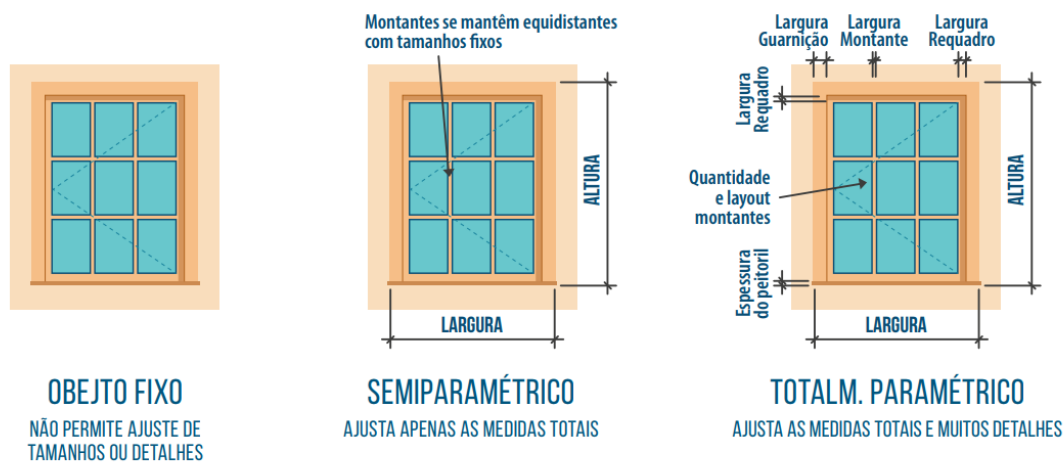
Softwares que utilizam a metodologia BIM facilitam o trabalho do projetista, pois, suas famílias de modelos ou uma classe de elementos, nada mais são do que parâmetros controlados por um conjunto de relações e regras que variam de acordo com o contexto. “Objetos são definidos usando parâmetros envolvendo distâncias, ângulos e regras como “vinculado a”, “paralelo a” e distante de” (EASTMAN et al., 2014). Pode-se observar, portanto, uma notável diferença entre o CAD 3D tradicional, que edita manualmente a geometria do elemento e depende exclusivamente da atenção humana, e o BIM.

Para Catelani (2016b),

os objetos BIM são inteligentes porque além de conterem todas as informações importantes sobre si mesmos, podem conter informações sobre a sua relação com outros objetos e componentes de um modelo.

Um exemplo interessante é o de uma parede e porta parametrizada, uma vez que o projetista decide mudar a espessura de uma parede, por exemplo, a porta consegue “perceber”, “interpretar” e “reagir” a tal mudança automaticamente, se adequando à nova situação, como a Figura 3 (CATELANI, 2016a).

Figura 3 - Objetos paramétricos



Fonte: (CATELANI, 2016a)

Assim sendo, as principais informações paramétricas de um objeto são: o dimensionamento e posicionamento paramétrico variável; a determinação de vínculos e restrições geométricas dinâmicas, e os objetos que possuem regras de adaptação ou reação a mudanças de outros objetos vinculados. Outro ponto importante é que um *software* BIM já vem com uma biblioteca de objetos com informações básicas, tais como, a composição do material, as normas, a geometria, além de especificações que contribuem para um bom desempenho do objeto. Entretanto, é importante afirmar que nada disso impede que o usuário altere alguma dessas especificações, personalizando uma família de objetos (CATELANI, 2016a).

Alguns objetos BIM podem ser específicos de um fabricante, ou seja, o fabricante gera um objeto BIM correspondente ao seu produto original de modo a facilitar o planejamento do projeto (CATELANI, 2016a). Essa atividade de gerar objetos mais íntegros é justificada para oferecer um ajuste mais preciso do projeto e consequentemente uma maior qualidade. Em alguns empreendimentos, os arranjos gerais de um desenho podem mudar totalmente por conta da combinação entre objetos, como o exemplo do Aviva Stadium (Figura 4), em Dublin, Irlanda, no qual o esboço do desenho foi gerenciado a partir da arquibancada do estádio, que nada mais é do que um modelo de objeto. Essa arquibancada também respeitava um conjunto de restrições do terreno e regulamentos sobre linhas de visada (EASTMAN et al., 2014).

Figura 4 - Aviva Stadium em Dublin, Irlanda



Fonte: (AVIVA, 2021)

2.4 Modelagem ND

A modelagem ND é o termo usado pela Universidade de Salford, no Reino Unido, que visa apoiar o *design* integrado e a construção de uma ferramenta com múltiplas funções, tais como: sustentabilidade, simulações acústicas, simulações energéticas, manutenção, programação, custo etc. (LEE et al., 2002). Para Eastman (2014), o BIM tem uma capacidade multidimensional, pois possibilita acrescentar um número quase infinito de dimensões para o modelo de construção.

Dependendo do nível de informação que o projetista fornece ao modelo de produção, o empreendimento pode satisfazer múltiplas dimensões da ferramenta BIM, como na Figura 5. Ou seja, relacionar informações não gráficas de um edifício em uma estrutura lógica, através de especificações, cronogramas, e outros dados. Quanto mais completo for o modelo, menos suscetível a erro ele deve estar. (LEE et al., 2005)

3D: Para Addor et al. (2010), é a dimensão da modelagem e da visualização, pois dispõe de todos os benefícios que a compatibilização de um modelo 3D pode fornecer, como análise, medição e planejamento de canteiro de obra.

4D: Segundo Addor et al. (2010), a quarta dimensão é a dimensão do tempo, porque remete ao cronograma sequências de obras e fases de implantação. Já para Borrmann (2018), o modelo liga a geometria (modelo 3D) com uma linha de tempo do projeto baseado nos processos em relação aos recursos (pessoas, equipamentos e materiais). É um processo de planejamento que visa vincular as atividades da construção com o cronograma. Dessa forma, visualiza-se o fluxo de trabalho de um projeto. Como consequência, programações, layout do canteiro e planos logísticos muito mais robustos podem ser gerados para melhorar a produtividade (SMITH, 2014b).

5D: De acordo com Smith (2014b), a quinta dimensão é a dimensão do custo que permite a geração de orçamentos de uma forma muito mais simplificada do que a tradicional. Gerando uma significativa redução do tempo, melhorando a precisão de estimativas, e minimizando ambiguidades. Para Eastman (2014), a quinta dimensão gera estimativas de custo mais confiáveis já nas fases preliminares do projeto, além de serem obtidas de forma mais rápida, detalhada e precisa. Em contrapartida, Borrmann (2018), afirma que a estimativa de preços e custos para projetos de construção ainda é uma tarefa desafiadora para qualquer empresa de engenharia ou construção (AEC), uma vez que os projetos de construção são sempre únicos. Outro problema é referente ao nível de informação implementado, que pode ser um problema por conta de uma gestão da informação ou um nível crescente de informação durante o processo de modelagem. Isso, consequentemente, leva dificuldades para os estimadores localizarem todas as quantidades necessárias.

6D: Para Addor et al. (2010), a sexta dimensão representa a operação e manutenção do edifício. Smith (2014b) diz que o 6D permite estender o BIM para gerenciamento de instalações. O modelo BIM principal é uma descrição rica dos elementos de construção e serviços de engenharia que fornece uma descrição integrada para uma construção. Este recurso, juntamente com sua geometria, relacionamentos e recursos de propriedade, sustenta seu uso como um banco de dados de gerenciamento de instalações.

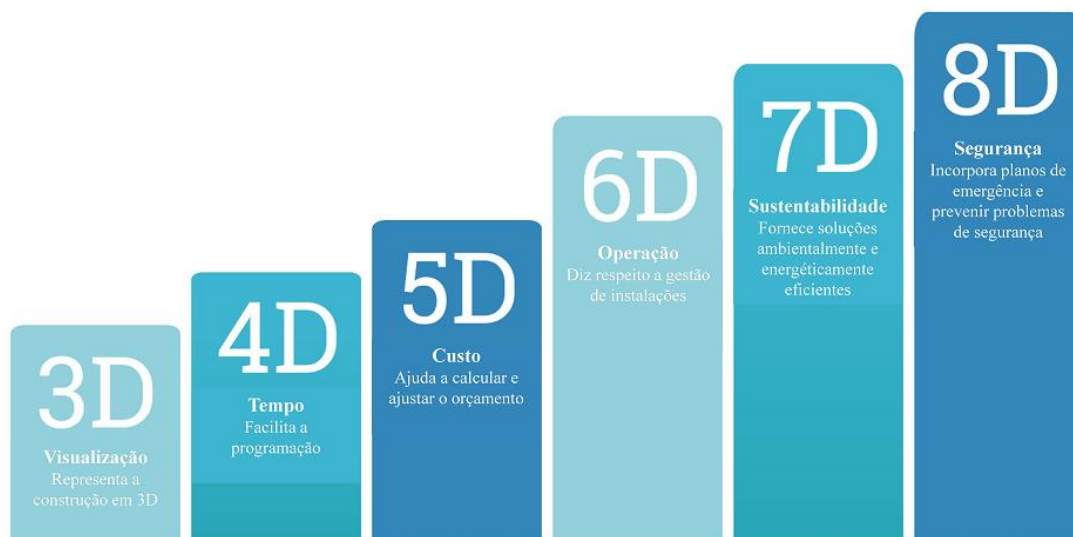
7D: A sétima dimensão corresponde à dimensão da sustentabilidade que relaciona os componentes de sustentabilidade aos modelos BIM, permitindo aos *designers* cumprir as metas de carbono para elementos específicos do projeto, ratificando ou testando as decisões de *design* através de diferentes opções (SMITH, 2014b).

8D: A oitava dimensão é a dimensão da prevenção de acidentes, onde os elementos centrais dessa dimensão do BIM estão relacionados a traçar o perfil de riscos dos elementos do projeto, juntamente com suas intensidades de riscos, assim como as combinações de métodos de construções para tais perfis; fornecimento de sugestões de projetos seguros relacionados a elementos com perfil de alto risco, e a apresentar o controle de risco no local de perigo a partir da avaliação da classificação de risco local (KAMARDEEN, 2010).

9D: A nona dimensão é o método da construção enxuta ou *Lean Construction*, pois é desenvolvido através de um sistema produtivo integrado com foco no fluxo de produção (BARBOSA D et al., 2021).

10D: A décima dimensão é a dimensão da construção Industrializada, que permite a execução de produtos padronizados, com alta qualidade, em substituição ao trabalho manual sempre que possível (BARBOSA D et al., 2021).

Figura 5 - Dimensões do BIM



Fonte: Adaptado (SENCE.CE, 2021)

2.5 Nível de desenvolvimento (LOD)

De acordo com Borrmann (2018), um nível de desenvolvimento define a extensão da informação fornecida e uma indicação de sua maturidade e confiabilidade. Na maioria dos casos, um nível de desenvolvimento (LOD) pode ser associado a uma fase específica de projeto. O LOD gera benefícios à indústria, uma vez que pode se tratar com mais clareza do tipo de projeto a ser utilizado. Desse modo, pode-se esperar ver mais formalizações do LOD e sua inclusão em normas e padrões.

Borrmann (2018) utiliza de uma analogia simples com o propósito de melhorar a compreensão do termo. O autor afirma que, nos processos convencionais de planejamento, a escala de desenho proporciona meios para descrever a resolução geométrica necessária para uma determinada etapa do projeto, mas, como não há escala no mundo dos modelos digitais, o nível de desenvolvimento (LOD) seria uma abordagem alternativa e complementar para especificar o projeto. Podendo, portanto, determinar quais informações possuem e quem são os responsáveis por cada entrega, de acordo com cada etapa do projeto.

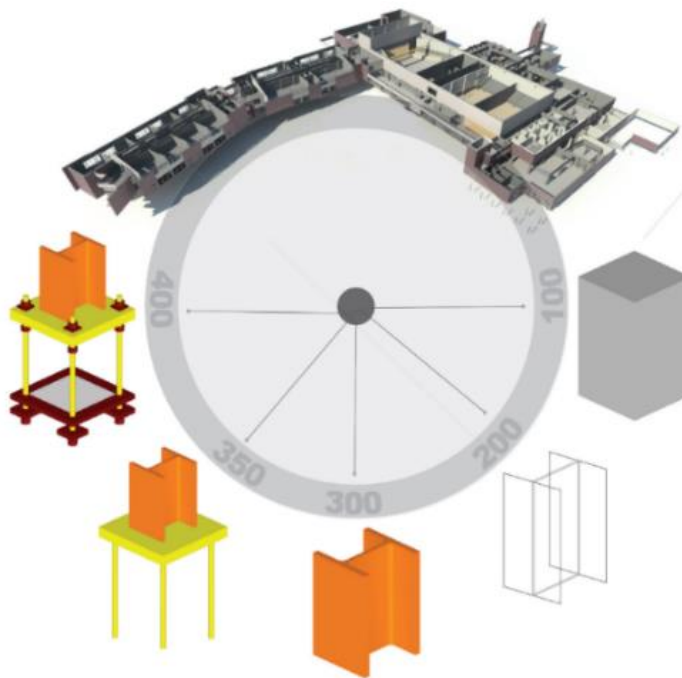
O BIMforum(2019) afirma que o nível de desenvolvimento (LOD) é uma ferramenta de referência destinada a melhorar a qualidade da comunicação entre os usuários do BIM,

relacionada às características dos modelos, como pode ser observado na Figura 6. Utilizando e expandindo o conceito de um esquema desenvolvido pelo Instituto Americano de Arquitetos (AIA), sendo esses:

- LOD 100: Os elementos não são representações geométricas. São, por exemplo, informações anexadas a outros modelos ou símbolos que mostram a existência de um componente, mas não sua forma, tamanho ou localização precisa. Qualquer informação derivada dos elementos LOD 100 deve ser considerada aproximada.
- LOD 200: Nesse caso, os elementos são genéricos, representados graficamente dentro do modelo como um sistema genérico, objeto ou conjunto com quantidades aproximadas de tamanho, forma, localização e orientação. Eles podem ser reconhecidos pelos componentes que os representam, ou podem ser volumes para reserva de espaço. Qualquer informação derivada dos elementos LOD 200 ainda deve ser considerada aproximada.
- LOD 300: A quantidade, tamanho, forma, localização e orientação do elemento conforme projetado podem ser medidos diretamente do modelo sem se referir às informações não modeladas, tais como notas ou observações. A origem do projeto é definida e o elemento é localizado com precisão em relação à origem do projeto.
- LOD 350: Informações não gráficas também podem ser anexadas ao modelo. Estas peças incluirão itens como suportes e conexões. A quantidade, tamanho, forma, localização e orientação do elemento como projetado podem ser medidos diretamente do modelo sem se referir a informações não modeladas, tais como notas ou chamadas de dimensões.
- LOD 400: Um elemento LOD 400 é modelado com detalhes e precisão suficientes para a fabricação do componente representado. A quantidade, tamanho, forma, localização e orientação do elemento como projetado podem ser medidos diretamente do modelo sem se referir a informações não modeladas, tais como notas ou chamadas de dimensões.
- LOD 500: O modelo é uma representação verificada em campo em termos de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação. Informações não gráficas também podem ser anexadas aos modelos. Portanto, não é uma indicação de

progressão para um nível superior de geometria do modelo, esta especificação não a define ou ilustra.

Figura 6 - Nível de desenvolvimento



Fonte: (BIM FÓRUM, 2013)

2.6 Nível de maturidade do BIM

O modelo do nível de maturidade do BIM foi idealizado no Reino Unido para assegurar uma orientação clara para a indústria dos níveis de competência esperados em cada etapa. Esses níveis de maturidade facilitam a transição da construção civil até alcançar, finalmente, modelos totalmente digitalizados que, utilizando a metodologia BIM por completo, apoiam-se em normas e notas de orientação. O modelo de maturidade BIM é descrito em quatro níveis de orientação e pode ser mais bem interpretado na Figura 7:

- Nível 0: É o nível no qual é utilizado o modelo tradicional do CAD 2D, onde a troca de dados é baseada em papel, nível sem colaboração.
- Nível 1: É o nível no qual é utilizado a modelagem 3D parcial, normalmente para desenvolvimento de conceitos, mas grande parte do projeto ainda é realizada pelo método tradicional 2D. A troca de dados é realizada através do envio e recebimento de arquivos individuais, colaboração digital limitada.
- Nível 2: É o nível no qual é utilizado a modelagem 3D por completo, portanto, modelos 2D são derivados do modelo digital 3D, uso das N dimensões do BIM, a

colaboração é feita na forma de intercâmbio de dados entre os membros da equipe, mas ainda é limitada à fase de planejamento da obra. Contudo, o fluxo de trabalho utiliza arquivos nativos, ou seja, nesse nível é utilizado formato proprietário. Esse nível é colaborativo.

- Nível 3: É semelhante ao nível 2, mas agrega o conceito de um BIM integrado durante todo o ciclo de vida do projeto. Sendo assim, emprega as ISO para o intercâmbio de dados e descrições de processos. Serviços em nuvem são utilizados para gerenciar os dados do projeto, de modo que estes sejam contínuos e permaneçam estáveis ao longo do ciclo de vida do edifício. Esse nível é colaborativo (BORRMANN et al., 2018; GROUP, 2011).

Figura 7 - Nível de maturidade BIM

		Nível 1		Nível 2	Nível 3	
Nível 0		2D	3D	BIMs Federados	BIMs Integrados IDM, IFC e IFD	
CAD		Formatos proprietários		Formatos proprietários + COBie	Padrão ISO	Formatos de troca
Desenhos		Modelos geométricos		Modelos BIM coordenados e em disciplinas específicas	Modelos de informação predial integrados e interoperáveis ao longo do ciclo de vida	Profundidade da informação
Papel		Colaboração baseada em arquivos		Gerenciamento central de arquivos (Ambiente de Dados Comum), Bibliotecas compartilhadas	Gerenciamento de modelos baseado na nuvem (BIM Hub)	Coordenação e Colaboração

Fonte: Adaptado (BORRMANN et al., 2018)

2.7 BIM no mundo

Segundo Sundmaecker et al (2010), o BIM no setor público pode ser pensado como uma “construção digital”, semelhante à tecnologia e à revolução do processo digital que se instalou no setor de manufatura nos anos 80 e 90, melhorando os índices de produtividade e a qualidade da produção. A EUBIM é um grupo consultivo europeu que tem como objetivo o incentivo do uso do BIM em obras públicas, de forma a proporcionar melhorias no valor do dinheiro público e na qualidade do patrimônio público, além de aumentar a competitividade sustentável da indústria da construção civil europeia. (EUBIMTASKGROUP, 2021)

Segundo Smith (2014a), a Noruega, Dinamarca, Suécia e a Finlândia também são países pioneiros na utilização de projetos baseados em modelos digitais, pois utilizam a metodologia desde 2007, quando foi empregado o BIM em obras públicas. Sendo defensores da utilização da interoperabilidade entre *softwares*, que se encontra no nível 3 de maturidade. Além disso, os países nórdicos fizeram grandes investimentos em pesquisas de desenvolvimento do BIM. Na Dinamarca, por exemplo, a metodologia é utilizada, inclusive, para o planejamento, construção, manutenção e gerenciamento de instalações de parques eólicos *offshore* (SIELKER; ALLMENDINGER, 2018).

A Holanda tomou um caminho inverso durante a adoção do BIM mundialmente. O país adotou, de maneira espontânea, a metodologia através de arquitetos e engenheiros que se interessaram pelos benefícios financeiros do BIM e gradativamente tal fato foi atingindo os empreiteiros. Portanto, a influência do governo foi pequena durante a fase de adoção da metodologia. Contudo, o governo desenvolveu iniciativas que ajudaram a fomentar ainda mais o BIM, tais como:

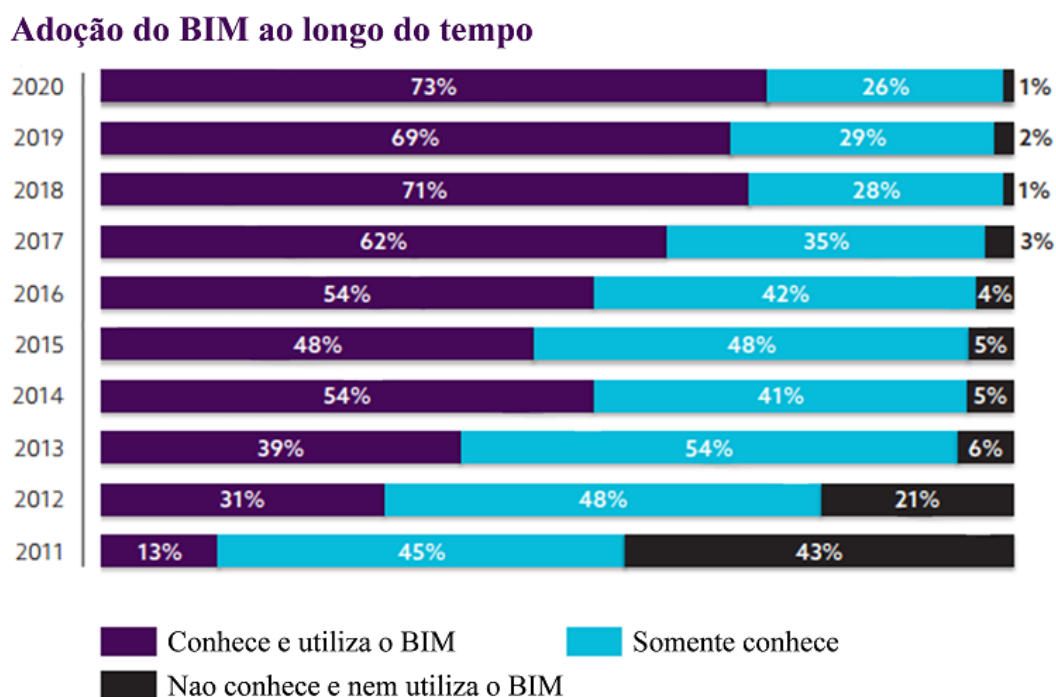
- *Bouw Informatie Raad*: É uma colaboração única dos vários ramos dos setores de construção e infraestrutura holandeses, com o intuito de atender os interesses do setor da construção civil;
- *BIMregister*: O site coleta e compartilha experiências BIM, tais como projetos, vagas de emprego, vídeos, tudo relacionado ao BIM;
- *BIM Locket*: É um site mais técnico com normas e diretrizes que proporcionam padrões *open-BIM* (BIMLOKET, 2021; BIMREGISTER, 2021; BOUWINFORMATIERAAD, 2021; SIELKER; ALLMENDINGER, 2018).

Segundo a *UK Government Construction Strategy* (2011), as primeiras propostas que o Reino Unido apresentou para alcançar o nível 2 de maturidade consistiam na aplicação da metodologia BIM na educação, treinamento da mão de obra, desenvolvimento de pesquisa e a utilização da interoperabilidade. A meta se iniciou 2011 e tinha como objetivo um prazo de 5 anos. Logo, em 2016, foi alcançado o nível 2 de maturidade BIM e redefinido os objetivos para os próximos anos com interesses distintos do anterior como desenvolver uma indústria de baixo carbono e alcançar com o Nível 3 de maturidade BIM. Foi criado também o *Centre for Digital Built Britain*, que é um centro com diversas parcerias, cujo objetivo é transformar a abordagem da indústria da construção civil britânica (CDBB, 2021; SIELKER; ALLMENDINGER, 2018).

Uma pesquisa realizada com um pouco mais de 100 pessoas da área da construção civil, no ano de 2020, pela EUBIM, mostra uma mudança de paradigma no Reino Unido desde que

o seu programa ambicioso se iniciou em 2011. Naquele ano, 43% dos entrevistados não estavam cientes do BIM, e somente 13% já tinham adotado a metodologia. Já a pesquisa de 2020 indica que 73% dos entrevistados estão cientes e usam o BIM, conforme a Figura 8. Isso mostra que Reino Unido deve conseguir alcançar o nível 3 de maturidade BIM, conforme essas indicações apresentadas (NBS, 2020).

Figura 8 - Adoção do BIM no Reino Unido



Fonte: Adaptado (NBS, 2020)

O processo para o mundo digital nos permite controlar e gerenciar um volume sem precedentes de dados e informações. Para clientes públicos e governos, isso significa um empreendimento mais bem gerido, sendo construído com a mesma quantia de dinheiro público, ou menos. Gerando um menor risco de custos excessivos em projetos de infraestrutura pública, uma melhor compreensão do projeto, maior transparência e maior engajamento das partes interessadas (BARATONO et al., 2017).

O governo brasileiro tem tomado algumas medidas para difundir a metodologia, através da Estratégia Nacional da Disseminação do BIM, lançada com 9 objetivos específicos a serem alcançados. Abaixo, são listados os objetivos:

- I. Difundir o conceito BIM e seus benefícios: A sociedade brasileira ainda não tem amplo conhecimento do BIM, por isso é fundamental a disseminação do BIM nos setores da construção civil e na sociedade.

- II. Coordenar a estruturação do setor público para a adoção do BIM: Determina-se que a metodologia é uma exigência do setor público, faz-se necessário, portanto, utilizá-lo em compras públicas, criação de projetos, acompanhamento de obras, gerenciamento das edificações e infraestruturas.
- III. Criar condições favoráveis para o investimento público e privado em BIM: Incentivar um ambiente de negócios através de créditos necessários para o investimento em BIM, destacando as micros e pequenas empresas.
- IV. Estimular a capacitação em BIM: Capacitar profissionais da construção civil através da inserção do BIM nas universidades e estimulando a certificação em BIM de profissionais diversos.
- V. Propor atos normativos que estabeleçam parâmetros para as compras e as contratações públicas com uso do BIM: Adequar a legislação para dar suporte ao uso do BIM nas compras públicas.
- VI. Desenvolver normas técnicas, guias e protocolos específicos para a adoção do BIM: Documentos de referência são importantes para que os projetos sejam padronizados, precisos e harmônicos.
- VII. Desenvolver a plataforma e a biblioteca nacional BIM: Deve ser uma ferramenta que visa trocar informações, disseminar padrões técnicos e melhores práticas, além de hospedar um acervo de objetos virtuais disponibilizados ao setor.
- VIII. Estimular o desenvolvimento e a aplicação de novas tecnologias relacionadas ao BIM: O alvo principal é o BIM sendo complementado através de outras tecnologias, como a aplicação de soluções de tecnologia da informação e comunicação (TIC), investimento em laboratórios BIM.
- IX. Incentivar a concorrência no mercado por meio de padrões neutros de interoperabilidade BIM: De forma a induzir inovações, otimizar processos, reduzir custos e criar oportunidade aos investidores, a estratégia BIM BR espera incentivar a ampla concorrência no mercado (TEMER et al., 2018).

É sabido que a principal maneira de alcançar tais objetivos é capacitando os estudantes e os profissionais atuantes na construção civil através de investimentos em laboratórios BIM em instituições científicas, tecnológicas e de inovação (ICT). Para Ruschel (2014), a metodologia é complexa, pois é composta por múltiplos sistemas: modelagem, simulação, verificação, integração e compartilhamento. Essa complexidade na composição do BIM

acarreta uma dificuldade no ensino da Engenharia e Arquitetura, pois requer uma interoperabilidade entre as tecnologias associadas à metodologia.

De acordo com Barison e Santos (2011), as escolas adotam normalmente duas abordagens, com uma ou duas matérias sem requisitos na grade curricular, ou como um recurso para ajudar os alunos a compreender determinados conteúdos. Nesse sentido, é imprescindível saber quais os níveis de proficiência no BIM tais alunos devem obter, visto que todo esse conteúdo educacional deve ser desenvolvido corretamente, ou seja, verificando quanto tempo deve ser gasto com a disciplina. No Brasil, hoje, o encontro nacional sobre o ensino do BIM é uma iniciativa na educação para discutir a inserção da metodologia nas instituições nacionais. O evento ocorre anualmente e tem o objetivo de estimular a troca de experiências sobre o ensino de BIM. O evento é composto por atividades como palestras, sessões interativas, mesas redondas e sessões de pôsteres (ANTAC, 2021).

Por outro lado, a indústria da construção civil, no Brasil, notou de imediato o benefício econômico propiciado pelo BIM. De acordo com a revista McGraw Hill Construction (2014), uma pesquisa realizada em 2013 mostra que 46% das empreiteiras brasileiras afirmam que o principal benefício do BIM é a redução de custo na construção. Esse dado mostra uma tendência divergente aos outros países que participaram da pesquisa e utilizam a metodologia que enxerga a redução de erros como o principal benefício.

Sob o mesmo ponto de vista, AsBEA (2013) diz que a capacitação profissional é um dos pontos-chaves para a implementação do BIM. Pois, é necessária a prática dos novos processos de trabalho de acordo com as funções e os produtos, e isso não significa somente saber utilizar um *software* BIM. Mas, sim, reestruturar a equipe conforme os objetivos que a empresa almeja atingir com a tecnologia, tanto do ponto de vista de um processo interno, quanto no fornecimento dos produtos aos clientes. Evitando, portanto, um estresse por conta de qualidade e prazos.

Os empreiteiros pioneiros na adoção da metodologia BIM já observam os benefícios no aumento de produtividade durante a preparação de documentação, no aumento da qualidade do serviço e na maior competitividade no mercado. Visto que muitos países veem a metodologia como um diferencial e que os consumidores estão cada vez mais exigentes. Por consequência, é normal que os empreiteiros tenham que realizar grandes mudanças na estrutura da companhia, tais como logística, utilização de software 3D, interoperabilidade, disseminação de práticas sustentáveis, aumento da utilização de softwares em várias dimensões e gerenciamento da produção (EASTMAN et al., 2014).

2.8 Tendências do BIM

Conforme mencionado anteriormente, a metodologia BIM aplicada na engenharia civil tem um conceito muito amplo. Além disso, nos dias de hoje, ainda é comum ver a metodologia sendo aplicada somente na fase do projeto, e não realizar o chamado *post BIM*, que é a continuidade desse processo, com a integração da Tecnologia de Informação e Comunicação (TICs), que auxilia a gestão das fases futuras até após o *as-built*, unindo o físico e o virtual (MACHADO; RUSCHEL, 2018).

Um das áreas que mais vem crescendo no BIM é a de simulação computacional. Isso ocorre, principalmente, por conta do grande investimento mundial em sustentabilidade. A simulação ocorre normalmente durante a fase do projeto e pode ser uma análise dinâmica ou física, como a simulação das atividades de um canteiro de obras com grandes equipamentos, ou simulações térmicas em grandes edifícios que podem auxiliar o arquiteto na escolha de um determinado material (CATELANI, 2016a).

Sob o mesmo ponto de vista, Eastman (2014) afirma que o BIM contribui com projetos de edifícios mais sustentáveis. Como no exemplo do edifício federal de São Francisco nos Estados Unidos da América, que foi planejado para ser usado como protótipo, através do aproveitamento da ventilação natural, utilizando a dinâmica computacional de fluidos (CFD). A inovação conseguiu integrar sustentabilidade durante a obra, conforto por conta do modelo arquitetônico adequado e uma boa urbanização na vizinhança.

O uso de novas tecnologias como complemento da metodologia BIM é proveitoso em diversas áreas, como o *laser scanner*, que consiste em uma tecnologia de digitalização 3D a *laser*, que pode adquirir uma alta densidade de pontos, criando um modelo com alta definição de maneira rápida e precisa. Essa tecnologia é fundamental na captura da realidade e pode ser usada em setores de difícil medição por métodos tradicionais, como em monumentos históricos, que muitas vezes não possuem documentação e são dotados de preciosos detalhes (ARAYICI, 2007).

A tecnologia da impressão 3D já é usual nos mercados atualmente. Contudo, para Kiroglu e Sakin (2017), a união da impressão 3D com a metodologia BIM pode revolucionar a indústria da construção civil em breve. Como no exemplo de uma empresa russa que construiu uma casa por impressão 3D de aproximadamente 37 m² em 24 h, com um custo de aproximadamente 10.000 dólares. O mais provável no momento é que a indústria se apoie na impressão 3D de forma que os projetos consigam ficar cada vez mais rápidos e sofisticados.

Outra tendência é a utilização do IoT, que se define em qualquer tecnologia usada na indústria para automatizar, reduzir erros e aumentar a eficiência. Conectando objetos do mundo real com o virtual, permitindo conectividade para qualquer coisa, e não apenas para pessoas, tudo interagindo uns com os outros no mesmo espaço e tempo. Integrando esse conceito para o BIM, é possível observar tecnologias futuras no mercado. Um bom exemplo, é a área de manutenção preventiva de um edifício, onde um objeto consegue se comunicar com a sua assistência técnica sem a necessidade de uma pessoa física (SUNDMAEKER et al., 2010).

A propósito, a distância entre a pesquisa e a ferramenta comercial já foi superada, a mudança de paradigma agora é a competitividade para o mercado empreendedor. (EASTMAN et al., 2014). Ademais, Catelani (2016b) afirma que é inegável que o BIM seja obrigatório dentro da indústria da construção civil e garante que é, durante momentos de crise, como a do mercado imobiliário dos Estados Unidos da América, que ocorre a inovação, e talvez até um princípio para melhores aperfeiçoamentos.

2.9 Principais *softwares* BIM

É fato que, para a metodologia BIM ocorra com sucesso, deve-se haver *softwares* competentes. Há no mercado hoje inúmeros programas que se adaptam ao BIM. Podendo ser *softwares* mais simples, voltados para os proprietários, ou mais completos e usuais, que são utilizados pela maioria dos profissionais de pequenas ou médias empresas, ou até mesmo os mais robustos, utilizados muitas vezes por grandes empreiteiras para grandes obras.

Primeiramente, é importante que a equipe responsável defina a plataforma tecnológica para a realização dos projetos com o uso do BIM, inclusive, a versão dos *softwares* que serão utilizados, viabilizando, portanto, os testes de interoperabilidade. Em alguns casos, pode ser necessário buscar alternativas para a exportação ou importação de arquivos. É conveniente também que os formatos dos arquivos que serão utilizados nas transferências de informações sejam definidos no início do projeto de implementação (CATELANI, 2016c).

Um aspecto importante é que os *softwares* utilizados nesse presente trabalho são uma referência base dos principais produtos ofertados no mercado voltados para engenharia civil. Segundo Catelani (2016d), é apropriado observar que *softwares* costumam passar por atualizações contínuas, além de ser frequente a inserção de novos *softwares* no mercado. Outro aspecto a ser observado são as fusões e aquisições de empresas. Em seguida, apresenta-se alguns programas utilizados atualmente, escolhidos devidos às suas facilidades tanto comercialmente quanto academicamente.

2.9.1 TQS

O TQS é um *software* de estruturas de concreto armado, cuja solução é totalmente compatível com as normas técnicas brasileiras vigentes, visto que foi desenvolvido em 1986 por dois engenheiros brasileiros. Suas finalidades principais são: a modelagem, análise estrutural, dimensionamento, detalhamento, desenho e documentação de estruturas de concreto armado e protendido, o moldado *in loco*, pré-moldado e a alvenaria estrutural. Os usuários típicos são os engenheiros estruturais, consultores de estruturas, projetistas e desenhistas (CATELANI, 2016d).

2.9.2 ArchiCAD

Segundo Catelani (2016d), a empresa Hungará Graphisoft, desenvolvedora do ArchiCAD, que é um *software* BIM direcionado para arquitetos, foi adquirida pela empresa alemã Nemetschek group, em 2006. Eastman (2014) afirma que o *software* é a mais antiga ferramenta BIM de projeto de arquitetura, e possui uma interface intuitiva e simples, e uma grande biblioteca de objetos.

Segundo Cruz (2017), a principal desvantagem do ArchiCAD é quando relacionado a grandes projetos, pois não se comporta bem quando é necessário a separação em módulos, o que facilita o gerenciamento. Para Tse et al (2005), no ArchiCAD, os objetos de modelagem são divididos em elementos de construção e objetos GDL (Geometric Description Language). Os elementos de construção são peças básicas, incluindo paredes, colunas, vigas, lajes, telhados para a construção do esqueleto dos edifícios. Essas peças residem no sistema e não podem ser omitidas. Já os objetos de construção, como portas e janelas, são objetos GDL que residem na biblioteca externa. GDL é uma linguagem de *script* aberto que pode ser usada para criar objetos com ricas informações paramétricas.

2.9.3 Tekla structures

Este programa é planejado para desenvolver a parte estrutural de diversos tipos de materiais, como madeira, aço, concreto. Portanto, é utilizado por engenheiros e em grandes obras, como estádios, *offshore*, usinas, pontes e arranha-céus, podendo também serem utilizados para obras de pequeno porte, como prédios e residências. Alguns exemplos de empreendimentos em que foi utilizado o *software* são o Metrô de Riyadh, na Arábia Saudita;

One Nine Elms, em Londres, e a ponte ferroviária do Porto de Paranaguá, no Brasil (TRIMBLE, 2021).

2.9.4 Bentley Architecture

A Bentley Systems é uma empresa desenvolvedora do Bentley Architecture. A Bentley oferece soluções para todo o ciclo de vida do ativo da infraestrutura, adaptadas às necessidades das várias profissões que trabalharão com esse ativo ao longo da sua vida útil (BENTLEYSYSTEMS, 2021).

Para Bedolla et al (2004), o Bentley Architecture foi desenvolvido com base em aplicações CAD, com a intenção de competir com as soluções BIM que ameaçavam tirar parte do mercado CAD. Uma vantagem desse tipo *softwares* em que são adaptados a metodologia BIM é que eles permitem uma migração mais flexível e modular para sistemas BIM. O autor afirma que este é muito adequado para o trabalho colaborativo e multidisciplinar, mas aponta uma desvantagem com relação à interface ser pouco intuitiva.

2.9.5 Allplan

Este é um dos *softwares* utilizados nesse trabalho. O Allplan é mais utilizado na Europa, principalmente na Alemanha, sendo uma plataforma interdisciplinar para arquitetos, engenheiros e empreiteiros. Além disso, utiliza uma tecnologia baseada em nuvem, que permite que o usuário se conecte com toda a indústria da construção, utilizando fluxos de trabalho eficientes, de modo que se aproveite ao máximo o BIM. O software ainda permite trabalhar com projetos complexos, como o projeto ferroviário de Stuttgart, que possui um átrio na nova estação subterrânea. Os principais benefícios do Allplan são: uma interface de qualidade com todos os formatos de trocas convencionais; otimização do trabalho em equipe através do BIMplus e do Allplan Share, e aumento da produtividade por conta de uma interface intuitiva (NEMETSCHEK GROUP, 2021).

Para Catelani (2016d), o Allplan é basicamente de um software de modelagem 3D e detalhamento de estruturas de concreto, seus usuários típicos são projetistas e engenheiros de estruturas de concreto. Para Tse et al (2005), a interoperabilidade é o ponto forte do *software*, sendo totalmente compatível com o IFC e com o ODBC, podendo considerar o Allplan como uma ferramenta para modelagem nD.

O Allplan é o segundo *software* BIM mais antigo e um *software* nativo, como pode ser visto na Figura 9, que apresenta a cronologia dos *softwares* até o ano de 2008. Para o autor, as aplicações nativas são *softwares* que foram desenvolvidos com a finalidade do BIM, o que é diferente de *softwares* CAD, que foram adaptados para utilizar a metodologia, como o Bentley Architecture e o AutoCAD Architecture. Alguns benefícios dessas aplicações nativas são: desenvolvimento do zero; maior desempenho do software, e maior coerência interna (BEDOLLA et al., 2004).

Figura 9 - Cronologia dos softwares BIM até o ano de 2008

	AUTODESK INVENTOR	PTC Pro/ENGINEER	GRAPHISOFT ARCHICAD	NEMETSCHEK ALLPLAN	AUTODESK REVIT	AUTODESK AUTOCAD ARCHITECTURE
1982			ArchICAD 1			
1983						
1983						
1983						
1984				Allplan 1		
1985						
1986						
1987		Pro/ENGINEER 1.0	ArchICAD 3.1			
1988						
1989						
1990						
1991		Pro/ENGINEER 8.0	ArchICAD 4.1			
1992		Pro/ENGINEER 9.0				
1993		Pro/ENGINEER 10.0	ArchICAD 4.12			
1994		Pro/ENGINEER 13.0	ArchICAD 4.5			
1995		Pro/ENGINEER 15.0	ArchICAD 4.55			
1996		Pro/ENGINEER 16.0	ArchICAD 5.0	Allplan 14		
1997		Pro/ENGINEER 17.0	ArchICAD 5.1			
1998		Pro/ENGINEER 19.0	ArchICAD 6.0			Architectural Desktop 1
1999	Inventor 1	Pro/ENGINEER 2000i	ArchICAD 6.5	Allplan 15		Architectural Desktop 2
2000	Inventor 2	Pro/ENGINEER 2000i			Revit 1 i 2	Architectural Desktop 3
2001	Inventor 5	Pro/ENGINEER 20001	ArchICAD 7.0		Revit 3 i 4	Architectural Desktop 3.3
2002	Inventor 5.3	Pro/ENGINEER Wildfire 1.0	ArchICAD 8.0		Revit 5 (Autodesk)	
2003	Inventor 7		ArchICAD 8.1	Allplan 16	Revit 6	Architectural Desktop 2004
2004	Inventor 9	Pro/ENGINEER Wildfire 2.0	ArchICAD 9	Allplan 17	Revit 7	Architectural Desktop 2005
2005	Inventor 10			Allplan FT 2005	Revit Building 8	Architectural Desktop 2006
2006	Inventor 12	Pro/ENGINEER Wildfire 3.0	ArchICAD 10	Allplan FT 2006	Revit Building 9	Architectural Desktop 2007
2007	Inventor 2008		ArchICAD 11	Allplan FT 2006	Revit Architecture 2008	AutoCAD Architecture 2008
2008	Inventor 2009	Pro/ENGINEER Wildfire 4.0	ArchICAD 11	Allplan FT 2008	Revit Architecture 2009	AutoCAD Architecture 2009

Fonte: (BEDOLLA et al., 2004)

2.9.6 Revit

O Revit é desenvolvido pela Autodesk, é um produto líder com relação aos *softwares* no mercado BIM (CATELANI, 2016d). Uma das explicações para este feito é a sua similaridade com o AutoCAD, *software* amplamente difundido na indústria, visto que ambos os são do mesmo desenvolvedor. Além disso, possui uma interface simplificada, o que facilita a aprendizagem até mesmo dentro da sala de aula. O Revit também é usado por arquitetos e engenheiros, por conta do seu bom processamento gráfico.

Segundo Braga M. et al (2014), o Revit não é orientado por *layers*, como no AutoCad, mas sim por famílias, que trazem propriedades de configurações e parametrizações, o que gera facilidade ao projetar. Outro diferencial são as folhas de plotagem, que o *software* muda automaticamente à medida que ocorre uma alteração em qualquer uma das vistas. Coelho e Novaes (2008) afirmam que o recurso *worksharing* do Revit oferece suporte à colaboração de multiusuários, permitindo acesso simultâneo a um modelo do edifício compartilhado entre vários usuários. É evidente que, para isso, todos profissionais envolvidos no desenvolvimento dos projetos necessitam utilizar o *software* Revit.

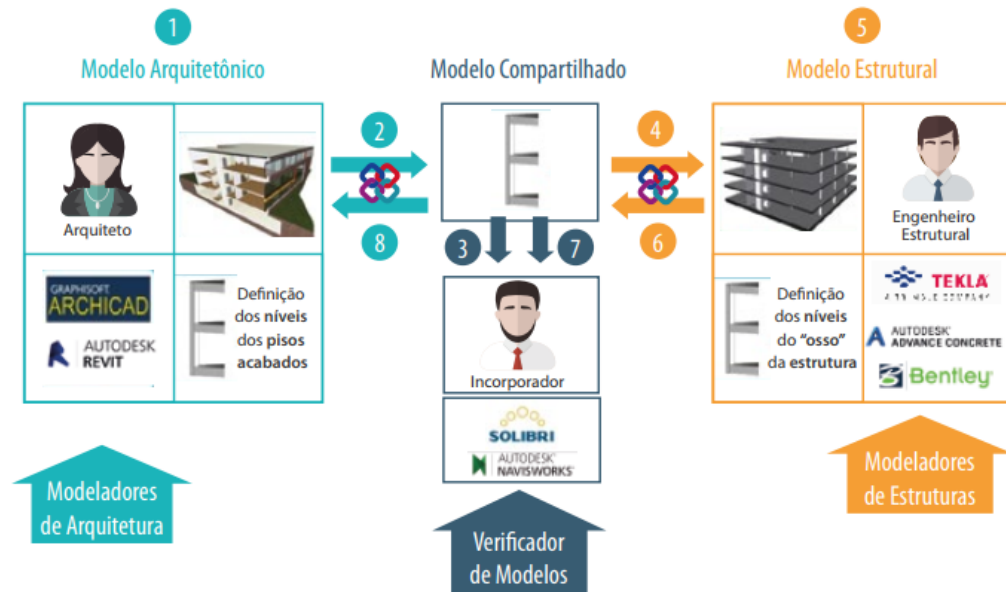
De acordo com a Autodesk (2021a), os principais recursos do *software* são a visualização e o projeto em 3D, alta qualidade na documentação, a visualização e comunicação de forma clara, visto que é possível obter informação em qualquer fase do projeto, a renderização mais realista e o auxílio na verificação da quantidade de materiais. Este também é um dos *softwares* utilizados nesse trabalho.

2.9.6.1 Navisworks

Segundo a desenvolvedora Autodesk (2021b), o programa foi pensado para melhorar a coordenação do BIM, sendo a sua principal ferramenta para verificação de interferência. Portanto, o Navisworks não é um programa desenvolvido para modelagem do projeto, como plantas arquitetônicas, e muito menos para desenvolvimento de tarefas complementares, como modelagem de plantas elétricas e hidráulicas ou estruturais, como pode ser observado na Figura 10. Com o *software*, identificam-se erros, ou seja, ele é capaz de identificar se uma tubulação está passando por uma janela, por exemplo. Segundo Mello (2012), a interface do Autodesk Navisworks tem a estrutura semelhante a outras soluções Autodesk, como o Autodesk Revit e o AutoCAD.

Para Catelani (2016d), o *software* permite que o projetista veja de forma global os modelos e dados integrados de acordo com o interesse desejado. Este programa é qualificado para checagem de interferências, simulação da construção e do canteiro de obras, o controle de cronogramas e custo, todas essas qualidades trazem maior confiabilidade e previsibilidade para o projeto.

Figura 10 - Verificador de Modelos, Navisworks



Fonte:(CATELANI, 2016c)

3. INTEROPERABILIDADE

Esta seção abordará a temática da interoperabilidade, assim como a sua base estrutural, o *Industry Foundation Classes* (IFC).

3.1 BIM colaborativo

Nas décadas passadas, o projeto de arquitetura era realizado sem a integração com os demais projetos complementares, como o projeto de instalação e o projeto estrutural, o que representa um modelo tradicional da construção civil. A compatibilização de projeto, nada mais é do que um entrosamento entre os profissionais de todos os setores de projeto. O que gerou, por vezes, principalmente nas grandes empresas, um engenheiro de projetos especializado em analisar o resultado antes da emissão do desenho para a obra. Mas, ainda assim, a compatibilização de projeto dessa forma não rompeu com a natureza fragmentada da construção civil (CARDOSO, 2014).

Nos dias de hoje, com o advento da metodologia BIM, desenvolveu-se o conceito de engenharia integrada, através do qual o projetista fica ciente de todas as possibilidades na fase do planejamento aperfeiçoando o processo de projeto. O termo adotado nesse texto será "engenharia integrada", contudo, a academia utiliza diferentes termos para tal metodologia, tais

como, engenharia simultânea, desenvolvimento integrado de produtos, engenharia concorrente, engenharia paralela e engenharia avançada (CARDOSO, 2014).

A complexidade dos empreendimentos nos dias de hoje exige novas soluções para gerenciar as informações, portanto, tem-se “expandido o uso das TIC, possibilitando controlar dados digitais dos projetos com geometria mais complexa, assim como programar a sequência de atividades relativas à construção.” Além disso, processos colaborativos agregados ao uso das TIC têm alterado todo o paradigma fordista-taylorista que era utilizado nas últimas décadas (FLORIO, 2007).

Segundo Mikaldo e Scheer (2008), quanto maiores forem os esforços gerados para uma engenharia integrada, menores serão os esforços necessários para uma compatibilização de projeto. Os autores ainda afirmam que a compatibilização de projeto pode complementar a engenharia integrada a fim de capturar falhas pela falta de integração entre as equipes, as tarefas e consequentemente os projetos, mas não substituir. Para Addor et al (2010), a interdependência entre todos os integrantes da cadeia produtiva da construção civil é grande e direta, pois seu ciclo de vida é extenso e sucessivo.

A Modelagem da Informação da Construção de forma colaborativa, entre diversas áreas, durante todo o ciclo do projeto, é importante para a integração do processo e gerenciamento da informação no processo da construção civil, principalmente por conta das exigências do mercado dinâmico atualmente (JUNIOR, 2001). Para Ruschel e Crespo (2007), as principais justificativas para tais atividades colaborativas são: a especialização cada vez maior das diferentes áreas de projetos; formação de equipes de projeto localizadas em diferentes localidades, e o crescimento do uso de tecnologias nas obras.

Segundo Fabrício e Melhado (2002), as principais características da engenharia integrada são:

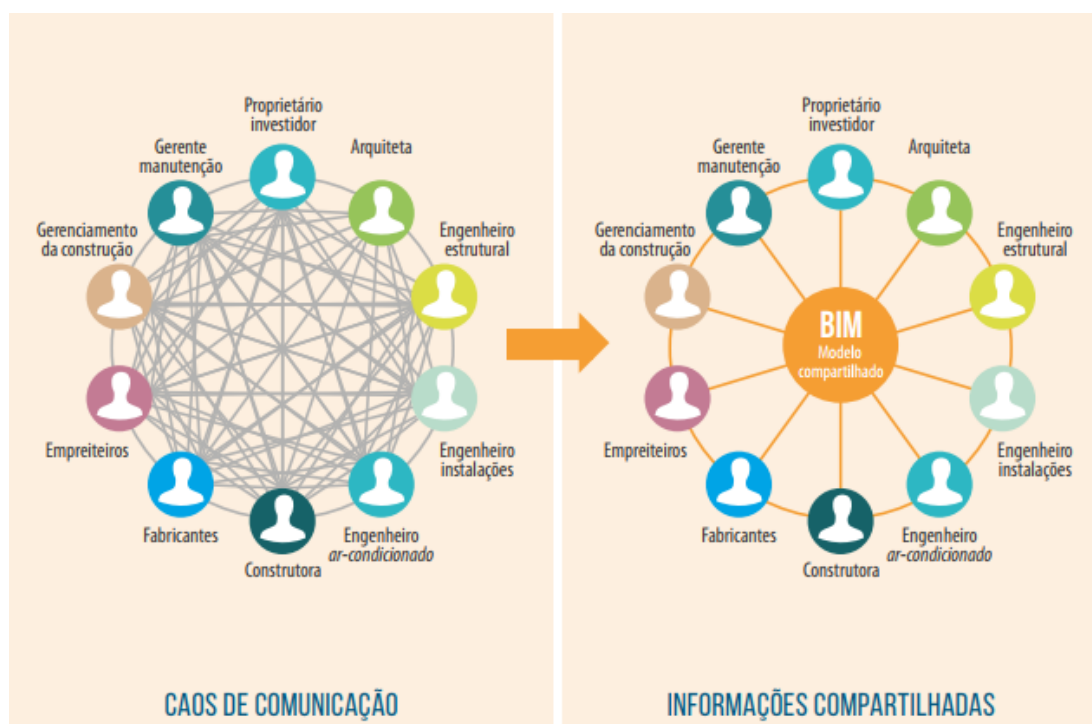
1. Ênfase no momento da concepção do produto e valorização do projeto;
2. Desenvolvimento conjunto de projetos do produto e da produção;
3. Formação de equipes de projeto multidisciplinares e coordenadas, e
4. Utilização de novas tecnologias de forma a satisfazer os clientes e usuários do produto.

Os principais benefícios da engenharia integrada são:

1. Redução do tempo de projeto;
2. Introdução de inovações tecnológicas;
3. Ampliação da qualidade ao longo da vida útil de produtos e serviços, e
4. Aumento de eficiência dos processos produtivos de bens e serviços.

A diferença entre o processo tradicional e o modelo compartilhado está exatamente no fluxo de informações (Figura 11) entre várias disciplinas que, no primeiro caso, é caótica, e já o segundo caso é seguido de um encadeamento lógico em que o esforço realizado por um participante do processo pode ser aproveitado por outro participante de forma totalitária. É notório que ainda existem problemas relacionados ao modelo compartilhado, como a interoperabilidade de *softwares*, mas o importante, nesse caso, é observar e ressaltar que é usual viabilizar a realização do processo de troca de informações e interações (CATELANI, 2016a).

Figura 11 - Fluxo de informações



Fonte: (CATELANI, 2016d)

3.2 Origem da interoperabilidade

No início dos anos 80, já havia a necessidade de trocar dados entre *softwares*, uma vez que, naquela época, havia empresas pesquisando maneiras de dar suporte ao intercâmbio de modelos de produtos e objetos não apenas na indústria da engenharia civil, como também em setores de projetos de plantas industriais, projetos de tubulações e entre os *softwares* de listas de materiais e análises. O Intergraph era o sistema CAD mais utilizado na época e por causa disso um grupo de empresas surgiu para traduzir arquivos de projetos do Intergraph para outros *softwares* (EASTMAN et al., 2014).

Grupos como o Ministério da Defesa dos Estados Unidos da América e a Associação Alemã da Indústria Automotiva (VDA) também tinham interesse em uma interface comum para

um intercâmbio sem perdas de dados. Os primeiros formatos de intercâmbios de dados se limitavam, em sua maioria, ao intercâmbio de dados geométricos, como o IGES (Initial Graphics Exchange Specification), que foi um grande sucesso e ainda é amplamente utilizado pela comunidade de projetos e engenharia (BORRMANN et al., 2018; EASTMAN et al., 2014).

Para Eastman (2014), nos anos 90, a parametrização baseada em objetos foi um estímulo no desenvolvimento de ferramentas BIM, uma vez que a maior parte da fabricação de sistemas de construção estava migrando para a modelagem paramétrica e a fabricação auxiliada por computadores. Essas ferramentas podem planejar o corte da madeira, das chapas de compensado, além de fazer análises e a fabricação de estruturas em aço.

Ainda sobre o ponto de vista do mesmo autor, paralelo a essas modernizações, houve um movimento de interagir com as ferramentas BIM conforme elas foram sendo desenvolvidas. Um dos principais movimentos é dos profissionais da AECO, que buscaram o desenvolvimento dos modelos de dados através da padronização internacional *International Organization for Standardization* (ISO) para dar suporte a essa troca de produtos e objetos. A Organização Internacional de Normalização (ISO) desenvolveu uma série de subnormas que unidas geraram a ISO 10303-11, definindo os métodos de notação gráfica, os formatos de arquivos para instancias em diferentes e as interfaces uniformes de processamento da informação (BORRMANN et al., 2018).

Outra importante associação criada em 1997 foi a *Internacional Alliance for Interoperability*, uma organização sem fins lucrativos, cujo objetivo era suportar o desenvolvimento integrado de aplicações. Hoje essa organização internacional chama-se *BuildingSMART Internacional* e as necessidades atuais da indústria foca no *Industry Foundation Classes* (IFC), um formato de dados público (EASTMAN et al., 2014). Andrade e Ruschel (2009) afirmam que as bases do IFC no padrão internacional foram intituladas como *Standard for Exchange of Product Model Data* (STEP), que surgiu em 1984 após um empenho da ISO na criação de um padrão para representação e troca de informações de produto. Esse padrão internacional de uso geral é a ISO-STEP, tendo a linguagem EXPRESS como principal produto.

3.3 O que é interoperabilidade?

Segundo Eastman (2014), é inviável que um único programa consiga resistir a todas as tarefas de um projeto por mais complexo e robusto que esse programa seja. Além disso há um interesse natural por parte da equipe de projeto de misturar e combinar aplicações de forma que

proporcione uma maior eficiência no projeto, ou seja, indo além da funcionalidade que cada *software* pode oferecer sozinho. A interoperabilidade é ainda mais desejada quando envolve grandes equipes por conta da complexidade de um grande projeto e pelo poder público a fim de evitar o monopólio de uma única plataforma.

De acordo com o site Whatis (2021), a interoperabilidade é a capacidade de diferentes sistemas, dispositivos, aplicações ou produtos, de funcionar com outros sistemas, dispositivos, aplicações ou produtos sem esforço especial por parte do cliente. “Interoperabilidade é a habilidade que dois ou mais sistemas ou componentes possuem de trocar informações e utilizar as informações que foram trocadas” (Institute of Electrical and Electronics Engineers, p. 75, apud CATELANI, 2016d).

Catelani (2016c) explica o conceito de interoperabilidade de uma maneira simples e com uma teoria acessível. O autor traça um paralelo com os diversos idiomas existentes e demonstra como a interoperabilidade funciona através de um exemplo comum atualmente. A metáfora segue: duas pessoas que falam idiomas nativos diferentes, mas ambas falam uma segunda língua em comum, como o inglês, por exemplo, então, a comunicação é válida e utiliza como artifício uma língua neutra.

Segundo Borrmann (2018), a ideia do BIM é baseada no uso consciente de operações de intercâmbio de dados, o que evita a necessidade da reinserção manual de informações previamente introduzidas, reduzindo os riscos gerados correspondentes a essas ações. Portanto, a interoperabilidade é uma solução que elimina a necessidade de recriar dados já existentes do projeto, o que facilita o fluxo de informação entre múltiplos aplicativos, gerando uma automação dos processos (EASTMAN et al., 2014).

Os intercâmbios de dados entre duas aplicações são feitos de três maneiras possíveis:

1. Formato proprietário: é um processo de intercâmbio de dados desenvolvido por uma empresa para viabilizar a comunicação entre dois *softwares* diferentes em específico. Esse formato normalmente é usado por uma empresa para interagir com o aplicativo daquela companhia, como é o caso do formato *Data eXchange Format* (DXF) definido pela Autodesk. Em geral, esse tipo de processo não gera perda de dados, ou seja, são mais seguros, visto que não há a necessidade de considerar configurações externas e desconhecidas.
2. Formato público para um segmento específico: é um processo de intercâmbio de dados que utiliza um padrão aberto para o modelo de construção, mas, nesse

caso, é desenvolvido para um segmento específico, por exemplo, o *CimSteel Integration Standard* (CIS/2), que é voltado para projetos estruturais metálicos.

3. Formato público e aberto: é um processo de intercâmbio de dados que utiliza um padrão aberto para o modelo de construção; nesse caso, o formato suporta diversas codificações e pode ser utilizado em diversos segmentos, como é o caso do IFC (CATELANI, 2016d; EASTMAN et al., 2014).

3.4 Industry Foundation Classes

O conceito de interoperabilidade deriva da comunicação clara entre dois *softwares* que utilizam linguagens operacionais diferentes, portanto, esse conceito define muito bem a ideia por trás do IFC (CATELANI, 2016c). Segundo Eastman:

o IFC é um modelo de dados de produto desenvolvido pela indústria, para projeto e para o ciclo de vida completo de construção, suportado pela *BuildingSMART Internacional* (EASTMAN et al., 2014).

Para Menegotto (2015), um modelo de informação deve apresentar as características completas, tanto físicas como funcionais, de um empreendimento durante a concepção do projeto, conformando um modelo digital do empreendimento que servirá como suporte a todas as decisões relacionadas ao projeto.

O IFC tem mais relevância para esse estudo, pois, de acordo com a *BuildingSMART Internacional* (2021), é um modelo com formato aberto e neutro, ou seja, não pertence a nenhuma empresa específica. Além disso, pode ser usado tanto na arquitetura quanto na engenharia para planejamento, projeto, construção e gerenciamento de edificações. Já o CIS é voltado para a fabricação de aço estrutural, mas ambos usam a linguagem EXPRESS (EASTMAN et al., 2014).

A *BuildingSMART Internacional* (2021) afirma que a interoperabilidade é a chave para a transformação digital na indústria de bens de construção e diz que o modelo IFC codifica de forma lógica, por exemplo:

1. Identidade e semântica: nome, identificador único legível por máquina, tipo de objeto ou função;
2. Características ou atributos: material, cor, propriedades térmicas;
3. Relacionamentos: incluindo locais, conexões;
4. Objetos: colunas ou lajes;
5. Conceitos abstratos: desempenho, custo, tempo;

6. Processos: instalação, operações, e
7. Pessoas: proprietários, designers, empreiteiros, fornecedores etc.

O desenvolvimento futuro do IFC está relacionado, principalmente, à inclusão de mais objetos e mais funções para expandir a capacidade dos *softwares*, e não somente para eliminar falhas e evitar propagação de erros. O desenvolvimento IFC refere-se também a áreas como a gestão de instalações, o planejamento paisagístico, o desenvolvimento urbano, entre outras. Quaisquer utilizadores (CAD) têm o direito de fazer sugestões de novos elementos e melhorias para *BuildingSMART Internacional*, e não somente os membros da iniciativa (NIEDERMAIER; BÄCK, 2014).

A primeira versão do IFC a ser publicada pode ser considerada como uma espécie de protótipo e foi rapidamente substituída pela versão 2.0, que é muito mais estável do que a versão anterior. Desde então cada nova versão baseia-se na já existente e limita-se a expandi-la e estendê-la, assegurando, assim, um maior crescimento na compatibilidade entre os *softwares*. Foi desenvolvido, portanto, um total de 4 versões "X":

- IFC 2x;
- IFC 2x2;
- IFC 2x3;
- IFC 4, versão atualizada da *BuildingSMART Internacional* (NIEDERMAIER; BÄCK, 2014).

A *BuildingSMART Internacional* (2021) fornece uma plataforma para fazer a certificação dos *softwares* e afirma que um número crescente de organizações tem obtido a certificação dos produtos da empresa.

3.5 Linguagem de modelagem de informação EXPRESS

O IFC pode ser transmitido por serviços da web, importado ou exportado em arquivos ou gerenciado em bancos de dados centralizados ou compartilhados, podendo ser utilizados dados em diferentes formatos, tais como XML, JSON e STEP. (BUILDINGSMART, 2021). Sabe-se que a linguagem EXPRESS é resultado da organização ISO-STEP e tornou-se a ferramenta central para dar suporte à modelagem de produtos não só para a área da construção civil, mas para setores como: construção de embarcação, plantas de processos, modelos de elementos finitos, entre outros (EASTMAN et al., 2014). Segundo Kern et al (1996), o formato STEP visa representar a troca de dados do produto ao longo do seu ciclo de vida. Seu trabalho é de capturar a semântica, ou seja, o STEP foca na utilização da informação no processo e onde

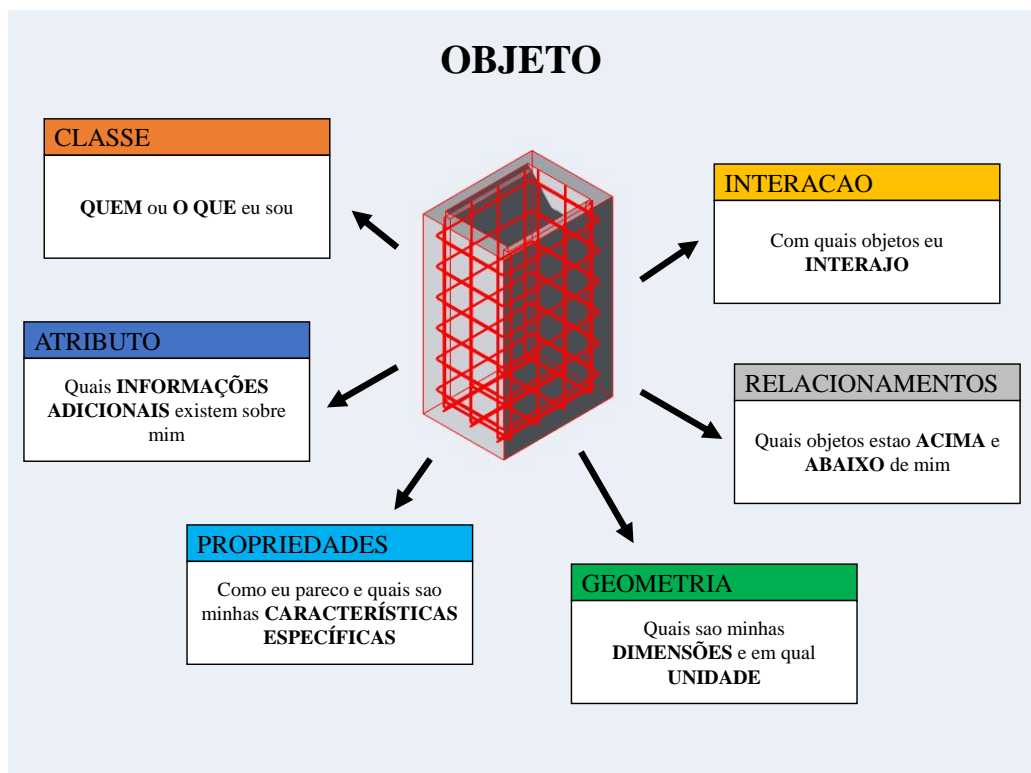
ela vai ser utilizada. A linguagem de modelagem de informação EXPRESS foi projetada para ser a linguagem de modelagem do STEP porque nenhuma outra linguagem parecia ser apropriada para representar a riqueza de modelos de dados de produtos.

A linguagem EXPRESS tem o estilo Pascal, pois é orientada por objetos, declarativa e com “*object-flavored*”, como na Figura 12. Além disso, possui como características principais:

- O *Data Description Language* (DDL), uma linguagem de computador utilizada para definição de estruturas de dados;
- Tecnologia independente;
- “*Object flavored*”, o que não restringe aos sistemas orientados por objetos, e
- Legível por humanos, mas processado por computadores, contudo, não é executável.

A linguagem EXPRESS não é uma linguagem de programação, uma metodologia e, tampouco, um *Data Manipulation Language* (DML), ou seja, não é utilizada para recuperação, inclusão, remoção e modificação de informações em banco de dados (KERN; BØHN; BARCIA, 1996).

Figura 12 - Objeto BIM



Fonte: Adaptado (NIEDERMAIER; BÄCK, 2014)

3.6 Open-BIM

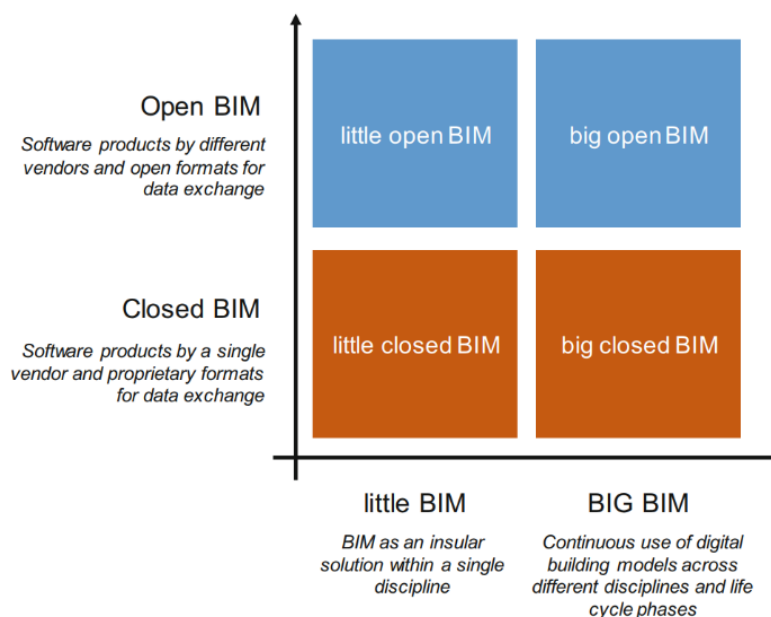
Como pode ser observado, a prática do BIM tem um potencial de troca de informação, portanto, é um processo colaborativo, que pode ser utilizado ao longo do ciclo de vida do empreendimento. Tal abordagem aderida aos padrões internacionais e procedimentos de trabalho gera o formato de dados abertos ou *open-BIM*, que permite fluxos de trabalho digitais baseados em formatos neutros como o IFC, BCF, COBie, gbXML etc. O *open-BIM* promove a conexão de pessoas, processos e dados para atingir metas de entrega, operação e manutenção de ativos (BUILDINGSMART, 2021). Segundo Juan e Zheng (2014), “o *open-BIM* é o método de gerenciamento de dados e modelo que não depende de software ou formato específico”.

Para Boorman (2018), o *open-BIM* é utilizado para permitir que os dados sejam trocados entre produtos por diferentes fornecedores de *software*. Sua execução pode significar que os dados continuarão a ser legíveis por muitos anos. Isso é importante devido à longevidade dos empreendimentos que normalmente se estende por décadas. O autor afirma também que o IFC se tornou o formato definitivo para implementar o *open-BIM*, pois ele já é suportado por muitos aplicativos de *software* BIM.

Segundo o mesmo autor, foi realizada uma divisão de diferentes níveis de implementação do BIM, como apresentado na Figura 13: *Little-BIM* e *big-BIM*, que estão relacionados à extensão do uso do BIM: *Closed-BIM* e *open-BIM*, que distinguem entre o uso exclusivo de produtos de *softwares* ou intercâmbio de dados abertos e neutros para o fornecedor. O *closed-BIM* se define como *softwares* feitos por um único desenvolvedor, ou seja, formato proprietário de troca de dados. Já para diferenciar os termos *big-BIM* e *little-BIM*, tem-se que o *little-BIM* é uma aplicação do *software* para realizar uma tarefa específica, muitas vezes esta é a criação de um modelo de construção. Portanto, por mais que exista um ganho na eficiência da tarefa, a metodologia BIM não é aplicada de uma forma abrangente. Por fim,

o *big-BIM* oferece oportunidades praticamente ilimitadas e grande parte do foco no BIM atualmente está no uso do *big-BIM*, por desempenhar melhorias nos processos tradicionais de processo e construção (JERNIGAN; ONUMA, 2008).

Figura 13 - Diferenças entre os termos



Fonte: Adaptado (BORRMANN et al., 2018)

3.7 Benefícios e limitações da interoperabilidade

A interoperabilidade favorece a realização de modelagens digitais de edifícios com um alto nível de detalhes, incluindo a descrição das minuciosidades da construção, a modelagem de todos os elementos e espaços do edifício, assim como as relações recíprocas entre eles (BORRMANN et al., 2018). Para a *BuildingSMART Internacional* (2021),

o *open-BIM* melhora: a colaboração para entrega de projetos, o gerenciamento de ativos, a amplitude dos produtos BIM, a adesão aos padrões internacionais e processos de trabalho comumente definidos, os aplicativos de software e automação de tecnologia.

De acordo com Ruschel (2014), umas das principais restrições nos modelos de concepção digital que o BIM pode mediar é a interoperabilidade, além da ênfase ferramental. Para a professora Ruschel, a solução dessa problemática é de responsabilidade da ciência da computação e deve ser uma meta prioritária dos fornecedores de tecnologia. Eastman (2014) também faz uma ressalva importante sobre essa filosofia de trabalho colaborativo do BIM, visto que a filosofia é algo que ainda está se aperfeiçoando, já que é necessário que esta tenha êxito, porque muito do seu valor está na promessa de uma boa eficiência da interoperabilidade entre *softwares*.

Segundo Borrmann (2018), o que diferencia o setor de construção civil das outras indústrias são os diversificados produtos em uso e a quantidade de fornecedores de *software* no mercado. Em outras indústrias, como a fabricação de automóveis e aeronaves, os principais fabricantes estipulam quais produtos de *software* seus fornecedores devem utilizar. Em comparação com essas indústrias estacionárias, o setor da construção civil tem várias condições que tornam mais difícil atingir o objetivo de intercâmbio de dados sem perdas:

- O projeto de um edifício e a sua construção são tipicamente realizados por empresas diferentes;
- O planejamento da construção normalmente tem várias fases que são frequentemente realizadas por escritórios de planejamento diferentes;
- Normalmente há vários projetistas diferentes especializados envolvidos no projeto, e possivelmente cada um deles atua em diferentes empresas, e
- O setor da construção civil é muito fragmentado, com inúmeras pequenas e médias empresas.

Ainda segundo o mesmo autor, o IFC é um padrão usado em todo o mundo e está sendo empregado tanto no setor público quanto no setor privado. Em virtude de muitas empresas utilizarem diferentes aplicativos, normas uniformes são difíceis de se aplicar, assim, as autoridades públicas são obrigadas a ser imparciais. Da mesma forma, os clientes públicos e privados não devem se tornar muito dependentes de qualquer produtor de *software* para evitar o bloqueio do fornecedor.

4. MODELAGEM E INTEROPERABILIDADE BIM

4.1 Objeto de estudo

O modelo digital desenvolvido neste trabalho é o bloco A do Polo Universitário, na cidade de Macaé, no estado do Rio de Janeiro, Brasil. De acordo com a prefeitura municipal de Macaé (2021), o empreendimento foi inaugurado em 2007. Em razão disso, as suas plantas baixas, fachadas, cortes e cobertura já eram documentos existentes. A edificação é constituída de 3 pavimentos e tem alguns diferenciais, como uma rampa e uma escada de acesso ao 2º e 3º pavimento, brises nas janelas da fachada e um quebra-vento de alvenaria no entorno das fachadas, conforme as Figuras 14 e 15.

Figura 14 - Bloco A do Polo Universitário de Macaé



Fonte: (GOOGLE MAPS, 2021)

Figura 15 - Fachada do bloco A do Polo Universitário de Macaé



Fonte: (Prefeitura municipal de Macaé, 2021)

Os ambientes do primeiro pavimento da edificação foram divididos entre o pátio (onde fica localizada a entrada principal da edificação), 4 banheiros sanitários, jardim, corredor, 6 salas referentes à secretaria acadêmica, 3 salas dos professores, 1 sala do diretório acadêmico, 1 sala de apoio ao auditório, 1 refeitório e 2 armários, com um total de 1759,85 m². Já no

pavimento tipo (2º e 3º pavimento), o empreendimento divide-se em 15 salas de aulas, corredor e 2 banheiros sanitários. Cada pavimento possui 1440,70 m², o que gera um total relativo ao 2º e 3º pavimento de 2881,40 m². Somando todos os três pavimentos aqui citados mais a área da escada de 48,25 m² e da rampa de 138,51 m², obtém-se a área total construída de 4828 m².

Os pilares alocados no 1º pavimento e que foram emergidos até o 3º pavimento têm dimensões de: 0,20 x 0,60 m; 0,60 x 0,20 m; 0,40 x 0,40 m; 0,30 x 0,60 m, todos posicionados conforme foram destinados na planta baixa disponibilizada. Todas as alvenarias foram modeladas em bloco de tijolos com 9 cm de espessura, e o auditório situado no 1º pavimento recebeu revestimento acústico em todo o seu entorno.

Foram alocadas portas de 0,60 x 2,10 m sem visor, 0,80 x 2,10 m com visor e 0,90 x 2,10 m com ou sem visor. Além dessas, foram utilizadas também portas do tipo camarão na entrada do prédio (3,50 x 2,70 m) e na entrada do auditório (3,15 x 2,70 m). E, por fim, as portas de armário do tipo venezianas de 0,90 x 2,10 m e 1,20 x 2,10 m, portas inseridas na sala de apoio ao auditório no 1º pavimento.

Tabela 1 - Quadro de portas

Quadro de esquadrias - Portas				
Nome	Contagem	Largura	Altura	Descrição
P1	39	0.90	2.10	PORTA COM VISOR
P1S	9	0.90	2.10	PORTA SEM VISOR
P4	2	0.60	2.10	PORTA SEM VISOR
P5	2	0.80	2.10	PORTA SEM VISOR
PAC	2	3.50	2.70	PORTA TIPO CAMARÃO
PAC2	1	3.15	2.70	PORTA TIPO CAMARÃO
PV	1	0.90	2.10	PORTA TIPO VENEZIANA
PV2	1	1.20	2.10	PORTA TIPO VENEZIANA
Total geral: 57				

Fonte: Autora

As divisórias com portas dos sanitários são: 0,60 x 1,90 m com 1,30 m de profundidade e, para o sanitário de deficiente, foram utilizadas portas de 0,90 x 1,90 m e 1,60 m de profundidade. Essas divisórias com portas não entraram no exemplo da tabela de quantitativo de portas, visto que não são portas, e sim divisórias com portas.

Todas as janelas da edificação são de alumínio e têm suas dimensões definidas conforme a tabela desenvolvida no Revit. É importante lembrar que o desenho do prédio universitário

é uma remodelagem e por isso não foi alterado a sequência das janelas de forma a evitar confusão do leitor. A partir desse ponto, pode-se notar que o quadro de esquadrias contém 167 janelas, divididas conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Quadro de janelas

Quadro de esquadrias - Janelas					
Nome	Contagem	Largura	Altura	Altura do peitoril	Descrição
J1	18	4.00	1.50	1.20	JANELA DE CORRER
J3	112	0.93	1.50	1.20	JANELA MÁXIMO AR
J4	2	3.15	0.80	1.95	JANELA MÁXIMO AR
J5	6	3.00	0.60	2.00	JANELA MÁXIMO AR
J6	1	2.00	0.80	1.95	JANELA MÁXIMO AR
J7	1	0.80	0.60	2.00	JANELA MÁXIMO AR
J8	17	1.14	2.70		PAINEL FIXO
J9	8	2.00	1.50	1.20	JANELA MÁXIMO AR
J10	1	1.20	0.60	1.20	JANELA DE CORRER
J12	1	3.00	1.50	1.20	JANELA DE CORRER
Total geral: 167					

Fonte: Autora

A respeito dos revestimentos do piso do 1º pavimento e do pavimento tipo, tem-se piso cerâmico de 0,30 m x 0,30 m em todos os sanitários, carpete no auditório, granito nas escadas e na rampa de acesso, e nos demais ambientes foi utilizado piso do tipo Korodur. No teto, foi utilizado forro de fibra mineral em todos os ambientes, exceto no pátio e nos banheiros, onde foi utilizado o forro em gesso conforme as plantas disponibilizadas. Por último, o telhado constituído de 4 águas, 2 calhas principais, 2 calhas auxiliares, uma laje impermeabilizada que protege a escada e uma cobertura de polycarbonato que protege a rampa e a escada.

4.2 Revit

As ferramentas de modelagem essenciais da plataforma Revit 2021 serão listadas no decorrer da seção. Tais ferramentas são a base para a construção de um modelo digital em uma plataforma habilitada para BIM.

4.2.1 Interface

O Revit é um *software* bem versátil, logo, ao ser aberto, o programa pergunta ao usuário que tipo de modelo será desenvolvido. As opções são:

- Modelo de arquitetura;
- Modelo estrutural;
- Modelo mecânico;
- Modelo de sistemas elétricos, e
- Modelos de sistemas hidráulicos.

Neste projeto foi utilizado o modelo de arquitetura. Um adendo importante antes de iniciar o capítulo é a utilização dos atalhos de comando sem a necessidade de pressionar *enter*. Isso agiliza o processo do desenho, mas cabe ao projetista saber ou pesquisar os atalhos de comando de cada função.

O *software* opera com o uso de *templates* que, de acordo com a Autodesk (2021a), podem ser definidos assim:

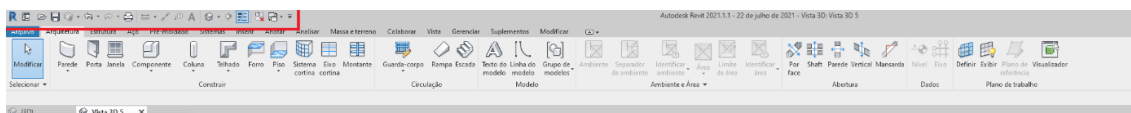
um *template* pode incluir modelos de visualização, famílias carregadas, configurações pré-definidas, tais como, unidades, padrões de preenchimento, estilos de linha, pesos de linha, escalas de visualização, e geometria, se desejado.

Estas particularidades facilitam muito o trabalho do projetista, pois, sem um *template* definido, o projetista necessita realizar pesquisas constantes para encontrar as famílias necessárias, como paredes, pilares, vigas, pisos, entre outros, além de gastar tempo com configurações básicas que dificilmente mudam de um projeto para o outro. Portanto, o *template* formatado gera economia no tempo do projeto.

Finalmente, ao iniciar o projeto, o usuário se depara com a tela principal do programa, que é composta pela:

- Barra de ferramentas de acesso rápido: que pode ser editada facilmente pelo usuário na parte superior da tela, como na Figura 16 (AUTODESK, 2021).

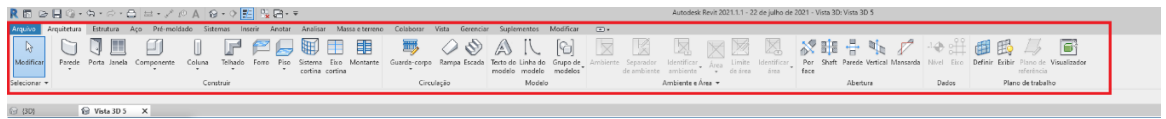
Figura 16 - Barra de ferramentas de acesso rápido



Fonte: Autora

- Barra de ferramentas: contém todas as ações que o Revit é capaz de exercer. Um exemplo é a aba de arquitetura, que permite inserir paredes, portas, janelas, telhados, entre outras ações, como é possível visualizar na Figura 17 (AUTODESK, 2021).

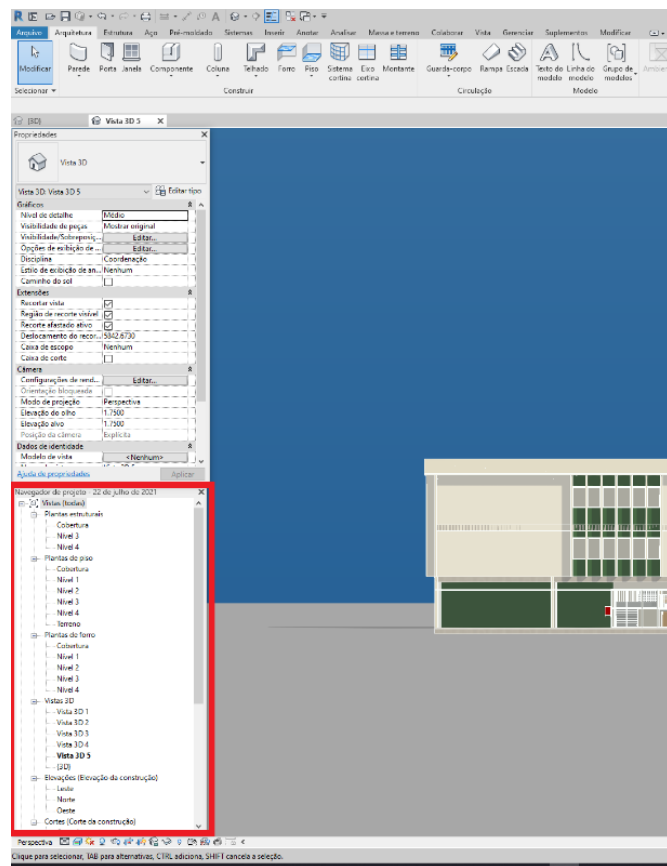
Figura 17 - Barra de ferramentas



Fonte: Autora

- Janela do navegador de projeto: responsável por mostrar ao usuário todas as vistas do projeto, tais como plantas de piso, visualizações 3D, plantas estruturais, cortes e fachadas. Podem ser exibidas também vistas secundárias, criadas de acordo com as necessidades do projeto, como as plantas de forro, hidráulica, esgoto. Além de organizar informações, como tabelas, famílias, grupos, folhas, legendas ou o que mais for necessário (AUTODESK, 2021). Como representado na Figura 18.

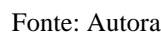
Figura 18 - Janela do navegador de projeto



Fonte: Autora

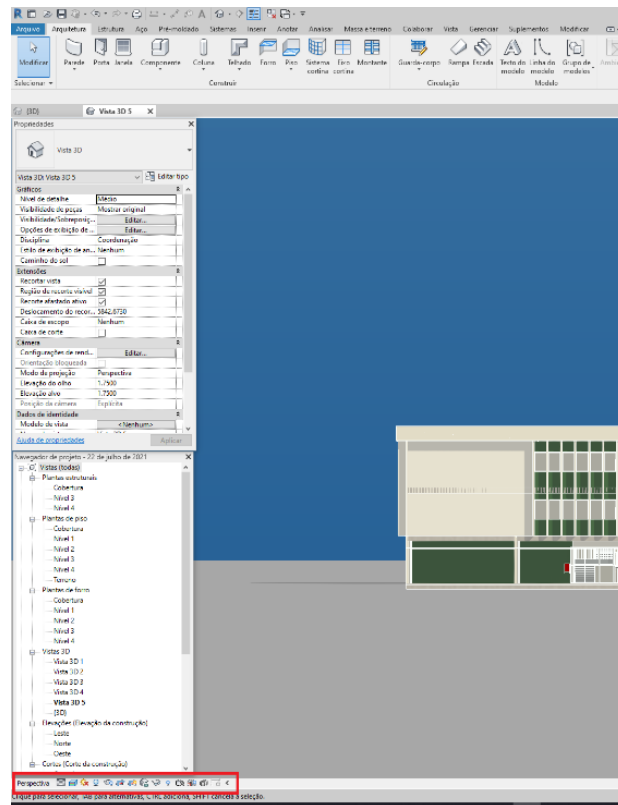
- Janela de propriedades: representação da ação que o *software* está atuando, ou seja, a janela exibe as propriedades do objeto que está selecionado. Se não houver seleção, a janela exibe as propriedades da vista atual. Por exemplo, quando o *software* está mostrando uma visualização 3D, a barra de propriedades

Figura 19 - Janela de propriedades



- 45

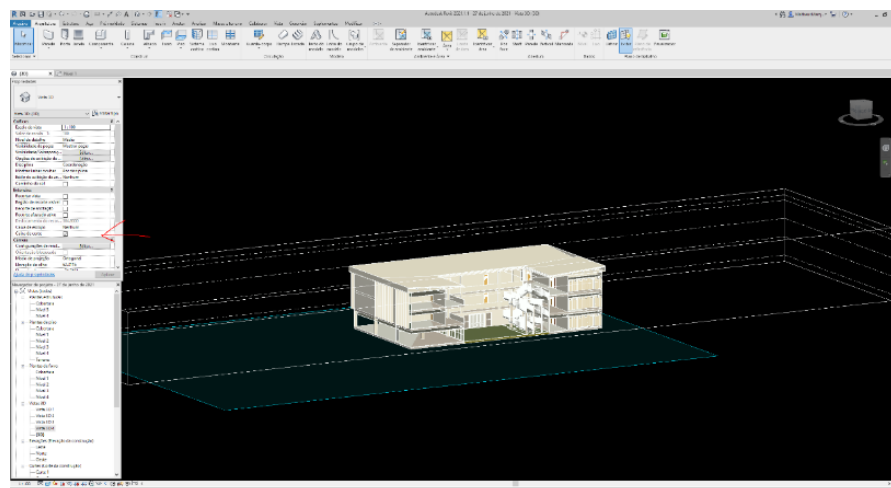
Figura 20 - Controle de vista



Fonte: Autora

Existem ferramentas indispensáveis que auxiliam o projetista a observar as circunstâncias do projeto. A caixa de corte é uma delas; na visualização 3D, ativa-se a ferramenta, que se encontra na seção “Extensões” dentro da caixa de propriedades, como na Figura 21. O que torna essa ferramenta eficiente é poder realizar um corte em qualquer momento do projeto e ainda poder caminhar com esse corte de acordo com as necessidades do projetista, gerando maior precisão.

Figura 21 - Caixa de corte



Fonte: Autora

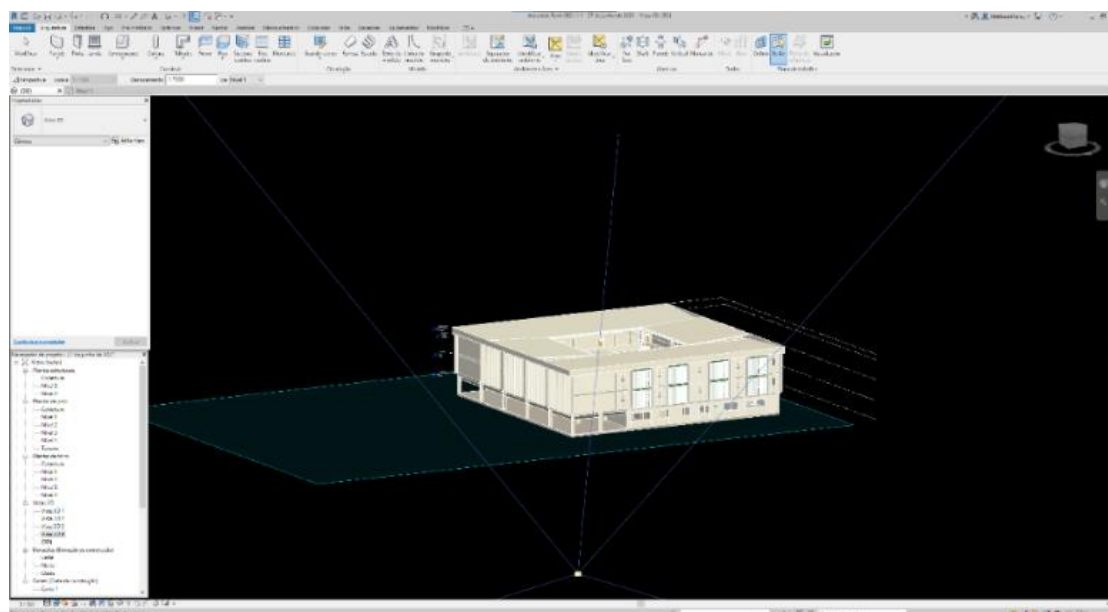
As tabelas de quantitativos podem ser geradas facilmente, com uma boa qualidade de informação. Esse recurso, sem dúvida, diminui muito os riscos de erros no planejamento de um empreendimento. Além disso, qualquer alteração realizada na tabela modifica automaticamente os demais desenhos. Por exemplo, caso seja necessário modificar o peitoril de todas as esquadrias do empreendimento, o projetista pode mudar tais informações na tabela, que automaticamente mudará no modelo, mitigando os erros, diminuindo o tempo do projeto.

Por vezes, não é usual ter um *template* completo que atenda a todos os diferentes tipos de empreendimento. Assim, o Revit permite que o usuário carregue várias famílias ao *template*, que podem ser encontradas em pesquisas na internet. É importante observar que existem famílias que não são parametrizadas, ou seja, não é possível alterar suas medidas e os demais parâmetros. Sua utilização não é indicada, visto que a parametrização é um dos principais benefícios da metodologia BIM.

As famílias podem ser divididas em: paredes, portas, janelas, componentes, colunas, telhados, forros, pisos, outros. É possível modelar uma nova família, caso o projetista não queira trabalhar com uma família existente, podendo adotar um *template* genérico de famílias.

Uma das principais vantagens do Revit é a visualização 3D humanizada, ou seja, ao selecionar um estilo visual do tipo realista, observa-se todas os detalhes do projeto de forma clara e limpa, gerando conforto na visualização. A ferramenta câmera opera nesse sentido, pois simula a visualização do empreendimento no ângulo definido pelo usuário, como na Figura 22.

Figura 22 - Câmera



Fonte: Autora

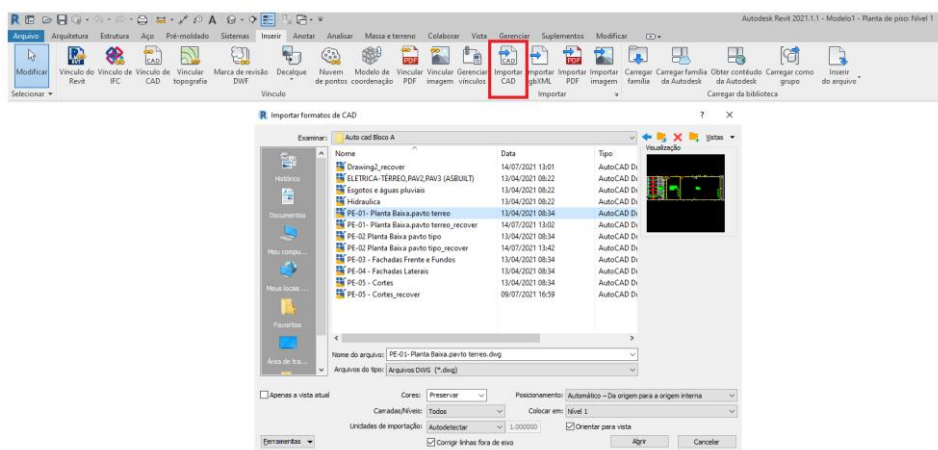
4.2.2 Modelagem

O *template* é a base do projeto, assim, o primeiro passo é formatar um *template* preexistente, para que ele atenda às necessidades específicas do modelo. Posteriormente, efetua-se a migração do AutoCAD para o Revit, pois o projeto do prédio universitário foi disponibilizado apenas em AutoCAD 2D. Os arquivos contêm desenhos do pavimento térreo, o pavimento tipo (2º e 3º pavimento), cortes, fachadas e cobertura, que foram utilizados como apoio para o desenvolvimento da modelagem no Revit.

A operação entre o AutoCAD e o Revit foi executada em 4 passos: abrir o Revit; clicar na aba ‘Inserir’, localizada na barra de ferramentas; ‘Importar CAD’ e, por fim, selecionar o arquivo do AutoCAD com o desenho do projeto; nesse caso, o 1º pavimento, como aparece na Figura 23. É importante configurar a forma de importar o arquivo para que fique como o projetista deseja, e logo após, clicar em ‘Abrir’. As configurações usadas neste estudo foram:

- Cores: Pretas e brancas;
- Camadas/níveis: todas;
- Unidade de importação: metro;
- Posicionamento: Auto – Centro para Centro, e
- Colocar em: Nível 1.

Figura 23 - Importar CAD



Fonte: Autora

O arquivo do AutoCAD, ao ser importado para o Revit, é apresentado ao operador como um bloco, no qual se faz necessário utilizar o comando ‘Explodir por completo’, de maneira que o projetista consiga fazer todas as adaptações e, por vezes, até as devidas limpezas no arquivo. Ressalta-se que, durante essa operação, não foi verificada nenhuma perda de informação. É importante observar que o recurso de utilizar um arquivo já desenhado no

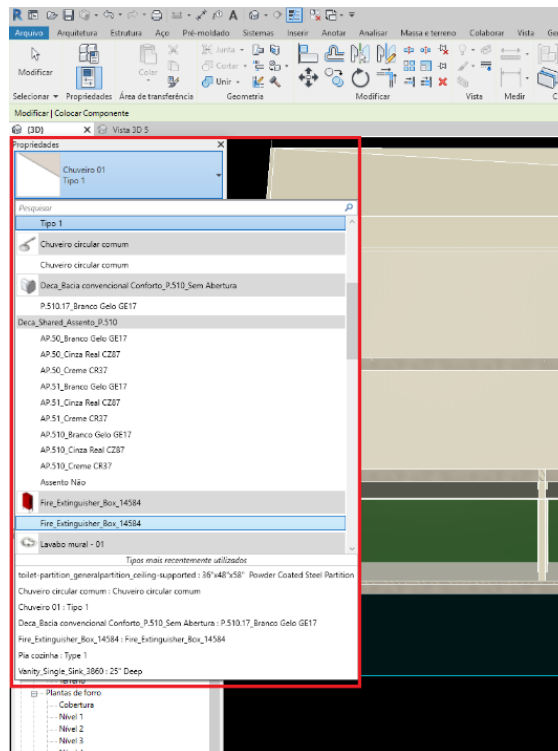
AutoCAD para o Revit economiza tempo do projetista, uma vez que as posições dos pilares já estão definidos, assim como as linhas das paredes e as posições das portas e janelas, o que auxilia na construção do modelo digital.

O *template* utilizado possui alguns tipos de parede, tais como, paredes de alvenaria, paredes cortinas, parede empilhada. No entanto, foram usados os modelos de parede básica de 9 cm em todo o empreendimento, com exceção para 2 salas do 2º pavimento e 2 salas do 3º pavimento, onde foram inseridas divisórias de 12 cm. Houve a necessidade de algumas modificações relacionadas aos diversos acabamentos descritos no projeto, como: o emboço com pintura, as pastilhas de 10 x 10 cm com cores do tipo bege ou verde e paredes com ou sem isolamentos acústicos.

Com o esboço do desenho no Revit, alocou-se as famílias conforme a necessidade da edificação, tais como: portas e janelas, brises, acessório do banheiro, entre outras. Algumas famílias foram obtidas por meio de portais especializados que disponibilizam os arquivos para download gratuitamente. A maneira mais usual de inserir a família no Revit é clicar no ícone da ferramenta “Porta”, aba “Modo”, ícone “Carregar família” e selecionar o arquivo na pasta em que foi salvo. Após a família ser carregada no programa, deve ser inserida no projeto. Toda família inserida exige um hospedeiro, caso contrário, o *software* lança um alerta de erro. No caso de uma porta, a família só pode ser inserida caso haja uma parede como hospedeira, por exemplo.

No caso de um *template* mais completo, não há a necessidade de carregar novas famílias, o programa permite a escolha da família em questão na janela de propriedades da família, conforme a Figura 24. Mas é importante ressaltar que quanto mais famílias o arquivo possuir, maior é o tamanho do arquivo.

Figura 24 - Janela de propriedades dos componentes



Fonte: Autora

A criação de escadas e rampas em *software* 2D exige o devido dimensionamento seguido do desenho, além da visualização do projeto ao desenhar cortes. O Revit facilita esse procedimento por meio da seção circulação da aba arquitetura, que dá acesso à ferramenta escada. Em “Componentes”, é possível criar uma escada predefinida de diversos modelos disponíveis ou fazer a própria escada clicando em “Criar um croqui”. Em todos os casos, é importante verificar na caixa de propriedades o pé direito a ser vencido e outras características desejadas. Para finalizar, deve-se clicar em “Concluir o modo de edição”. A Figura 25 é a representação da escada no modelo 3D do Revit.

Figura 25 - Escada



Fonte: Autora

Para a criação de rampas, deve-se clicar em “Arquitetura”, “Circulação”, selecionar “Rampa” e, ao entrar na aba, “Criar croqui da rampa”, selecionar “Desenhar”. Mais uma vez, existem as opções predefinidas ou as linhas onde desenha-se a própria escada. No caso da rampa, a janela de propriedades é muito importante, pois nela é possível definir premissas como: comprimento de inclinação máxima da rampa e a inclinação máxima da rampa, nível base e nível superior, além de outras características; para finalizar, deve-se clicar em “Concluir o modo de edição”. A Figura 26 é a representação da rampa no modelo 3D do Revit.

Figura 26 - Rampa



Fonte: Autora

O 2º pavimento foi modelado conforme a planta baixa e semelhantemente ao que foi feito no 1º pavimento, ou seja, utilizando os mesmos comandos já apresentados no texto. Como o 3º pavimento é idêntico ao 2º pavimento, não foi necessário modelar o 3º pavimento, mas, sim, realizar uma cópia.

Para realizar a cópia, foi necessário selecionar todo o 2º pavimento. Nesse momento, é importante observar se todos os itens foram selecionados, visto que, se não houver seleção de algum item, podem ocorrer erros no projeto. Então, deve-se clicar em “Modificar”, localizado na barra de ferramentas, selecionar “Área de transferência”, então “Copiar para a área de transferência”, selecionar “Colar” e, por fim, “Alinhado com os níveis selecionados”; nesse momento, foi selecionado o nível 3 e, após o “ok”, o 2º pavimento foi duplicado para o 3º pavimento.

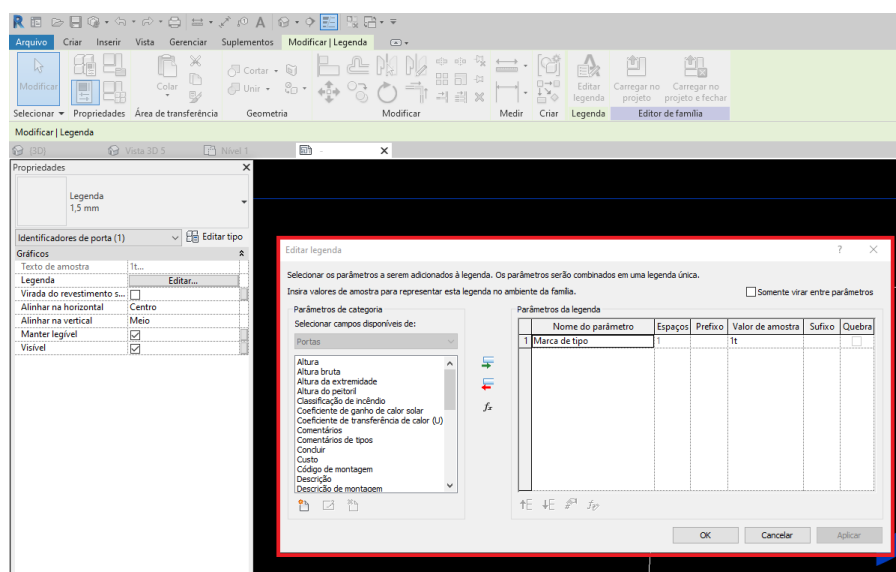
Para modelar o telhado, deve-se selecionar “Arquitetura” na barra de ferramenta, seleciona-se a seção “Construir”, e clica-se em “Telhado”. No caso desse empreendimento, usou-se o “Telhado por perímetro”, delimitando os perímetros do telhado através das ferramentas disponíveis e conforme a planta de cobertura. Mais uma vez a caixa de

propriedades é essencial para definir o tipo do telhado e as demais características que sejam necessárias. Para encerrar a tarefa, usa-se “Concluir o modo de edição”.

Depois de definida a estrutura do modelo digital, é importante identificar os cômodos e inserir as áreas úteis. A família utilizada para nomear o ambiente entende a necessidade de inserir a área junto do nome do cômodo, como a norma de desenho técnico NBR 6492/94. Na aba “Arquitetura”, seleciona-se “Ambiente”, que está na seção “Ambiente e área”, e clica-se no cômodo do projeto que se deseja. Para inserir essas informações em um padrão técnico com as informações do cômodo ainda selecionadas, na caixa de propriedades, clica-se em “editar tipo”, marca-se a opção “mostrar área”, por fim, clica-se em “Aplicar” e “OK”. Com um duplo clique na descrição, é possível mudar o nome do cômodo, caso seja necessário na opção “Editar família”, que se encontra na barra de ferramentas na seção modo. Também organiza-se as informações na geometria desejada, que aparecerá em uma aba diferente. Após organizar as informações, clica-se em “Carregar no projeto”. O Revit entende como ambientes as áreas fechadas por paredes com ou sem portas. Caso o projetista deseje dividir um ambiente, usa-se o “Separador de ambientes”, localizado em “Arquitetura” na barra de ferramentas, na seção “Ambiente e área”, utilizada somente para divisão de cômodos.

A identificação de esquadrias também é um procedimento importante no projeto. Antes de iniciar, deve-se ressaltar que, no caso desse prédio universitário, seguiu-se o padrão da tabela existente no AutoCAD, de forma a minimizar imprecisões e dúvidas. Para editar a nomenclatura de uma porta, seleciona-se a caixa de propriedades da porta, clica-se em “Editar tipo”; na caixa propriedades de tipo, buscar na seção “Dados de identidade” a opção “Marca de tipo” e editá-la conforme o desejo do projetista. Neste projeto, editou-se como a tabela informada no AutoCAD. Contudo, as informações só serão realmente alteradas após a edição da família da nomenclatura da porta, ou seja, clica-se na nomenclatura depois em “Editar família” na barra de ferramentas. Ao abrir a nova aba relacionada à nomenclatura que está sendo editada, clica-se no texto e na opção “Editar legenda”, localizada na caixa de propriedades. Nesse momento, o projetista pode adicionar ou remover parâmetros da legenda, conforme a Figura 27. Nesse caso, trocou-se o título “Marca” pelo “Marca de tipo”. Por fim, clica-se em “Aplicar” e “OK”.

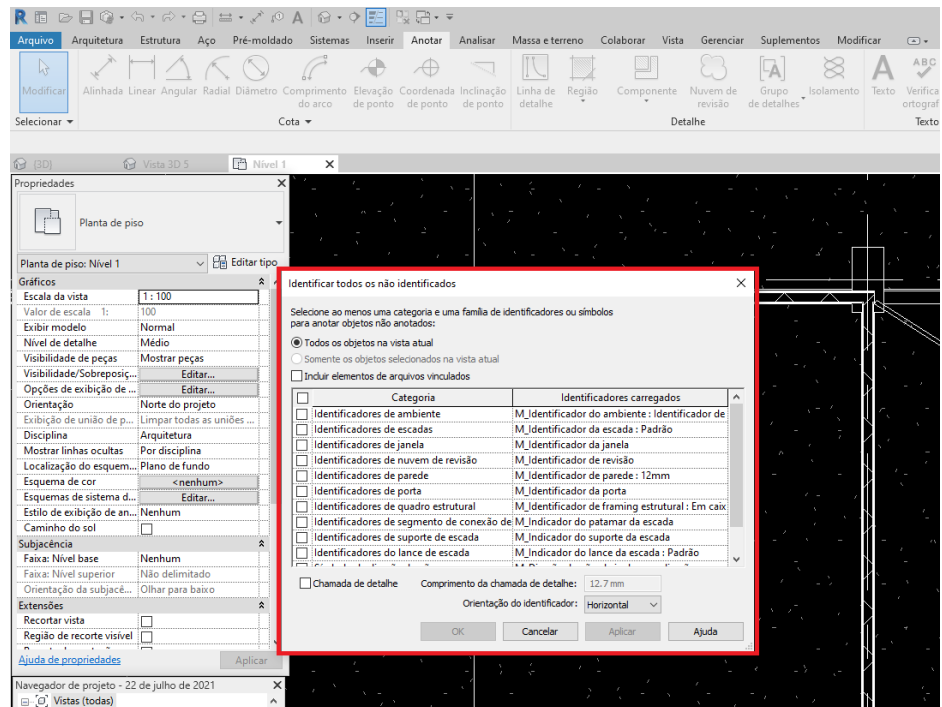
Figura 27 - Editar legenda



Fonte: Autora

Em complemento ao processo de identificação de esquadrias, selecionou-se o comando “Anotar” na barra de ferramentas, na seção “Identificar”, clicou-se em “Identificar todos”. Nesse momento, abre-se a janela “Identificar todos os não identificados”, conforme a Figura 28. Em seguida, informa-se quais itens o projetista deseja identificar. Nesse caso, seleciona-se a opção “Identificadores de portas”. É considerado importante não utilizar linhas de chamada nesse projeto para evitar uma poluição visual, desativando-se a opção “Chamada de detalhe”. Outra modificação visual foi quanto ao design do identificador, que pode ser editado como o projetista deseja, clicando duas vezes em cima do próprio identificador de esquadrias e, por fim, carregando essas alterações no projeto.

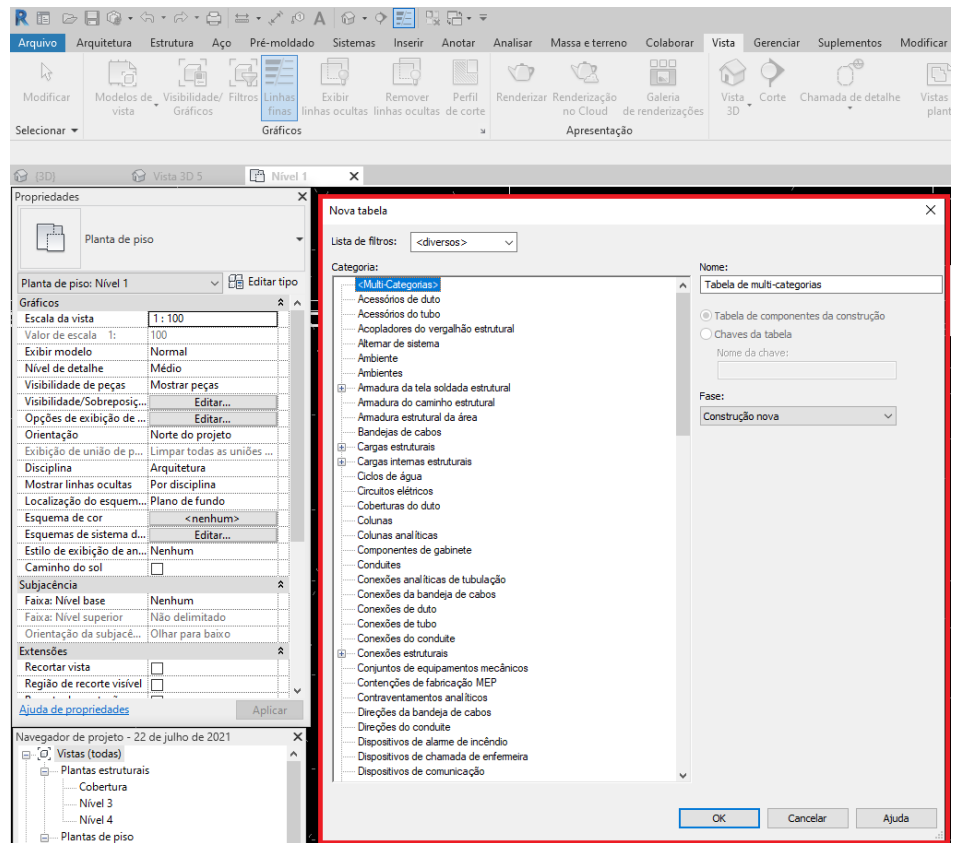
Figura 28 - Identificar todos os não identificados



Fonte: Autora

Após o projeto concluído, foi possível gerar a tabela com o quantitativo de itens que o usuário deseja. Nesse caso, o exemplo utilizado será de um quantitativo de janelas, seguindo os passos: “Vistas” na barra de ferramentas, “Tabelas” dentro na seção “Criar”, selecionar “Tabelas/Quantidades”, abre-se o quadro “Nova tabela”, como na Figura 29. Seleciona-se a categoria desejável, por fim, “OK”. Outra informação que pode ser mudada nessa fase é o nome da tabela, no campo “Nome”.

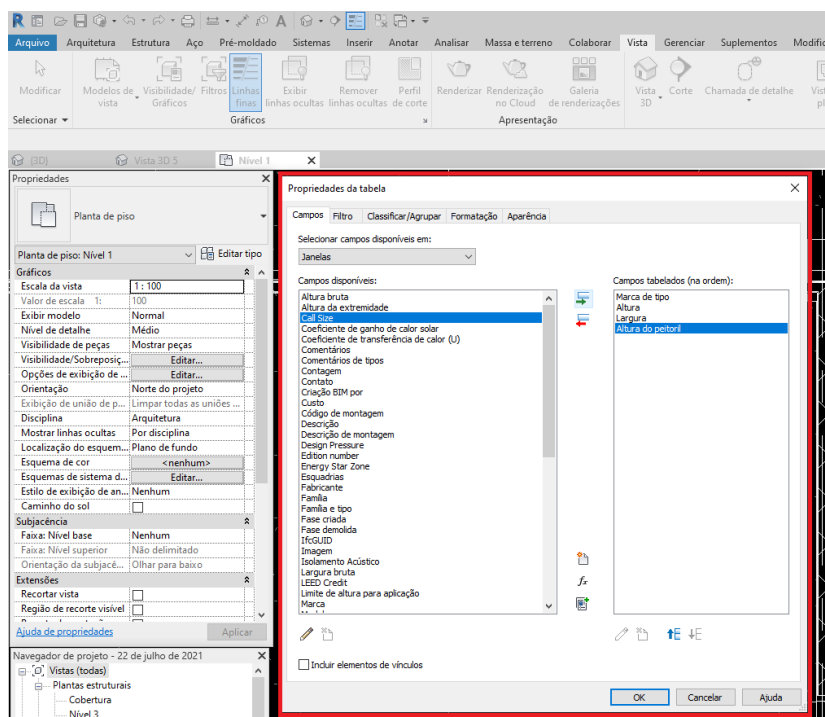
Figura 29 - Nova tabela



Fonte: Autora

Após o “OK”, abre-se a janela “Propriedades da tabela”. Os principais parâmetros são: marca de tipo (nome), altura, largura, altura do peitoril, entre outros, conforme a Figura 30. Uma particularidade dessa janela é que a ordem em que são inseridos os parâmetros influencia na posição da tabela. Também é possível editar a aparência e a formatação da tabela conforme a necessidade.

Figura 30 - Propriedades da tabela



Fonte: Autora

O processo de renderização é a melhor alternativa para tornar o modelo 3D o mais realista possível. Todavia, esse recurso exige um processamento adequado do *hardware*. Após a imagem gerada através do comando “Câmera”, deve-se ir em “Vista”, na barra de ferramentas, clica-se em “Renderizar”. Então, abrirá a janela “Renderizar”, onde deve-se configurar o projeto conforme a necessidade. Por fim, deve-se clicar em “Renderizar” no topo superior dessa janela. A renderização nessa configuração demorou poucos minutos, mas dependendo da configuração inserida, pode demorar horas. A figura renderizada corresponde à Figura 31 e as configurações utilizadas nesse projeto foram:

- Qualidade: alta;
- Impressora: 600 DPI;
- Iluminação: exterior, sol apenas, e
- Plano de fundo: imagem personalizada.

Figura 31- Bloco A renderizado, Revit



Fonte: Autora

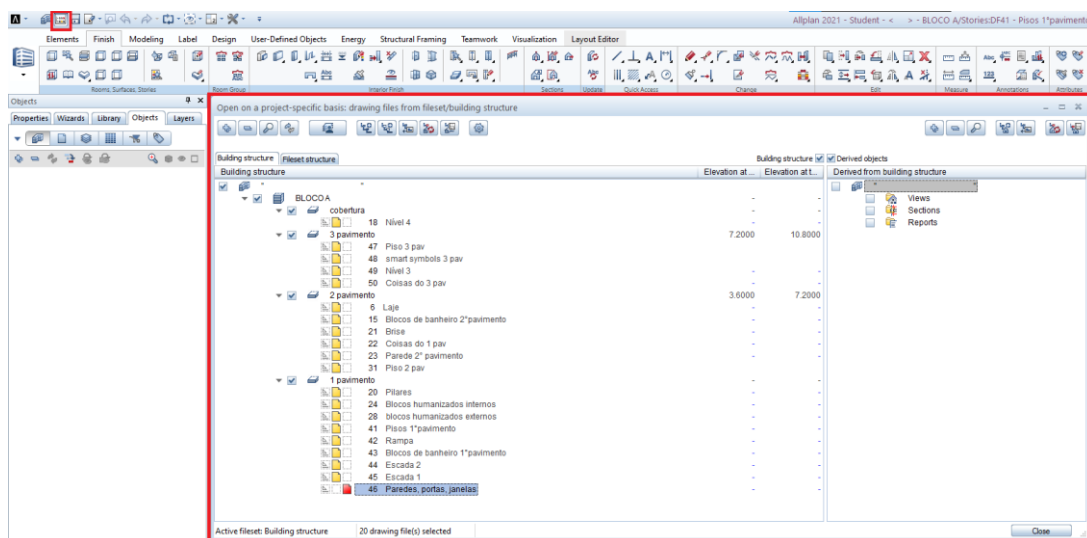
4.3 Allplan

As ferramentas de modelagem essenciais da plataforma Allplan 2021 serão mencionadas no decorrer da seção.

4.3.1 Interface

O processo de criação do modelo digital no Allplan é dividido em *drawing files*. Este tipo de divisão pode gerar múltiplos arquivos dentro do *software* sem poluir a visualização no instante em que está sendo modelado. Para acessar essa função do *software*, deve-se clicar no ícone mostrado na Figura 32, e então irá abrir a janela “*Open on a project-specific basis: drawing files from fileset/building structure*”.

Figura 32 - “Open on a project-specific basis: drawing files from fileset/building structure”, Allplan

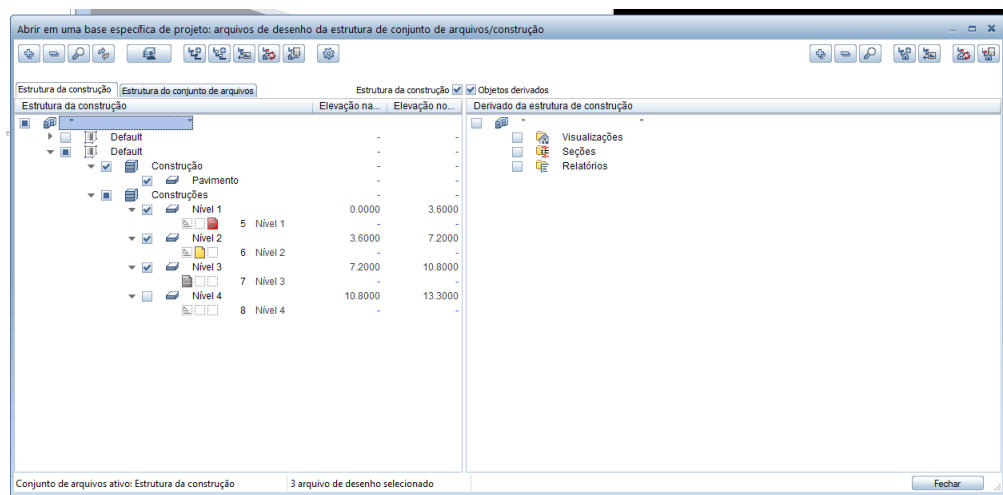


Fonte: Autora

Os *layers* das *drawing files* são divididos em 4 cores. Dependendo da cor que os *layers* recebem, é possível realizar algumas aplicabilidades, como: desligar completamente um andar do prédio, de modo que esse andar seja ocultado, ou congelar completamente um anexo de uma construção de forma que esse anexo seja visualizado, mas não pode ser alterado. As cores serão explicadas a seguir e expostas na Figura 33:

- Vermelho ou 3ª opção: refere-se ao arquivo ativo, que é aquele em que se desenha, ou seja, tudo o que será criado usará o *Layer* ativo. Deve-se sempre ter um arquivo ativo e somente um arquivo pode ficar ativo;
- Amarelo ou 2ª opção: modo de edição, os arquivos são visíveis e podem ser modificados, ou seja, podem ser visualizados, copiados, modificados, movidos ou deletados. É concebível ter múltiplos arquivos ativos nesse *status*;
- Cinza ou 1ª opção: nesse modo, os arquivos são visíveis e não podem ser modificados. Também é praticável ter mais de um arquivo ativo nesse *status*, e
- Branco ou opções desativadas: é o modo inativo, ou seja, os elementos desse *Layer* não serão visíveis. Múltiplos arquivos podem ficar desativados.

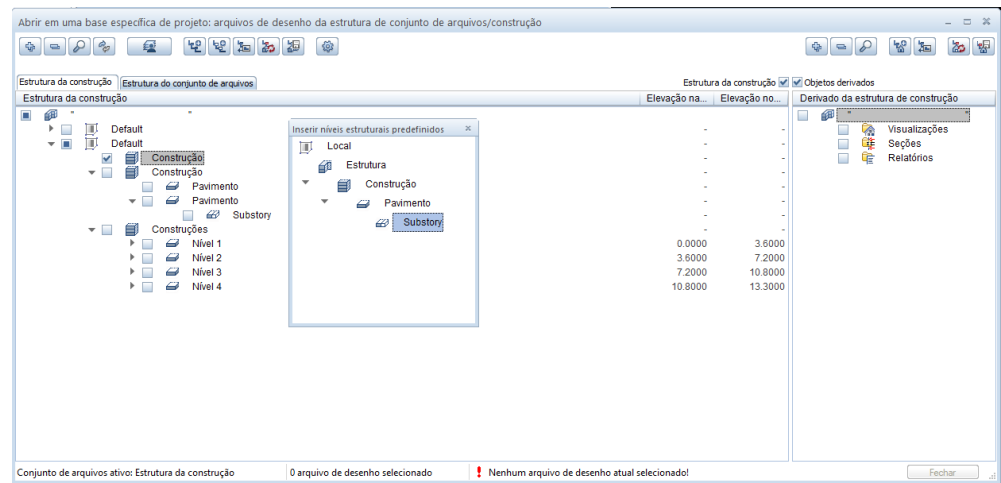
Figura 33 - *Layers*, Allplan



Fonte: Autora

A criação dos níveis de estrutura do projeto, a saber, no caso da Figura 33, os níveis 1, 2, 3 e 4, e a organização desses níveis são bem intuitivas. Com o fato de poder serem renomeados e/ou apagados em qualquer momento, é possível dispor hierarquicamente os níveis através do comando “Inserir níveis estruturas predefinidos”, como na Figura 34, e então organizar toda a estrutura do projeto conforme a necessidade.

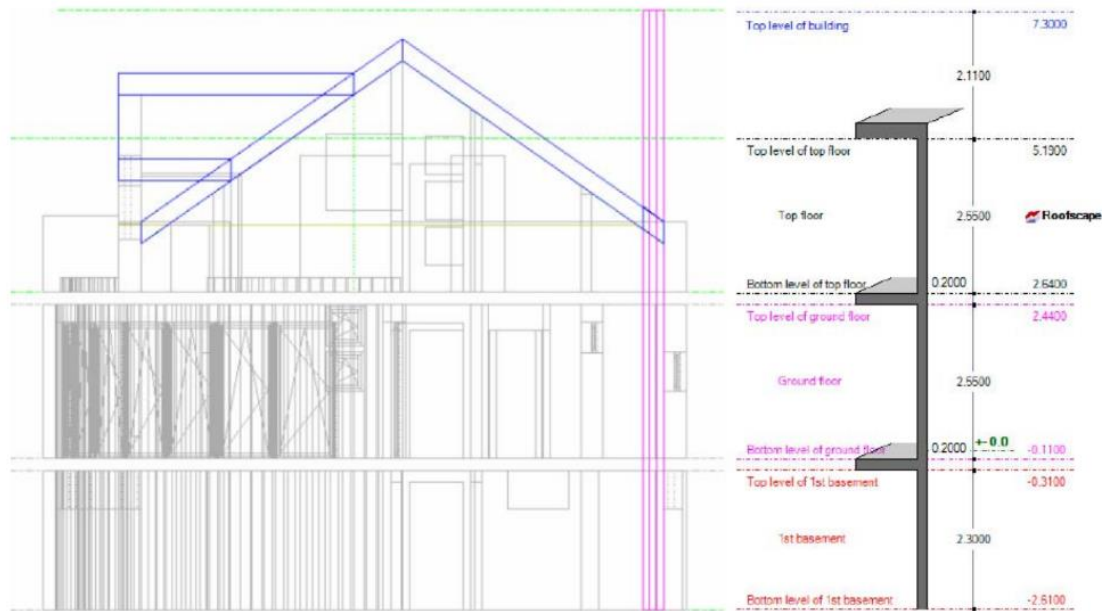
Figura 34 - Níveis de estrutura, Allplan



Fonte: Autora

De modo geral, os projetos são divididos em pavimentos. Assim, o *software* opera com a ferramenta “Gerenciador de piso”, que relaciona os andares do empreendimento com os níveis estruturais deste, onde é possível criar alturas, modificar alturas, fixar alturas, entre outros. Como na Figura 35:

Figura 35 - Gerenciador de piso, Allplan



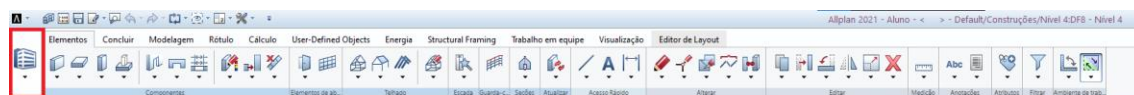
Fonte: (NEMETSCHKE, 2014)

O Allplan é um *software* completo e versátil. O programa muda a sua principal barra de ferramentas, a *actionbar*, de acordo com a escolha do projetista. Tal ação pode ser realizada em qualquer momento durante a modelagem do desenho. Ou seja, se o projetista estiver na parte arquitetônica, ele pode usar a aba “Arquitetura”, se estiver no detalhamento das armaduras, pode usar a aba “Engenharia”, e assim por diante. Este procedimento facilita a visualização das

ferramentas que são divididas em grupos que se correlacionam entre si. As opções de escolha consistem em 5 blocos:

- Arquitetura (Figura 36): foi a opção escolhida neste trabalho. A opção tem diversas ferramentas, como “definir a posição do sol”, “definir caminho da câmera”, “configurações da foto”, entre outros.

Figura 36 - Aba da arquitetura



Fonte: Autora

- Engenharia (Figura 37): suas ferramentas são diversas, sendo as principais “inserir armadura em área”, “forma de barra”, “posicionar forma de barra”, “laje”, “pilar” e “bloco de fundação”.

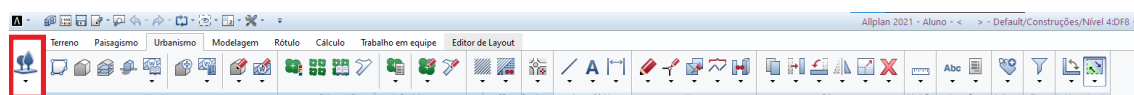
Figura 37 - Aba da engenharia



Fonte: Autora

- Ambiente (Figura 38): utiliza ferramentas como “linha de contorno”, “cota de nível”, “planejamento e plantio”, entre outros.

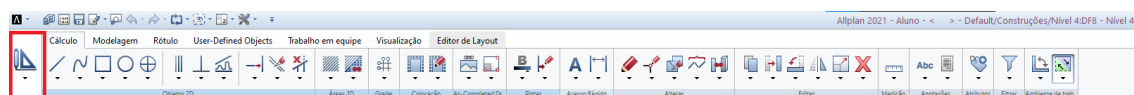
Figura 38 - Aba ambiente



Fonte: Autora

- Rascunho (Figura 39): é uma aba mais leve do *software*, com aplicações mais simples, como “cota”, “cota de nível”, “extrusão”, “dimensão da curva”, entre outros.

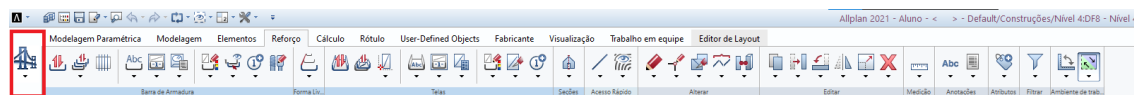
Figura 39 - Aba rascunho



Fonte: Autora

- Construção de pontes (Figura 40): é uma aba bem completa com ferramentas do tipo “extrusão de barra ao longo do caminho”, “contornos da armadura”, “nicho, recesso, fenda, abertura”, “armação do telhado”, “cobertura do telhado”, entre outros.

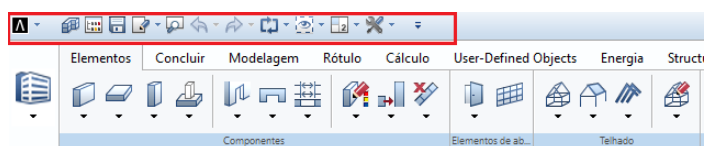
Figura 40 - Aba construção de pontes



Fonte: Autora

É importante perceber que as ferramentas podem migrar entre os 5 blocos de modelos e que é comum durante o projeto mudar de um bloco para o outro conforme o desejo do usuário. É notório que esses tipos de modificações geram uma harmonia entre o projetista e o *software*. Destaca-se ainda a posição do ícone para tais mudanças que é a imagem no canto superior esquerdo, como as Figuras 36 até 40. A *actionbar* também é facilmente encontrada no topo superior esquerdo da tela, como na Figura 41, e é utilizada para um acesso rápido de ferramentas importantes e com usos muito específicos como “abrir novo projeto”, “salvar”, “visualização”, “configurações”.

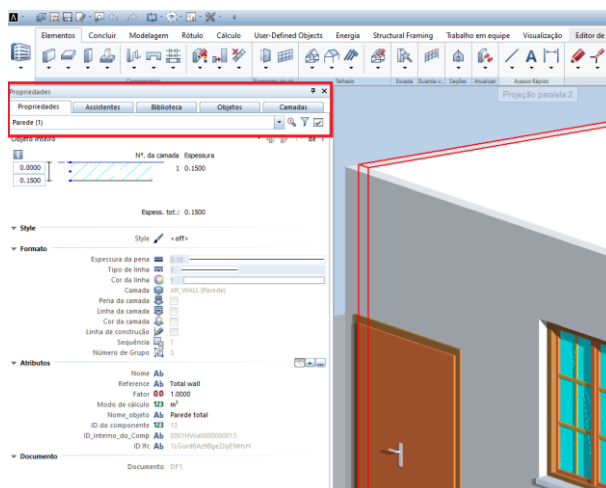
Figura 41 - Actionbar



Fonte: Autora

Outra mudança relacionada à janela principal do *software* está na janela de paletas que pode ser alimentada conforme as necessidades do projetista. A janela de paletas pode ser ocultada aumentando a janela de exibição, como na Figura 42. Na janela de paletas, estão disponíveis as seguintes ferramentas: “propriedades”, “assistentes”, “biblioteca”, “objetos”, “planes”, “issue manager”, “connect”, “camadas” e, por fim, as paletas *modules* e ferramentas, que ou estão na *actionbar* ou nas paletas.

Figura 42 - Paletas



Fonte: Autora

O *software* atua com *smart parts* que

são objetos CAD paramétricos do Allplan que agem de acordo com sua própria lógica inerente, que é independente do sistema CAD. As informações paramétricas são controladas por um roteiro, que é anexado diretamente para o objeto (NEMETSCHEK, 2014).

As *smart parts* podem ou não ser criada pelos usuários, e são disponibilizadas em uma biblioteca já alimentada com algumas *smart parts* padrão ou o projetista pode pesquisar novas *smart parts* na internet.

É relevante observar que a aba “Assistente” pode ser personalizada pelo próprio projetista com informações de cotas, características da fonte, hachura, símbolos, escadas entre outros. Podendo ser encontrada em um local de fácil acesso nas paletas, facilitando a dinâmica do projeto, visto que a aba atua como um projeto à parte, com a finalidade de auxiliar o projetista.

Um *smart symbol* é um objeto de design inteligente que automaticamente se adapta ao tamanho da abertura na qual está inserida. Os *smart symbol* são salvos como símbolos e podem ser colocados em qualquer arquivo de desenho, a qualquer momento (NEMETSCHEK, 2014).

Assim como as *smart parts*, os *smart symbols* podem ou não ser criados, e são disponibilizados em uma biblioteca já alimentada com alguns *smart symbols* padrão ao baixar o *software* ou o projetista pode pesquisar novos *smart symbols* na internet.

Algumas originalidades do *software* agilizam o processo de modelagem, lista-se, assim, algumas ferramentas:

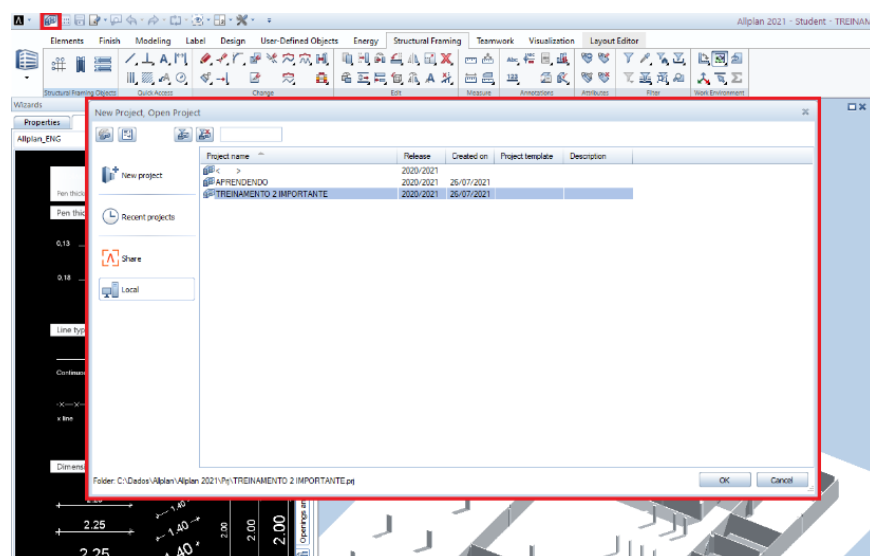
- A ferramenta “soma” que, ao selecionar um comando que precisa de uma seleção com mais de um componente do projeto, como ao ativar o comando “copiar”, e ao clicar com o botão direito do mouse o *Allplan*, permite automaticamente uma seleção pela ferramenta, onde selecionam-se os componentes desejados sem a necessidade da tecla *Control* do teclado.
- Ao clicar com o botão direito do mouse em cima de um elemento, abre-se a ferramenta que gerou esse elemento exatamente com as mesmas configurações originais. Por exemplo, se uma cota for selecionada, o elemento vai ter o tamanho e as camadas do mesmo elemento que foi copiado.

4.3.2 Modelagem

O primeiro passo ao iniciar o *software* Allplan é criar um projeto. É usual criá-lo utilizando a *actionbar*, clicando em “*open project*” e logo após em “*new project*”. Esta ação

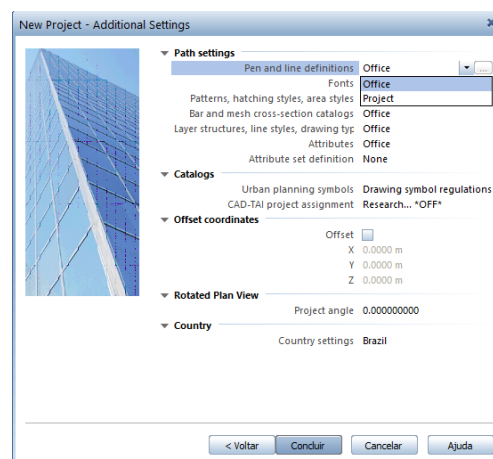
abrirá uma janela (conforme a Figura 43) para especificar o nome do novo projeto e suas configurações. Essa janela deve ser configurada conforme o desejo do usuário, como pode ser observado na Figura 44. Para este trabalho de conclusão de curso, a autora inseriu um perfil próprio com as características usuais da NBR de desenho técnico e salvas no *software* Allplan como configurações de escritório (*office*), e não mais como configurações de projeto (*project*), como é disponibilizado pelo *software*. Além disso, informam-se as coordenadas do projeto, ângulo de rotação e país do projeto. Ao concluir essas configurações, o *software* abre a janela principal e, a partir desse momento, é possível começar a modelagem no Allplan.

Figura 43 - Novo projeto



Fonte: Autora

Figura 44 - Janela novo projeto



Fonte: Autora

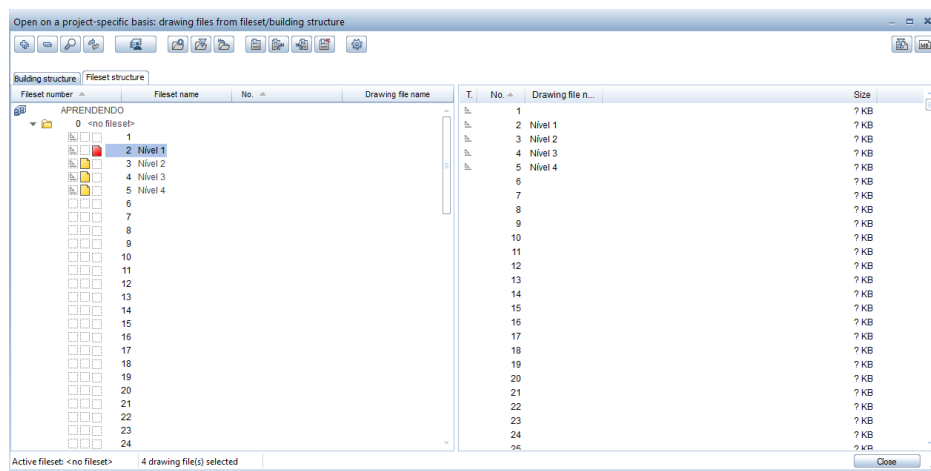
A modelagem no Allplan seguiu os seguintes princípios: foi realizada na aba “Arquitetura”; a modelagem no Allplan provém da parte posterior à interoperabilidade dos

softwares, que será vista com mais detalhes na seção 5.3. Portanto, observou-se a necessidade de remodelar os seguintes itens:

- Organização das *Drawing files*:

Para visualizar as *drawing files* existentes após a exportação do arquivo IFC, precisou-se ir em “Open on a project-specific basis: drawing files from fileset/building structure”, localizada na “actionbar”, e então verificou-se que só havia 4 *drawing files*, divididas em: “Nível 1”, “Nível 2”, “Nível 3”, “Nível 4”, como a Figura 45.

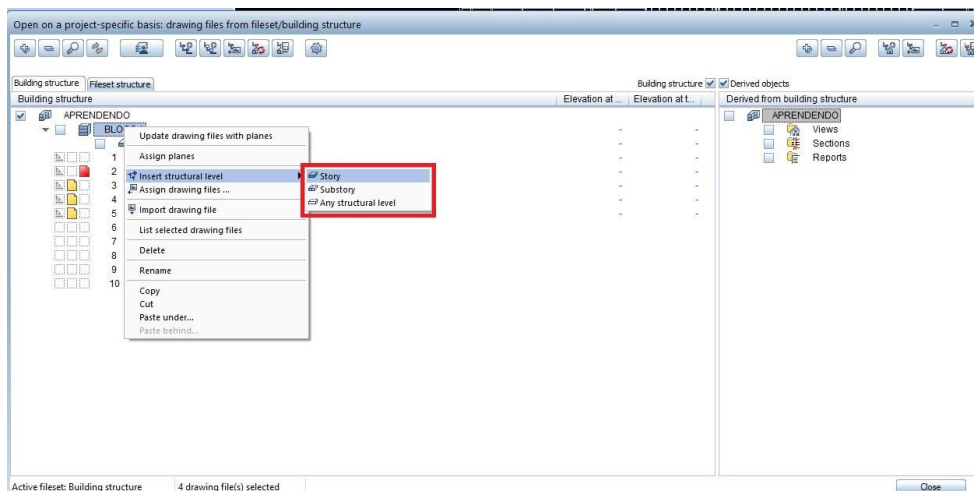
Figura 45 - *Drawing files* divididas em 4 níveis, Allplan



Fonte: Autora

Para realizar a organização dos itens das *drawing files*, foi necessário inserir um “*Building*” (conforme explicado na parte de nível de estrutura na seção 4.3) logo após um “*Story*” referente a cada nível da construção, Figura 46. Por fim, em cada “*Story*” foi colocado em um nível diferente, clicando com o botão direito no nível desejado, usando a opção “*Cut*” e depois “*Paste*” no “*Story*” associado ao nível em questão.

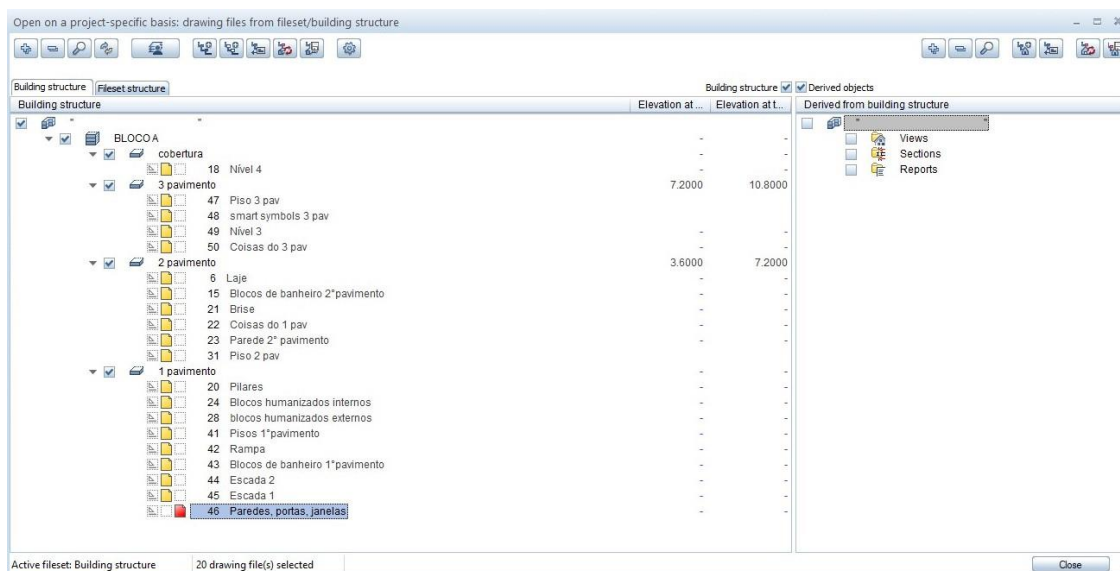
Figura 46 - Inserindo estruturas de níveis, Allplan



Fonte: Autora

Após a organização dos “*Story*”, foi preciso gerar diversos níveis iguais através dos comandos “*Cut*” e “*Paste*”, a fim de a *viewport* ir apagando os elementos que não eram do interesse daquela *drawing files*, ou seja, de acordo com a necessidade encontrada. Desse modo, a organização final das *drawing files* do projeto ficou como a Figura 47.

Figura 47 - *Drawing files* organizadas, Allplan

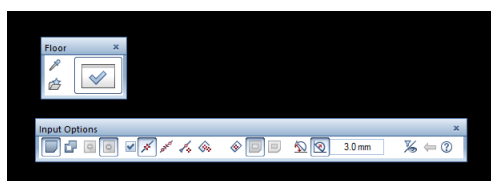


Fonte: Autora

- Pisos:

Para inserir o piso, o projetista deve clicar em “*Finish*” e logo depois em “*Floor*”, onde abre-se duas janelas, em uma, mudam-se as propriedades do piso “*Floor*” e, em outra, altera-se a forma como se insere a informação no *software* “*Input Options*”, como a Figura 48.

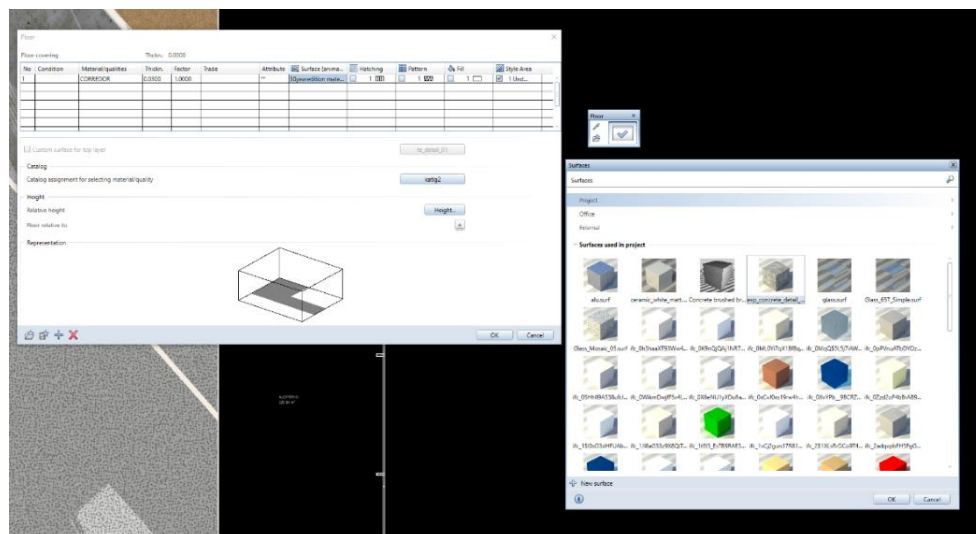
Figura 48 - Janela *Floor*, Allplan



Fonte: Autora

Nessa janela de propriedades, é possível mudar diversas características do piso, como: material, espessura do piso, características visuais, ou seja, a textura utilizada para preencher cada cômodo do modelo digital. Esses estilos de superfícies são encontrados na biblioteca do Allplan, portanto, não são semelhantes aos estilos de superfície utilizados no Revit; para finalizar, deve-se clicar em “OK”, como mais bem representado na Imagem 49.

Figura 49 - Janela *Surfaces*, Allplan



Fonte: Autora

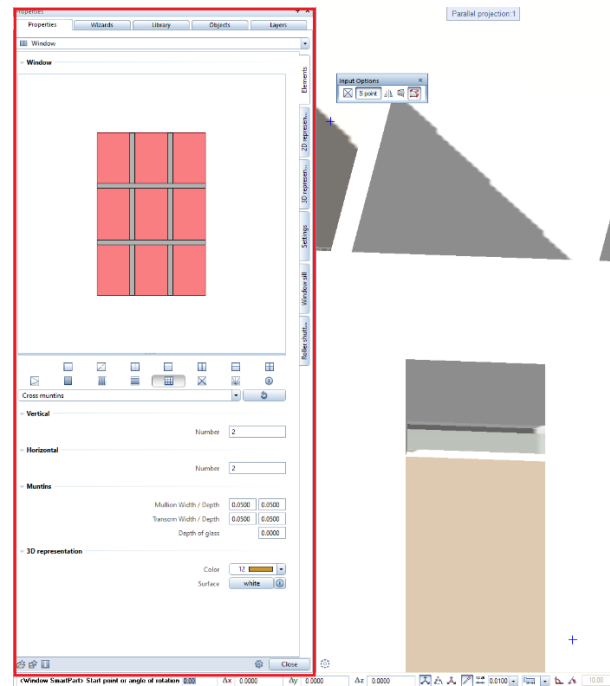
Para selecionar área do cômodo onde devem ser inseridas as alterações, deve-se usar o auxílio da janela “*Input Options*”, que permite selecionar a geometria desejada pela ferramenta de uma única área (“*Single: Enter a single closed area*”) ou de áreas divididas em diversas partes (“*Multi: Enter an area composed of several parts*”). Além das opções de interseção de linhas, ao concluir a seleção da geometria, deve-se dar “*Enter*” para finalizar. Após a inserção do piso, é incluída automaticamente a área útil do cômodo, e o usuário pode nomear o cômodo clicando duas vezes em cima do espaço indicado no *software*.

- *Smart parts:*

Primeiramente, é importante saber que as aberturas das janelas, ou seja, o vão hospedado na parede onde serão inseridas as janelas, já existem, pois passaram no processo de interoperabilidade, entre os *softwares*. Poucas janelas não passaram no processo de interoperabilidade. Para inseri-las no Allplan, é preciso ir até “*Finish*”, dentro do grupo “*Interior finish*” encontrar o comando “*Windows smart parts*” e, ao clicar, é possível visualizar a janela de auxílio: “*Input Options*”, para inserir a janela segundo a vontade do projetista. Uma atenção especial deve ser dada ao campo de propriedades do “*Smart part*”, que é bem detalhado e dividido em 6 blocos onde pode-se fazer diversas alterações, tais como:

a) *Elements* (Figura 50): alterar a moldura, o vidro, as divisões do vidro, entre outros.

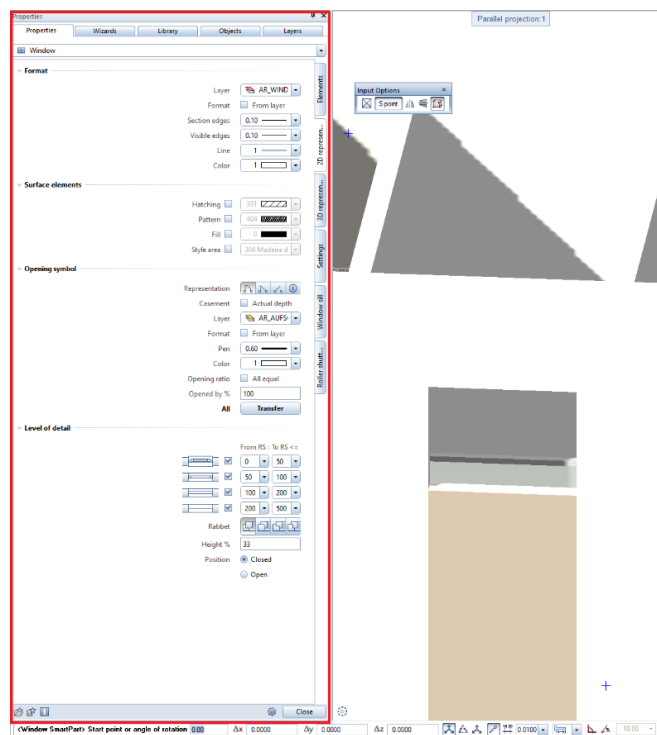
Figura 50 - Janela *Elements*, Allplan



Fonte: Autora

- b) *2D representation* (Figura 51): alterar a espessura da linha, *layer*, cor da linha, tipo de representação com ou sem hachura, representação da abertura da janela, entre outros.

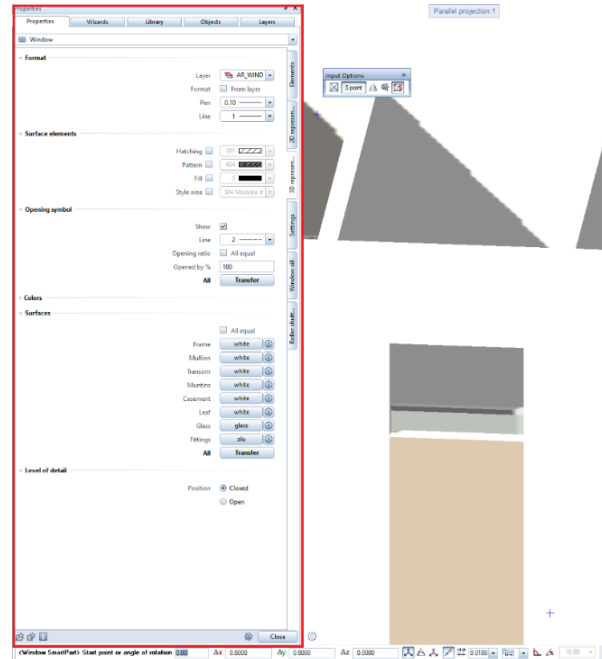
Figura 51 - Janela *2D representation*, Allplan



Fonte: Autora

- c) *3D representation* (Figura 52): alterar as mesmas representações do tipo 2D, mais a opção de janela aberta ou janela fechada.

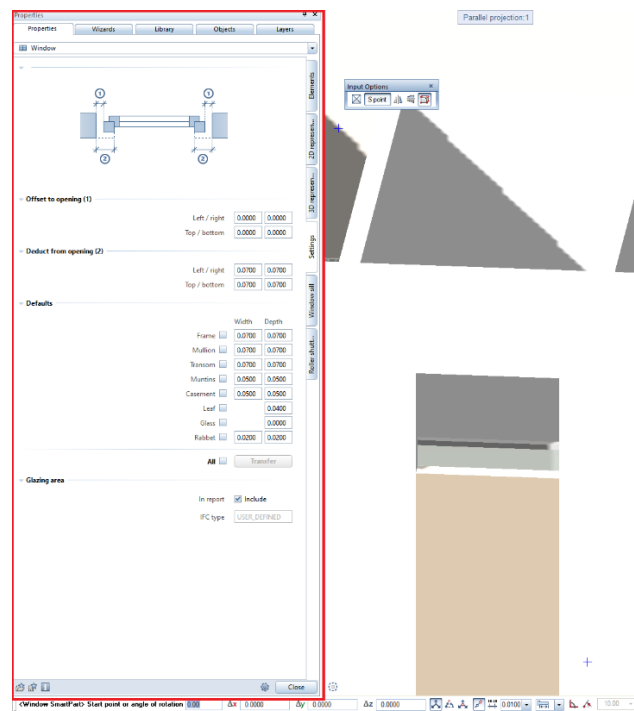
Figura 52 - Janela *3D representation*, Allplan



Fonte: Autora

- d) *Settings* (Figura 53): configuração de como vai ser instalada a janela.

Figura 53 - Janela *Settings*, Allplan



Fonte: Autora

- e) *Window sill* (Figura 54): mudança na configuração do peitoril da janela, pode-se escolher com ou sem pingadeira.

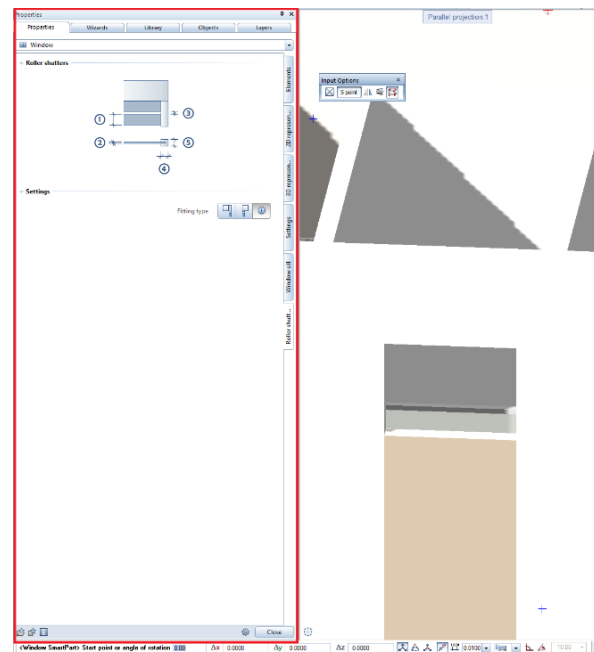
Figura 54 - Janela *Window sill*, Allplan



Fonte: Autora

- f) *Roller shutters* (Figura 55): configurações das venezianas, pode-se optar de usar no interior ou no exterior da janela.

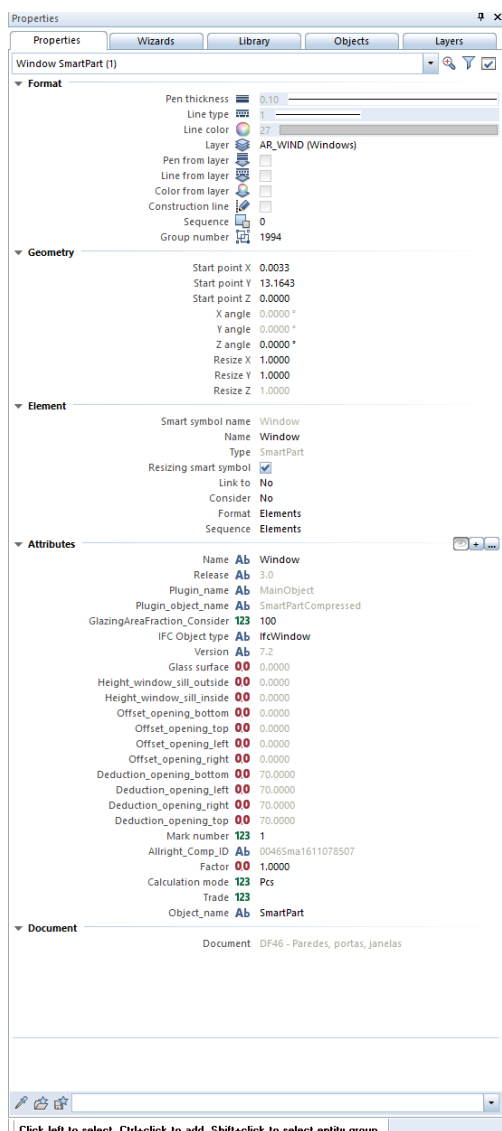
Figura 55 - Janela *Roller shutters*, Allplan



Fonte: Autora

Após a janela ser inserida, a aba de propriedades torna-se um pouco mais simples com configurações como formato, tipo de geometria, atributos e tipo de elementos, como apresentado na Figura 56.

Figura 56 - Janela *Properties*, Allplan

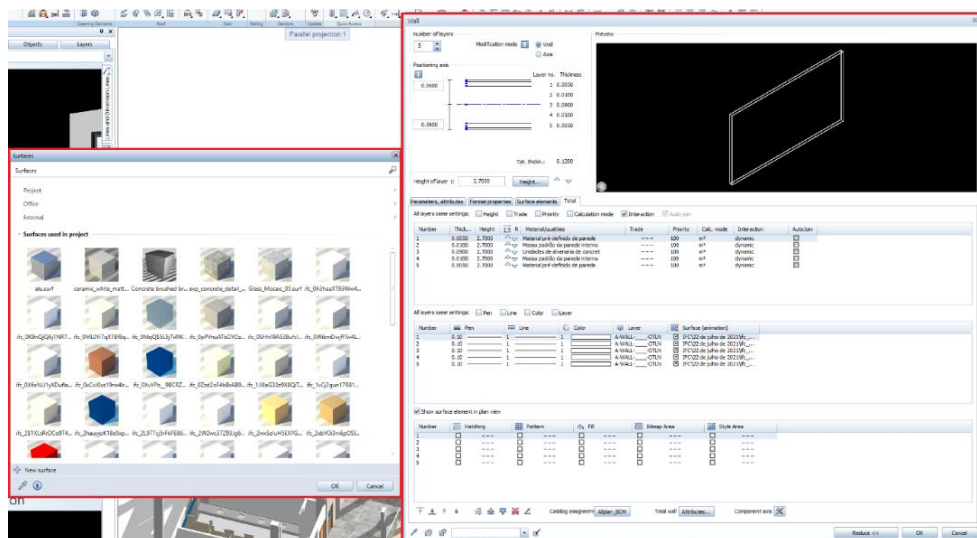


Fonte: Autora

- Acabamento da parede:

O procedimento de mudança do acabamento da alvenaria é simples. Deve-se dar um duplo clique na parede em que é desejado mudar o acabamento. Dessa forma, o *software* abre a janela “*Wall*”, onde é possível alterar todas as camadas da parede, clica-se em “*Format properties*” e, em seguida, em “*Surface*”. Esse comando é bem usual, pois define características como altura, espessura, material da parede entre outros, como pode ser visto na Figura 57.

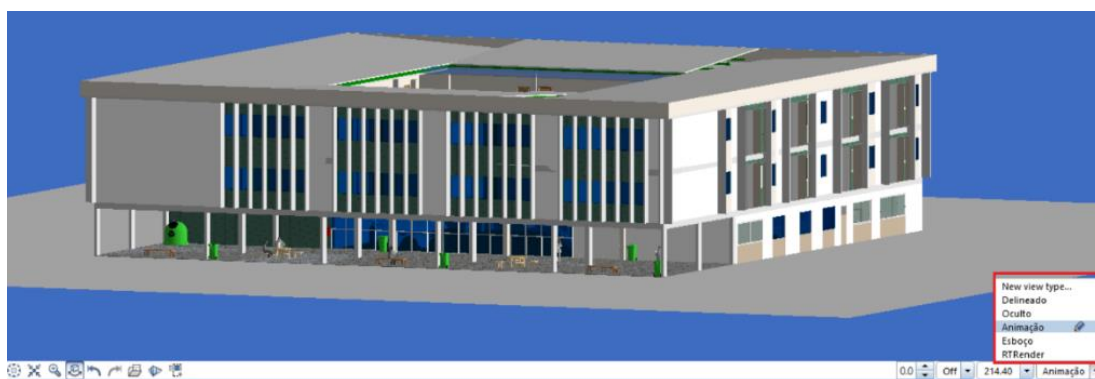
Figura 57 - Janela Wall, Allplan



Fonte: Autora

Por fim, há duas maneiras que o Allplan desempenha o processo de renderização. A primeira forma é bem simplista, está localizada na aba de visualização da *viewport*, que se encontra na parte inferior da *viewport* aberta, como na Figura 58. A renderização em tempo real nada mais é do que mais uma visualização do estilo visual em que se encontra o modelo digital, uma prévia de como o modelo digital ficará quando renderizado.

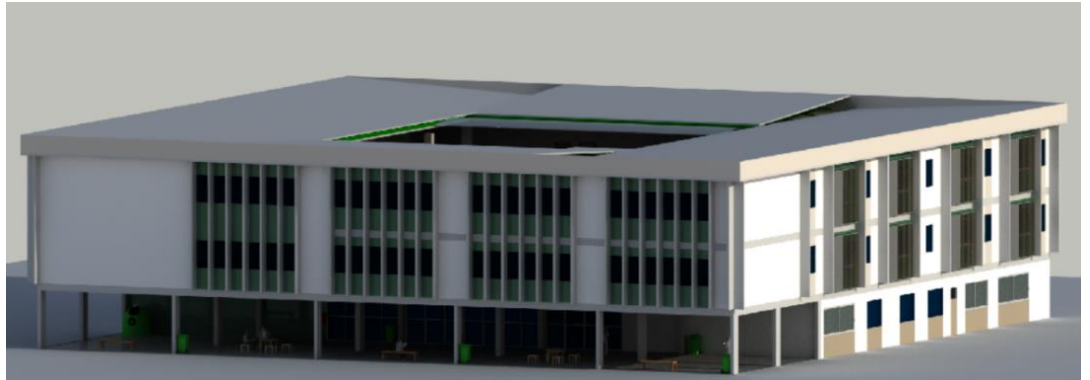
Figura 58 - Tipos de estilo visual, Allplan



Fonte: Autora

Logo ao acessar o ícone do lápis, ao lado do comando “RT Render”, é possível implementar simples configurações, como o critério utilizado pelo *software* para parar de realizar a renderização, que pode ser a qualidade da imagem, a quantidade de *pictures* e o tempo. Nesse caso, foi utilizado o critério do tempo. O tempo total gasto foi de 5 minutos, mas essa renderização não foi muito apurada, como pode ser visto na Figura 59.

Figura 59 - Bloco A com uma renderização simples, Allplan

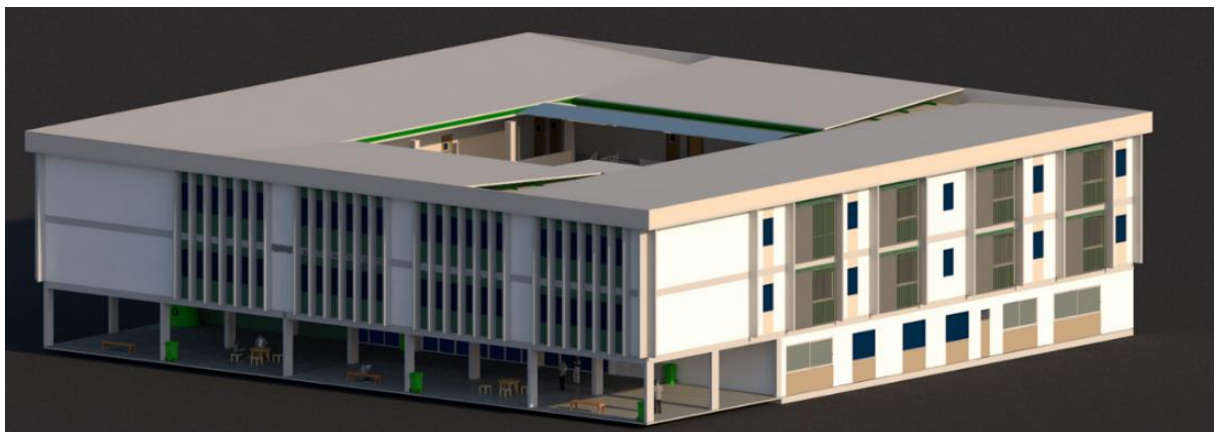


Fonte: Autora

A segunda forma de renderizar a imagem é através do comando “Render”, localizado na aba de ferramentas na parte de visualização. Nesse comando, as configurações são mais detalhadas do que a renderização em tempo real. A imagem final, dessa vez, é mais refinada e limpa. Contudo, não é um processo rápido, a Figura 60, por exemplo, demorou 39 min 22 segundos para ficar pronto e foram usadas as configurações:

- Resolução da imagem: 1920 x 1080 (16:9) Full-HD.
- Configurações gerais:
 1. *Render: Standard.*
 2. *Rendering mode.*
 3. *Optimize for: Outside.*
 4. *Global illumination: 1.0.*
- Qualidade: Alta.

Figura 60 - Bloco A com uma renderização apurada, Allplan



Fonte: Autora

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

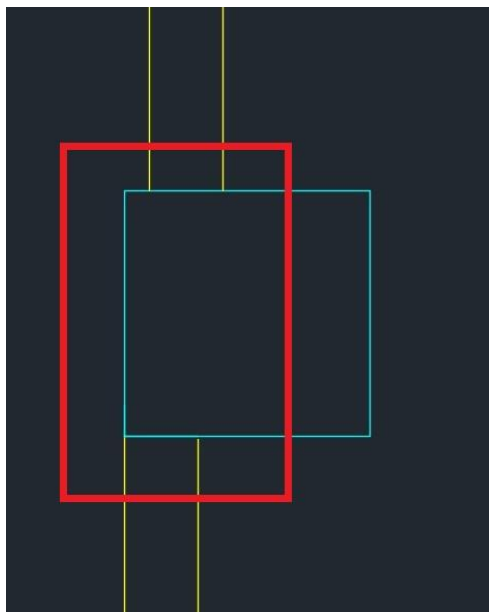
Esta seção engloba as análises finais referentes aos três *softwares* descritos neste presente trabalho de conclusão de curso: o AutoCAD, o Revit e o Allplan. Expõem-se as discrepâncias do projeto na modelagem 2D e 3D, além das diferenças e similaridades das interfaces dos *softwares* BIM e, sobretudo, as particularidades da interoperabilidade.

5.1 AutoCAD x Revit

Antes de analisar os softwares BIM, alguns erros de projeto relacionados ao AutoCAD devem ser destacados nesta pesquisa de forma a evidenciar as vantagens de um *software* 3D. Tais erros ficaram explícitos durante a modelagem no *software* Revit e serão enumerados de forma a facilitar a compreensão:

1. A parede que divide o auditório do jardim no 1º pavimento não está em concordância com a porta e com as demais paredes que dividem o auditório do jardim, como se pode observar no destaque feito na Figura 61. Este tipo de erro de projeto poderia ter gerado problemas na construção.

Figura 61 - Não concordância da parede do auditório

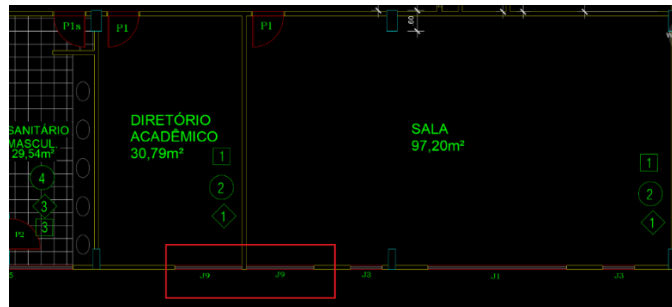


Fonte: Autora

2. A fachada sul (fachada posicionada de frente para a polícia técnica), apresentada na representação da vista externa da construção não condiz com a planta baixa do 1º pavimento, Figuras 62 e 63. Na planta baixa, há duas janelas, e na fachada sul, há

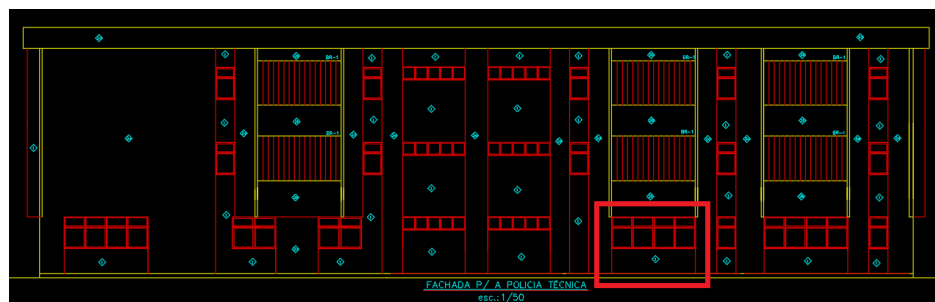
somente uma janela. A autora ponderou como correto, nesse caso em específico, a modelagem do 1º pavimento, partindo do pressuposto que a fachada tem apenas uma função representativa. E também, porque o modelo deve espelhar com fidedignidade o objeto real, sempre que possível.

Figura 62 - Janelas do 1º pavimento, Fachada Sul



Fonte: Autora

Figura 63 - Fachada Sul, AutoCAD



Fonte: Autora

De modo a facilitar a compreensão de como a fachada sul deveria ser no AutoCAD, foi inserida a Figura 64, que representa a fachada sul modelada pelo *software* Revit, reforçando o conceito de que foi utilizado a planta baixa do 1º pavimento como o desenho principal durante a modelagem.

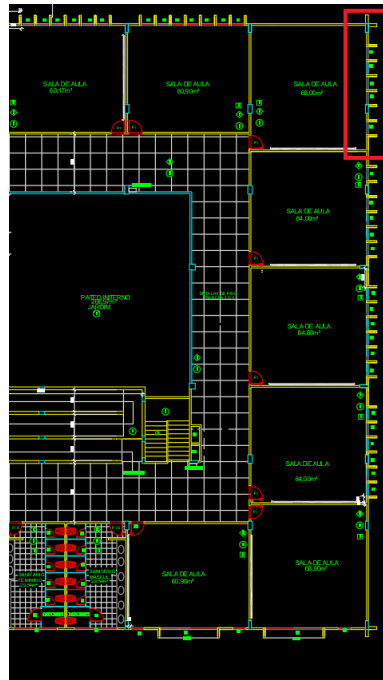
Figura 64 - Fachada Sul, Revit



Fonte: Autora

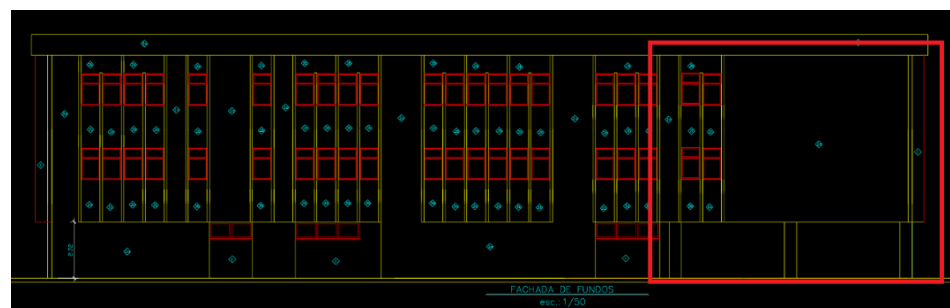
3. A fachada leste também apresentou incoerências. Os erros aqui estão relacionados à perceptibilidade que o projetista deve ter do projeto, uma vez que foi representado as janelas do 2º e do 3º pavimento do lado errado da fachada leste. Como pode ser verificado nos destaques nas Figuras 65 e 66.

Figura 65 - Planta baixa do pavimento tipo, AutoCAD



Fonte: Autora

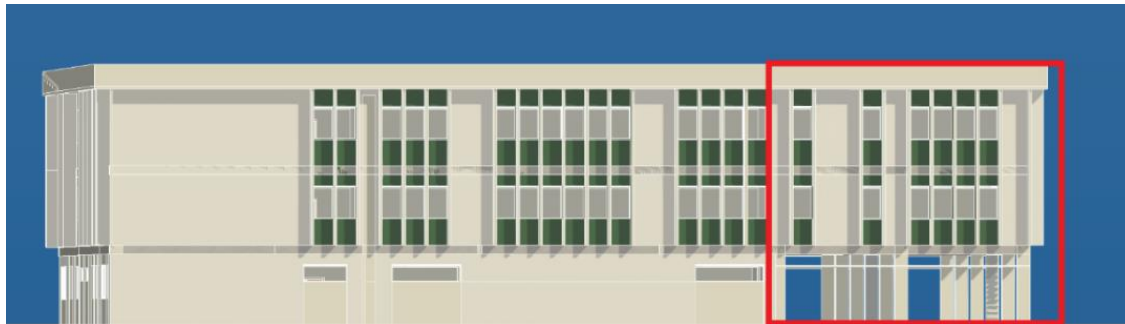
Figura 66 - Fachada Leste, AutoCAD



Fonte: Autora

Mais uma vez, a fim de ajudar na compreensão, será apresentada a fachada leste no *software* Revit, de acordo com a Figura 67.

Figura 67 - Fachada Leste, Revit



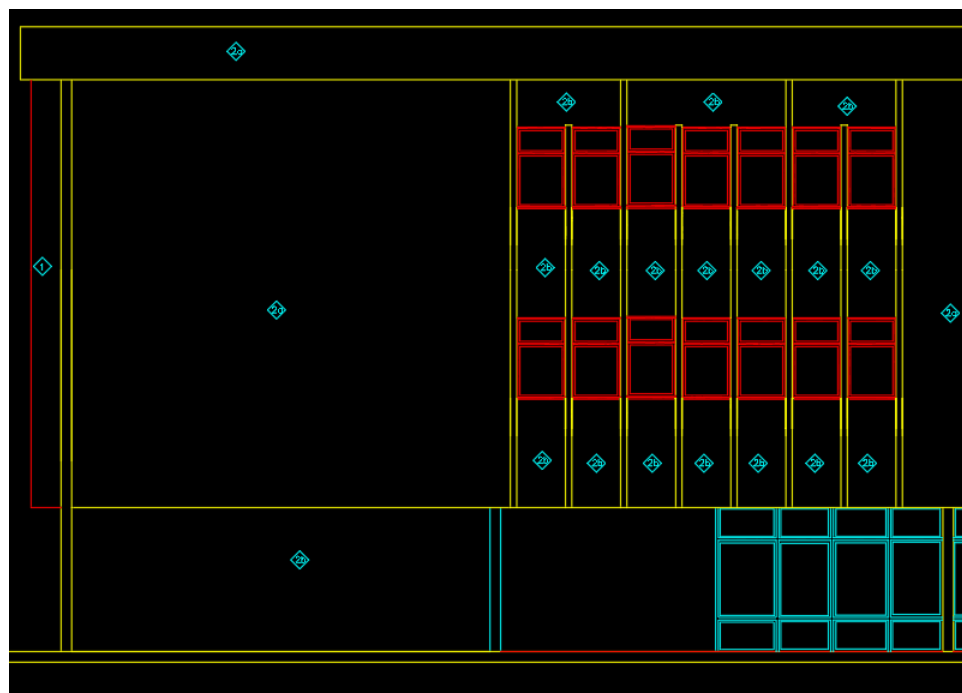
Fonte: Autora

O principal motivo desses erros de projeto deve-se ao fato de que o projetista, durante a caracterização de um empreendimento em um *software* 2D, como é o caso do AutoCAD, assume que o desenho principal é a planta baixa. Um exemplo de erro que acontece durante a modelagem em *software* que não utiliza a metodologia BIM é o seguinte: podem ocorrer mudanças pontuais no projeto, como trocar uma janela por duas janelas diferentes na planta baixa por quaisquer que sejam os motivos da mudança da janela, e o projetista não se atenta ao fato de que essas mudanças feitas na planta baixa provocam outras mudanças em outras vistas, como na fachada e nos cortes, gerando erros e confusões a quem está lendo o projeto.

Por outro lado, nos *softwares* BIM e Revit, o projetista assume a visualização 3D como o modelo principal. Além disso, toda alteração feita no modelo é automaticamente modificada em todas as demais vistas, diminuindo a possibilidade de erros. Os recursos da visualização 3D e das mudanças automáticas foram muito apreciados nesse projeto no decorrer da modelagem do bloco A do Prédio Universitário de Macaé.

Nesse sentido, foi observada uma grande diferença na imagem final da fachada do AutoCAD e do Revit, uma vez que a fachada do empreendimento no AutoCAD foi descrita minuciosamente em uma tabela contida na prancha, e tais informações foram colocadas através de números e símbolos em cada detalhe da fachada, conforme as Figuras 68 e 69. A forma em que a fachada do projeto em 2D foi desenvolvida dificulta a compreensão até mesmo da equipe de obra.

Figura 68 - Parte da Fachada Norte, AutoCAD



Fonte: Autora

Figura 69 - Tabela, AutoCAD

1-REVESTIMENTOS DE PAREDE:	
1	EMBOÇO COM PINTURA
2a	PASTILHA (10X10cm) BEGE
2b	PASTILHA (10X10cm) VERDE ESCURO
3	AZULEJO 15x15cm

Fonte: Autora

A tabela de quantitativo feita no *software* 2D é completamente manual, ou seja, desenhada e alimentada pelo projetista. Por vezes, a tabela é um item obrigatório no projeto final, a pedido do cliente ou de algum órgão público, pois facilita a leitura do projeto. No caso do bloco A do prédio universitário, as informações foram dispostas como na Figura 70, portanto, observa-se que contém 14 janelas na lista, mas, quando o projeto foi remodelado no Revit, a autora atentou-se que efetivamente havia somente 10 janelas no projeto (a janelas J2, J11, J13, J14 não foram utilizadas no projeto), como indica a Figura 71.

Figura 70 - Enumeração das esquadrias, AutoCAD

5-ESQUADRIAS:

P1 - PORTA MACIÇA TAMANHO 0,90x2,10 - TIPO SEMI-ÔCA - REVESTIDA COM FÓRMICA - COM VISOR ,35X,35
P1S - PORTA MACIÇA TAMANHO 0,90x2,10 - TIPO SEMI-ÔCA - REVESTIDA COM FÓRMICA - SEM VISOR
P2 - PORTA MACIÇA TAMANHO 0,90x1,90 - TIPO SEMI-ÔCA - REVESTIDA COM FÓRMICA
P3 - PORTA MACIÇA TAMANHO 0,60x1,90 - TIPO SEMI-ÔCA - REVESTIDA COM FÓRMICA
P4 - PORTA MACIÇA TAMANHO 0,60x2,10 - TIPO SEMI-ÔCA - REVESTIDA COM FÓRMICA
P5 - PORTA MACIÇA TAMANHO 0,80x2,10 - TIPO SEMI-ÔCA - REVESTIDA COM FÓRMICA - COM VISOR ,35X,35
P7 - PORTA DE AÇO GALVANIZADO DE ENROLAR 5,00X3,00 - TIPO DE ENROLAR
P8 - PORTA DE AÇO GALVANIZADO DE ENROLAR 3,50X3,00 - TIPO DE ENROLAR
PAC-1 - DE ALUMÍNIO ANODIZADO-COR ALUMÍNIO FOSCO-TIPO CAMARÃO 3,50X2,70
PAC-2 - DE ALUMÍNIO ANODIZADO-COR ALUMÍNIO FOSCO-TIPO CAMARÃO 3,15X2,70

J1 - JANELA DE ALUMÍNIO ANODIZADO - COR ALUMÍNIO FOSCO- TIPO DE CORRER - TAMANHO 4,00X1,50 - LINHA 30 COM ABAFADOR DE RUÍDO
J2 - JANELA DE ALUMÍNIO ANODIZADO - COR ALUMÍNIO FOSCO - TIPO MAXIM AR - TAMANHO 2,50X1,50 - LINHA 30 COM ABAFADOR DE RUÍDO
J3 - JANELA DE ALUMÍNIO ANODIZADO - COR ALUMÍNIO FOSCO - TIPO MAXIM AR - TAMANHO ,92,5X1,50 - LINHA 30 COM ABAFADOR DE RUÍDO
J4 - JANELA DE ALUMÍNIO ANODIZADO - COR ALUMÍNIO FOSCO - TIPO MAXIM AR - TAMANHO 3,15X0,80 - LINHA 30 COM ABAFADOR DE RUÍDO
J5 - JANELA DE ALUMÍNIO ANODIZADO - COR ALUMÍNIO FOSCO - TIPO MAXIM AR - TAMANHO 3,00X0,60 - LINHA 30
J6 - JANELA DE ALUMÍNIO ANODIZADO - COR ALUMÍNIO FOSCO - TIPO MAXIM AR - TAMANHO ,2,00X0,80 - LINHA 30 COM ABAFADOR DE RUÍDO
J7 - JANELA DE ALUMÍNIO ANODIZADO - COR ALUMÍNIO FOSCO - TIPO MAXIM AR - TAMANHO 0,80X0,60 - LINHA 30
J8 - PAINEL FIXO DE ALUMÍNIO ANODIZADO-COR ALUMÍNIO FOSCO - TAMANHO 3,15X2,70 - LINHA 30 COM ABAFADOR DE RUÍDO
J9 - JANELA DE ALUMÍNIO ANODIZADO - COR ALUMÍNIO FOSCO - TIPO MAXIM AR - TAMANHO ,2,00X1,50 - LINHA 30 COM ABAFADOR DE RUÍDO
J10 - JANELA DE ALUMÍNIO ANODIZADO - COR ALUMÍNIO FOSCO - TIPO MAXIM AR - TAMANHO 1,20X0,60 - LINHA 30
J12 - JANELA DE ALUMÍNIO ANODIZADO - COR ALUMÍNIO FOSCO- TIPO DE CORRER - TAMANHO 3,00X1,50 - LINHA 30 COM ABAFADOR DE RUÍDO
J13 - QUADRO DE TELA FIXA - COR ALUMÍNIO FOSCO- TAMANHO 1,20X0,70 -
J14 - JANELA DE ALUMÍNIO ANODIZADO - COR ALUMÍNIO FOSCO- TIPO BASCULA FIXA- TAMANHO 1,20X0,60 - LINHA 30
BR-1 - BRISE DE ALUMÍNIO ANODIZADO

Fonte: Autora

Os *softwares* BIM automatizam todo o processo da geração da tabela de quantitativo, iniciando na coleta de dados, podendo conter os parâmetros desejados pelo projetista e concluindo na geração da tabela. Caso o projetista queira exportar essa tabela para outro *software*, como o Excel, por exemplo, o Revit consegue exportar os dados da tabela para um arquivo de texto (.txt). Todo o processo automatizado aumenta a precisão nos quantitativos, pois minimiza os erros humanos, como observa-se na Figura 71.

Figura 71 - Enumeração das esquadrias, AutoCAD

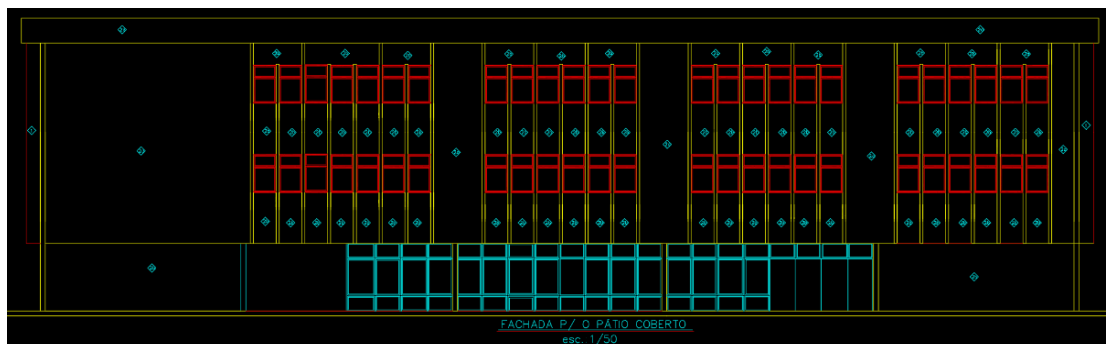
<Quadro de esquadrias - Janelas>					
A	B	C	D	E	F
unum	Contagem	Largura	Altura	Altura do peitoril	Descrição
J1	18	4.00	1.50	1.20	JANELA DE CORRER
J3	112	0.93	1.50	1.20	JANELA MÁXIMO AR
J4	2	3.15	0.80	1.95	JANELA MÁXIMO AR
J5	6	3.00	0.60	2.00	JANELA MÁXIMO AR
J6	1	2.00	0.80	1.95	JANELA MÁXIMO AR
J7	1	0.80	0.60	2.00	JANELA MÁXIMO AR
J8	17	1.14	2.70		PAINEL FIXO
J9	8	2.00	1.50	1.20	JANELA MÁXIMO AR
J10	1	1.20	0.60	1.20	JANELA DE CORRER
J12	1	3.00	1.50	1.20	JANELA DE CORRER
Total geral: 167					

Fonte: Autora

Para finalizar, observa-se que o AutoCAD não produz uma experiência humanizada do projeto, o que é contrastante com a fachada final do Revit que, inclusive, possui comandos de criação de vistas humanizadas, como “criação de uma vista 3D em perspectiva”, “inserção de sombras”, “plano de fundo com gradiente de cores ou com imagens”, “simulação de profundidade”, entre outros. É notório que todos esses comandos tornam o desenho da fachada

ainda mais agradável a quem contempla o projeto. Seguem as Figuras 72 e 73 com as diferenças entre as fachadas dos dois *softwares*.

Figura 72 - Fachada Norte, AutoCAD



Fonte: Autora

Figura 73 - Fachada Norte, Revit



Fonte: Autora

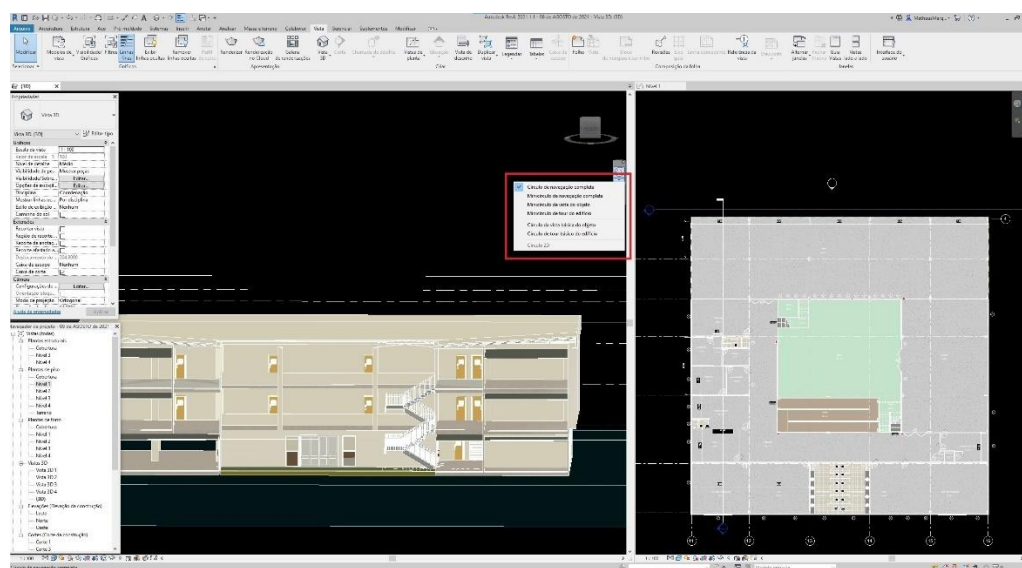
5.2 Revit e Allplan

Uma vez que este trabalho aborda a metodologia BIM como temática principal, é esperado que ambos os *softwares* BIM tenham soluções fundamentais em comum para a execução da metodologia. Tais soluções já foram mencionadas em outras seções, como os objetos parametrização e inteligentes; a modelagem 3D do projeto; a atualização automática do modelo gerado em diferentes vistas; a geração de quantitativos automaticamente, entre outros. Portanto, as principais semelhanças e diferenças que serão abordadas nesta seção referem-se, de modo geral, à interface dos *softwares*.

5.2.1 Semelhanças

Os Allplan e o Revit permitem a criação de mais de uma janela aberta durante a modelagem, o que gera muita facilidade na visualização do desenho, porque ambos admitem quantas janelas forem necessárias na tela principal. Além disso, o Allplan tem a ferramenta “view”, que se encontra no canto inferior esquerdo da tela. Tal ferramenta disponibiliza um total de 9 ângulos do desenho, além da rotação 3D em qualquer janela de visualização. Já o Revit tem uma caixa no canto superior direito com as vistas frontal, posterior, direita, esquerda e inferior, além de uma rotação 3D. O *software* também possui diversas combinações de ferramentas que auxiliam a modelagem, contudo, todas essas ferramentas só estão disponíveis na parte 3D do *software*, como na Figura 74.

Figura 74 - Visualização de duas janelas, Revit



Fonte: Autora

Em ambos os *softwares*, é possível dar duplo clique com o botão de *scroll* do mouse na janela do desenho, resultando em um zoom ampliado do modelo digital na tela. Nas cotas, também se pode observar semelhanças. Ambas as plataformas possuem uma dimensão inteligente em que a cota é associada ao objeto e, ao mudar a posição do objeto no projeto, muda-se também a configuração da cota automaticamente. Então, esta forma de execução é diferente do que ocorre nas plataformas CAD, que não associam a cota à nenhuma configuração, podendo gerar erros.

O comando “F1” no Allplan abre a janela “help” do *software*. Atenta-se ao fato de que as informações são em inglês, apesar do *software* ter sido configurado para apresentar uma interface em português. O Revit também possui uma ferramenta similar, a ferramenta “Ajuda”, cujo ícone é um binóculo. Por sua vez, como o Revit é um *software* já consolidado no Brasil, ao clicar no ícone, ele direciona o usuário a uma página na internet com tutoriais em português.

As propriedades de um elemento, como uma parede, são apresentadas em ambos *softwares* automaticamente na caixa de propriedades de modo bem similar entre os *softwares* BIM. Outro ponto importante é que tanto as “*smart parts*” do Allplan quanto as “famílias” do Revit podem ser encontradas na internet com simples pesquisas. Entretanto o Allplan ainda disponibiliza “*smart parts*” oficiais em seu site, que não estão disponíveis no *default* do *software*, o que simplifica a pesquisa. Entretanto, essas “*smarts parts*” podem ou não ser pagas.

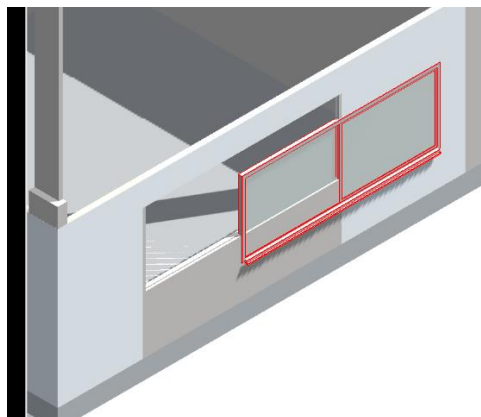
Em ambas plataformas BIM, ocultam-se os elementos de acordo com o desejo do usuário. Tal operação auxilia a visualização de um projeto mais claro sem prejudicar o desenho ou auxilia a visualização de uma parte específica do projeto. No Revit, existe o ícone dos óculos na barra de controle de vistas que oculta os elementos ou categorias selecionadas pelo projetista. Para exibi-los novamente, é necessário selecionar “revelar elementos ocultos”, que usa o ícone da lâmpada, e então o projetista deve escolher qual elemento ou categorias ele deseja exibir. Como o Allplan utiliza os “*drawing files*”, é possível ocultá-las (deixando na cor branca) conforme a necessidade do projetista. Destaca-se a necessidade de um bom gerenciamento dos “*drawing files*”, pois quanto mais organizadas elas estiverem, melhor a visualização do modelo digital.

5.2.2 Diferenças

A caixa de corte disponibilizada no Revit é um diferencial, dado que permite uma estabilidade durante a visualização do modelo digital de forma rápida; já o Allplan possui um zoom que possibilita navegar na parte de dentro do empreendimento sem a necessidade de um comando, ou seja, somente utilizando a aproximação do zoom. Contudo, a caixa de corte do Revit é mais eficiente do que o zoom do Allplan, que, por vezes, gera imagens distorcidas e acaba retardando um processo simples, que é utilizado a todo momento durante a modelagem, a visualização do modelo digital 3D.

Para modelar esquadrias no Allplan, é necessário inserir vãos do tamanho da esquadria que será inserida na parede do *software*. O Revit é menos complexo, pois não há a necessidade de criar vãos na parede, ou seja, é possível inserir as esquadrias em qualquer lugar e até mesmo arrastá-las pelo projeto sem modificar a estrutura das paredes. Caso seja preciso arrastar uma esquadria no Allplan, ela muda de lugar, mas o vão não, pois foi hospedado na parede. E, sim, é usual inserir uma esquadria sem o vão, e é notório que não é o ideal, como na Figura 75.

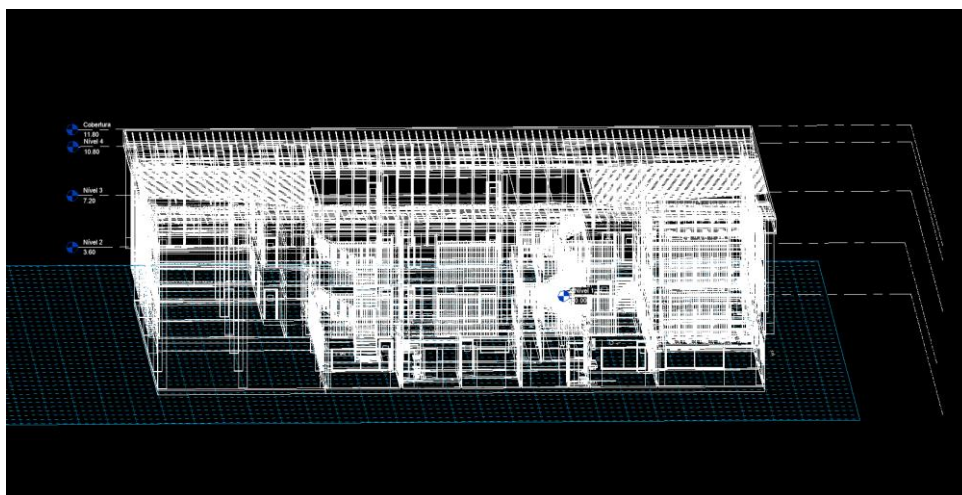
Figura 75 - Vão hospedado na parede e “smart part”, Allplan



Fonte: Autora

A visualização do estilo visual das *viewport* entre as plataformas BIM apresenta algumas diferenças. A aparência é alterada tanto no modelo digital 3D quanto nas plantas baixas diversas que o projeto pode ter. No Revit, o estilo visual da *viewport* é dividido em: estrutura de arame (Figura 76); linha oculta; sombreado; cores consistentes, e realista.

Figura 76 - Estilo visual do tipo Arame, Revit



Fonte: Autora

O Allplan também tem estilos semelhantes aos do Revit, como *wireframe* (modelo arame); *hidden* (linha oculta) e *animation* (cores consistentes). Além desses, o *software* tem o estilo visual *sketch* (imitando um desenho feito à mão, como um croqui, Figura 77), e o *RT Render* (o modelo digital renderizado). Apesar do Revit não ter o modelo visual *sketch* e *RT Render* no seu *default*, aceita que sejam realizadas alterações na tela, tais como: linha de esboço, simulação de profundidade, iluminação dentre outros. Estas opções são encontradas na janela “opção de exibição gráfica”, que pode ser aberta a qualquer momento no ícone em que estão localizados os estilos visuais da tela.

Figura 77 - Estilo visual do tipo sketch, Allplan



Fonte: Autora

Contudo, há um grande diferencial entre as plataformas. O *default* do Revit não altera ou retira nenhuma informação de suas plantas baixas ao mudar o estilo visual da tela. Já o *default* do Allplan retira todas as informações escritas, como área, tipo de cômodo, cotas de todos os estilos visuais, exceto no estilo visual *wireframe*. O Allplan, assim como Revit, também permite uma configuração mais avançada desse tipo de ferramenta.

5.3 Processo de interoperabilidade Revit-IFC-Allplan

Apesar do IFC 4 ser o modelo mais atual, conforme descrito na seção 4, o Allplan ainda está em processo de desenvolvimento para atender ao *BuildingSMART International* e ainda não possui a certificação do IFC 4, como verificado no site da *BuildingSMART International* (Figura 78). Desse modo, foi utilizado para o processo de interoperabilidade o “*IFC 2x3 coordination view 2.0*”, por ser a versão final do IFC 2x3.

Figura 78 - Certificado IFC

Certified Software

Home » Compliance » Software Certification » Certified Software

buildingSMART International provides an ongoing platform and process to certify applications. A growing number of organizations have achieved certification of their products, as listed in the table below.

Get IFC2x3 Certified



Get IFC4 Certified



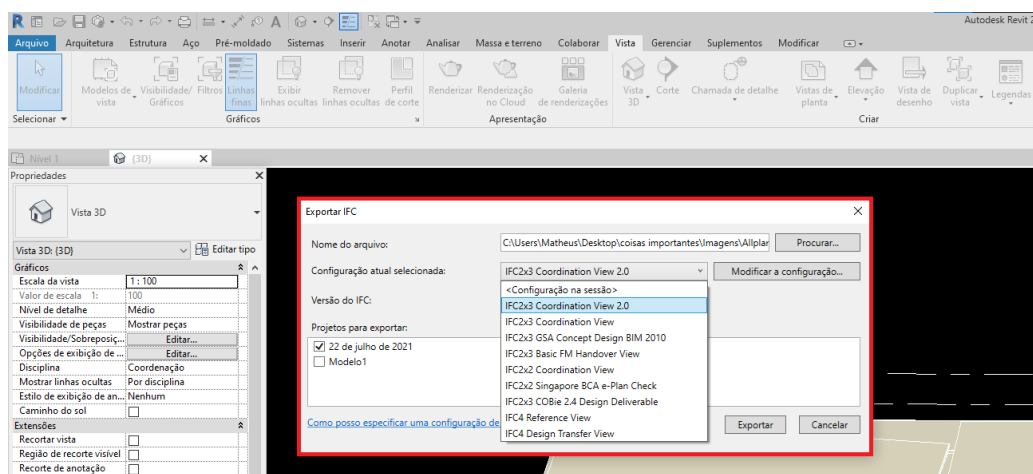
Search:

Vendor	Product	Schema	Exchange Requirement	Import / Export	Status	Started	Completed	Report (link)
NEMETSCHek Allplan GmbH	Allplan	IFC 2x3	CV 2.0	Import	Finished	2010-04-27	2014-05-07	https://ifc2x3.b-cert.org/ords/ifc/certification/getCertificationReport/341
NEMETSCHek Allplan GmbH	Allplan	IFC 2x3	CV2.0-Arch	Export	Finished	2010-04-27	2013-04-16	https://ifc2x3.b-cert.org/ords/ifc/certification/getCertificationReport/102
Allplan GmbH	Allplan	IFC4	Architectural Reference Exchange	Import	In Progress	2020-03-13		
Allplan GmbH	Allplan	IFC4	Architectural Reference Exchange	Export	In Progress	2020-03-13		

Fonte: (BUILDINGSMART, 2021)

É interessante mencionar que o Revit suporta o IFC 4 tanto para exportação de dados quanto para importação, como averiguado no site da *BuildingSMART International* e, como pode ser visto na hora de exportar o arquivo para um modelo IFC (Figura 79). Após o modelo digital do bloco A prédio universitário ser concluído no *software* Revit, como apresentado na seção 5.2, foi aplicada a exportação do arquivo como “*IFC 2x3 coordination view 2.0*”, através da caixa “Exportar IFC”, localizada em “Arquivo”, “Exportar”, “Exportar IFC”. Por fim, o arquivo é salvo em uma pasta, de acordo com o desejo do usuário.

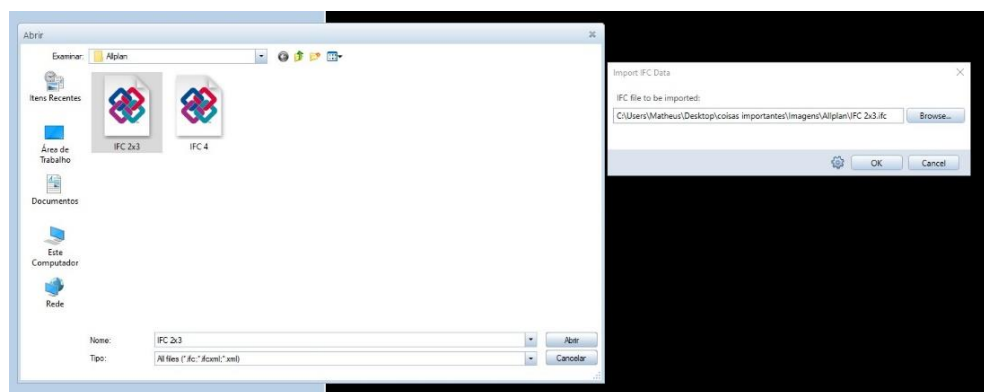
Figura 79 - Exportar IFC, Revit



Fonte: Autora

Com o modelo de IFC 2x3 já gerado pelo Revit e salvo em uma pasta, abre-se o *software* de interesse para realizar a interoperabilidade; neste projeto, usou-se o Allplan, como já foi mencionado. Para realizar o processo de interoperabilidade, foram percorridos os seguintes passos, depois do *software* aberto: selecionar o ícone do Allplan, clicar em “import” e, por fim “import IFC 2x3 data”; ao realizar a operação, abrirá a caixa “Import IFC data” e, ao clicar no botão de pesquisa, uma caixa de acesso ao arquivo IFC. Neste trabalho, foi aberto o IFC 2x3 salvo pelo Revit, como na Figura 80.

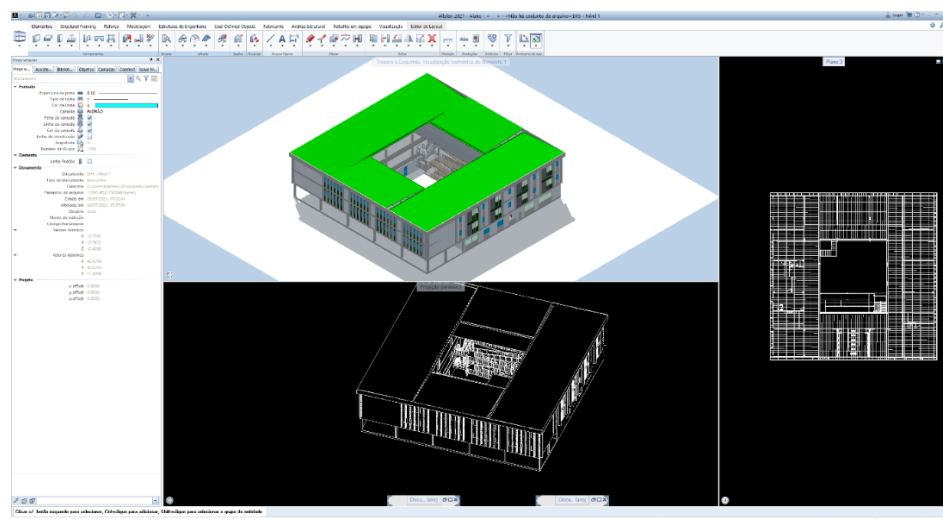
Figura 80 - Importar IFC, Allplan



Fonte: Autora

Ao carregar o projeto, a autora observou pontos positivos com relação ao modelo digital. Era esperado um empreendimento completamente fragmentado e com muitos erros na geometria do modelo, todavia, a interoperabilidade entre o Revit e o Allplan funcionou bem e com poucos erros quando se refere à geometria do empreendimento. Ou seja lajes, pilares, paredes, portas, janelas, escada e rampa, como pode ser visto na Figura 81, obtida logo após a interoperabilidade entre os *softwares* ser efetivada.

Figura 81 - Modelo digital importado, Allplan



Fonte: Autora

Após o processo de interoperabilidade, observa-se o nível de desenvolvimento (LOD) do desenho importado pelo *software* Allplan, conforme conceituado na subseção 4.6. Portanto, o modelo digital possui características semelhantes ao LOD 200, visto que o modelo no Allplan excede o LOD 100, que é referente ao modelo graficamente representado, mas não alcança o LOD 300, pois a interoperabilidade entre o Revit e o Allplan gera erros referentes às filosofias dos *softwares*, como será visto na subseção 5.3.1. Tais erros transmitem a noção de um modelo digital limitado, no qual qualquer informação derivada desse modelo deve ser considerada aproximada, logo, um LOD 200. É importante perceber que o projeto do prédio universitário modelado no Revit pode ser considerado como um LOD 300, pois possui informações mais precisas, como o tipo do material de cada elemento, as tabelas de quantitativos de esquadrias.

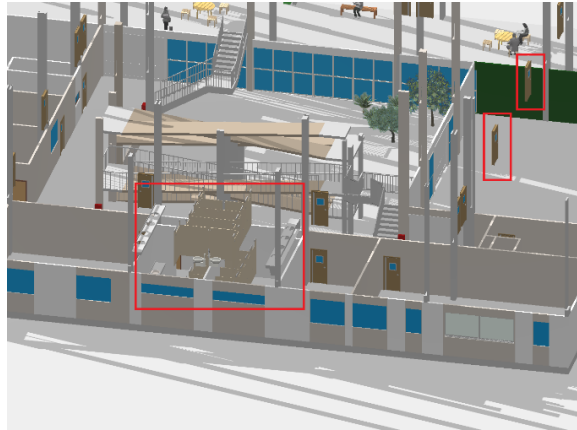
5.3.1 Erros de interoperabilidade

Depois do primeiro contato com a geometria do modelo, foi realizada uma análise mais apurada do modelo digital. Percebe-se que a interoperabilidade entre os *softwares* apresenta poucos erros de geometria, mas muitos erros referentes à mudança de filosofia entre os *softwares*.

Como já é sabido, a divisão e a visualização do Revit são feitas por níveis, logo, o caso do projeto do bloco A do prédio universitário foi separado por pavimentos, 1º, 2º, 3º pavimento e cobertura. Desse modo, quando o Allplan recebeu a interoperabilidade do Revit, a plataforma entendeu que o modelo digital só possuía 4 “*drawing files*”, que é a forma como o Allplan opera. Incluindo tudo o que foi modelado no 1º pavimento como a “*drawing file* – Nível 1”. Por conta dessa divisão errônea dos “*drawing files*” que ocorreu no Allplan após o processo de interoperabilidade, observaram-se erros como os apresentados a seguir:

- Algumas “*smart parts*”, como portas, janelas e os acessórios do banheiro, ficaram perdidas entre os pavimentos, como pode ser mais bem visualizada na Figura 82.

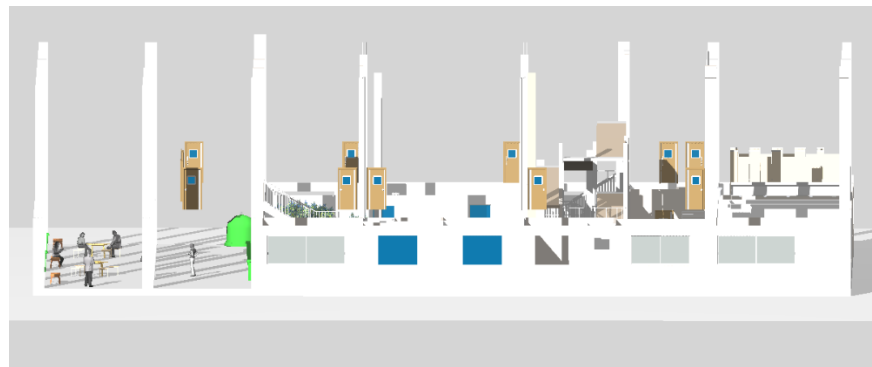
Figura 82 - Imagem do 1º pavimento, Allplan



Fonte: Autora

- Os pilares foram alocados no “*drawing file – Nível 1*”, mas claramente seguem até a cobertura, como na Figura 83.

Figura 83 - 1º pavimento e objetos do 2º pavimento, Allplan

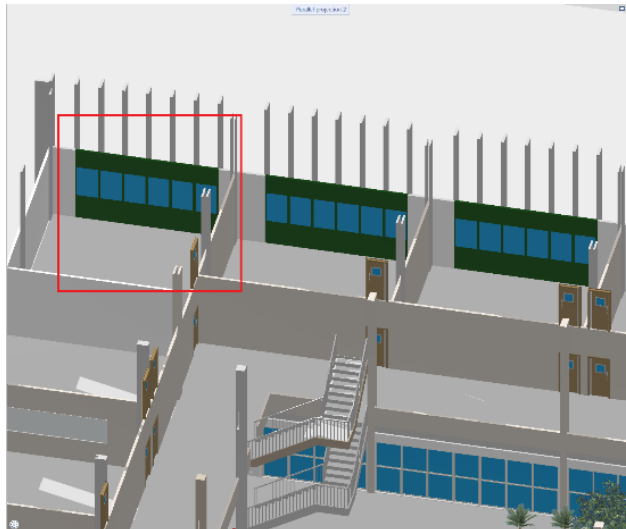


Fonte: Autora

Caso esse mesmo projeto fosse realizado no Allplan, iniciando do zero, como ocorreu no Revit, seria completamente ineficiente se o projetista utilizasse somente quatro “*drawing files*” para um empreendimento grande, como o bloco A do complexo universitário, visto que a filosofia do Allplan parte do princípio de um bom gerenciamento dos “*drawing files*”.

Durante a modelagem no Revit, houve a preocupação com o acabamento das alvenarias, ou seja, diferentes pinturas da parede e azulejos, já que algumas alvenarias externas possuíam acabamentos diferentes, sendo modelados diversos tipos de alvenarias diferentes. Então, depois do procedimento da interoperabilidade, o Allplan não conseguiu perceber estas minuciosidades e inseriu o mesmo acabamento nos dois lados da parede, como pode ser visto na Figura 84. Um erro claro da interoperabilidade, pois tanto Revit quanto o Allplan possui capacidade de perceber a diferença entre a parte interna e externa da alvenaria.

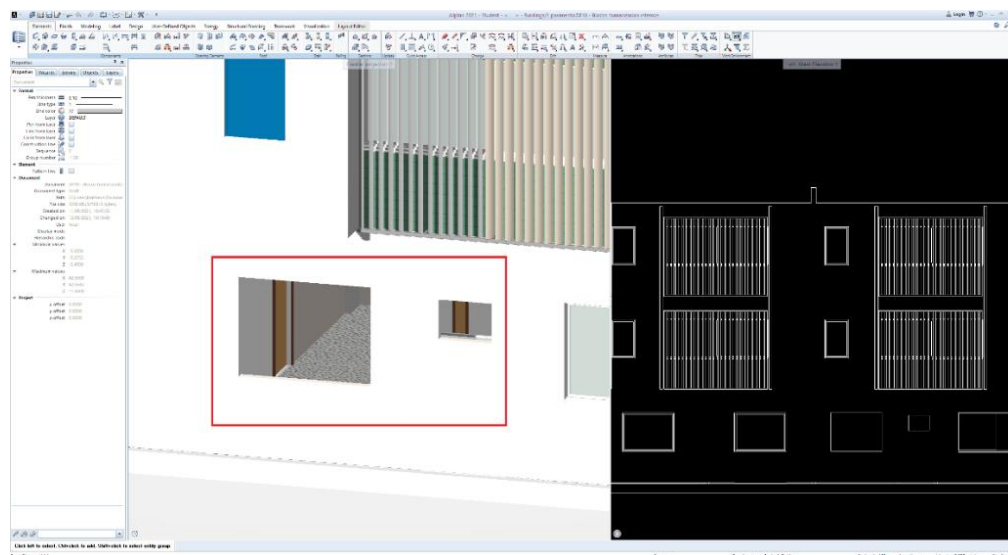
Figura 84 - Parede 2º pavimento, Allplan



Fonte: Autora

Algumas famílias de janelas ou “*smart parts*”, como são chamadas no Allplan, não passaram no processo de interoperabilidade. Ou seja, passaram-se os vãos que o Allplan hospedou na parede do tamanho das janelas que existiam no Revit, mas não as janelas, como na Figura 85. Este fato é interessante, pois o Revit não admite o vão na parede como ocorre no Allplan.

Figura 85 - Parede sem *smart parts*, Allplan

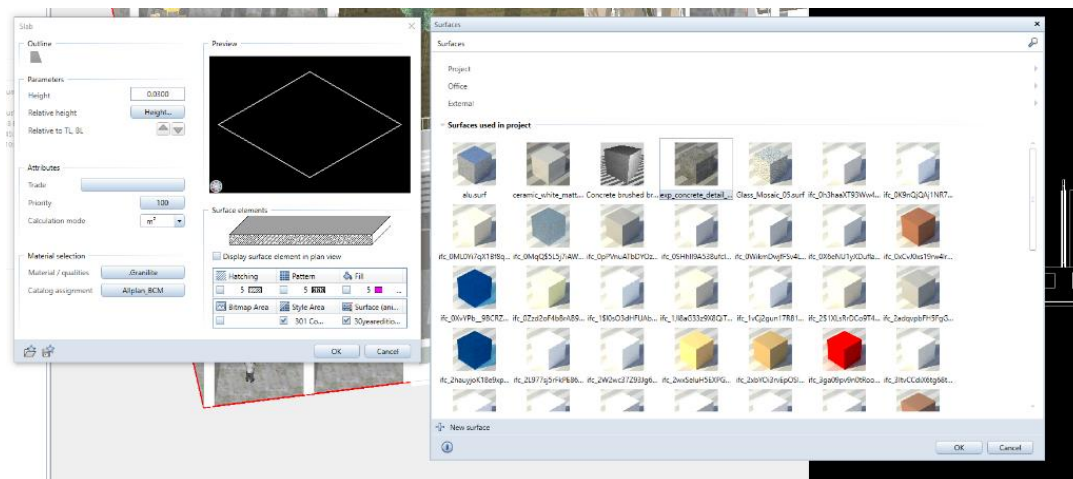


Fonte: Autora

Por fim, todos os acabamentos dos pisos não foram transmitidos do Revit ao Allplan durante o processo de interoperabilidade. Apesar disso, o Allplan consegue identificar o piso e o material existentes, mas a parte visual do piso do modelo digital permanece prejudicada no

processo. Portanto, foi necessário inserir a textura relacionada ao piso em todo o empreendimento, como na Figura 86.

Figura 86 - Textura dos pisos, Allplan



Fonte: Autora

6. CONCLUSÃO

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, observou-se os principais benefícios do BIM quando somado à interoperabilidade, como menor duração do projeto, mitigação de erros humanos, melhora do fluxo de informação e ganhos econômicos. Isso evidencia a importância da metodologia na indústria da construção civil.

Foi constatado também que a indústria nacional da construção civil precisa desenvolver mais o BIM em suas atuações, principalmente quando comparada aos países como a Dinamarca, Holanda e o Reino Unido. Apesar das medidas políticas como a Estratégia Nacional da Disseminação do BIM, que demonstram interesses do governo de difundir a metodologia no país, mesmo que estas políticas ainda sejam brandas.

O conceito da interoperabilidade foi impulsionado após o BIM se estabelecer como uma tendência mundial. E também, devido à aplicação da metodologia ocorrer em todo o ciclo de vida do projeto, gerando a necessidade de uma interação entre diversos *softwares*. A interoperabilidade tem como principal finalidade a troca de informações entre eles, sem perdas significativas de dados por isso sua importância no cenário atual.

O projeto abordado neste trabalho é um prédio universitário localizado na cidade de Macaé, Rio de Janeiro, Brasil. Utilizou-se o *Industry Foundation Class* (IFC) 2x3 como o modelo de dados e produtos para realizar a interoperabilidade do empreendimento entre os *softwares* Revit e Allplan. É importante ressaltar a existência do IFC 4 como o modelo mais atual. Contudo, o Allplan não estava certificado no momento deste projeto, logo, foi utilizado o IFC 2x3.

Durante a troca de dados entre os *softwares*, verificou-se que toda a geometria foi transmitida de um para outro, com poucas perdas de dados. No entanto, os erros de interoperabilidade foram devidos às diferenças entre as soluções utilizadas pelo Revit e o Allplan durante a modelagem. Tais erros se referem à filosofia de cada *software*. Conclui-se que os modelos de dados IFC ainda precisam melhorar. Uma demonstração disso são as constantes atualizações realizadas pela *BuildingSMART Internacional*. Outro ponto relevante é o resultado do intercâmbio executado neste projeto, que provavelmente mudará quando for utilizado uma nova atualização do IFC.

Durante a criação do texto foi observado algumas dificuldades, como no caso do IFC, que não possui uma bibliografia abundante para consulta no Brasil. Por esse motivo, foi necessário realizar pesquisas em sites internacionais, o que proporcionou dificuldades com uma língua não nativa. Outro problema encontrado durante o projeto está relacionado ao tutorial de

capacitação do software Allplan, que além de serem escassos, são também mais difundidos em inglês e alemão.

Sugere-se que sejam realizados trabalhos futuros relacionados a interoperabilidade.

Algumas opções de pesquisas são:

- Modelar o empreendimento no Allplan, e através do IFC realizar o processo de interoperabilidade no Revit e, por fim, comparar os resultados de ambos os projetos.
- Realizar a interoperabilidade com outros softwares BIM, como: ArchiCAD, Tekla Structures e o TQS.
- Realizar a modelagem de projetos complementares do empreendimento, como projeto elétrico, hidráulico e estrutural. Importar o projeto para o Navisworks, e realizar a compatibilização desse projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADDOR, M. et al. Colocando o “i” no BIM. **revista arq.urb**, 2010.
- ADDOR, M. et al. **ESTRUTURAÇÃO DO ESCRITÓRIO DE PROJETO PARA A IMPLANTAÇÃO DO BIM**. [s.l: s.n.]. v. 1
- ADDOR, M. et al. **Fluxo de Projetos em BIM: Planejamento e Execução**. [s.l: s.n.]. v. 11
- AMARAL, R.; FILHO, A. A Evolução do CAD e sua Aplicação em Projetos de Engenharia. [s.l: s.n.].
- AMBROSE, M. A. Agent provocateur - BIM in the academic design studio. **International Journal of Architectural Computing**, v. 10, n. 1, p. 53–66, 1 mar. 2012.
- ANDRADE, M. L. V. X. DE; RUSCHEL, R. C. APPLICATION INTEROPERABILITY BIM USED IN ARCHITECTURE THROUGH THE FORMAT IF. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 4, n. 2, 2009.
- ANTAC. **ENEBIM**. Disponível em: <<https://eventos.antac.org.br/index.php/enebim>>. Acesso em: 26 maio. 2021.
- ARAYICI, Y. An approach for real world data modelling with the 3D terrestrial laser scanner for built environment. **Automation in Construction**, v. 16, n. 6, p. 816–829, set. 2007.
- AUTODESK. **Revit**. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview?term=1-YEAR>>. Acesso em: 26 maio. 2021a.
- AUTODESK. **Navisworks**. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/navisworks/overview>>. Acesso em: 26 maio. 2021b.
- AVIVA. **No Title**, 2021. Disponível em: <<https://www.avivastadium.ie/getting-here>>
- BARATONO, P. et al. **Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector**. [s.l: s.n.].
- BARBOSA D et al. **CONSTRUÇÃO MODULAR EM ESTRUTURA METÁLICA COM ADEQUAÇÃO AO BIM 10D**. [s.l.] UNIVERSIDADE SÃO JUDAS TADEU, 2021.
- BARISON, M.; SANTOS, E. ENSINO DE BIM: TENDÊNCIAS ATUAIS NO CENÁRIO INTERNACIONAL. **Gestao & tecnologia de projeto**, 2011.
- BEDOLLA, S. et al. **Introducción a la Tecnología BIM**. [s.l: s.n.].
- BENTLEYSYSTEMS. **No Title**. Disponível em: <<https://www.bentley.com/pt/about-us>>.
- BIM FORUM. **LEVEL OF DEVELOPMENT SPECIFICATION**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.bimforum.org/lod>.
- BIMLOKET. **No Title**. Disponível em: <<https://bimloket.nl/main.php>>.
- BIMREGISTER. **No Title**. Disponível em: <<https://www.bimregister.nl/>>.

BORRMANN, A. et al. **Building Information Modeling Technology Foundations and Industry Practice**. [s.l: s.n.].

BOUWINFORMATIERAAD. **No Title**. Disponível em: <<https://www.bouwinformatieraad.nl/main.php>>.

BRAGA, M. et al. Virtualização da Construção em Fase Orçamentária. 2014.

BUILDINGSMART. **Building Smart internacional**. Disponível em: <<https://www.buildingsmart.org/>>. Acesso em: 26 maio. 2021.

CAMPOS CRESPO, C.; RUSCHEL, R. C. Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. **Integracao de Sistemas em Arquitetura, Engenharia e Construcao**, 2007.

CARDOSO, R. **Orcamento de obras em foco**. 3 edicao ed. Sao Paulo: [s.n.].

CASSINO, K. E. et al. **SmartMarket Report McGraw Hill Construction The Business Value of BIM for Construction in Major Global Markets: How Contractors Around the World Are Driving Innovation With Building Information Modeling SmartMarket Report Executive Editor**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.construction.com>.

CATELANI, W. **Coletânea Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadoras - Volume 1**. [s.l: s.n.]. v. 1

CATELANI, W. **10 MOTIVOS PARA EVOLUIR COM O BIM**. [s.l: s.n.].

CATELANI, W. **Coletânea Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadoras - Volume 2**. [s.l: s.n.]. v. 2

CATELANI, W. **Coletânea Implementação do BIM Para Construtoras e Incorporadoras - Volume 3**. [s.l: s.n.]. v. 3

CDBB. **Centre for Digital Built Britain**. Disponível em: <<https://www.cdbb.cam.ac.uk/>>.

COELHO, S.; NOVAES, C. **Modelagem de Informações para Construção (BIM) e ambientes colaborativos para gestão de projetos na construção civil**. [s.l: s.n.]. . Acesso em: 24 maio. 2021.

CRUZ, G. **COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COM O USO DE FERRAMENTAS BIM**. FLORIANÓPOLIS: [s.n.].

EASTMAN, C. et al. **BIM HANDBOOK - MANUAL BIM**. [s.l: s.n.].

EUBIMTASKGROUP. **EUBIM**. Disponível em: <<http://www.eubim.eu/>>.

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S. B. **POR UM PROCESSO DE PROJETO SIMULTÂNEO 2. O CONCEITO DE ENGENHARIA SIMULTÂNEA**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <http://cic.vtt.fi/cib_tg33/>.

FLORIO, W. Contribuições do Building Information Modeling no processo de projeto em arquitetura. **Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção**, n. 3, p. 1–10, 2007.

GASPAR, J.; RUSCHEL, R. **A evolução do significado atribuído ao acrônimo BIM: Uma perspectiva no tempo.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://www.proquest.com>>.

GOOGLE MAPS. **No Title**, 2021. Disponível em: <<https://www.google.com.br/maps/@-22.3898884,-41.8073921,710m/data=!3m1!1e3>>

GORDON, V. R.; HOLNESS, P. E. BIM Gaining Momentum. **ASHARAE**, v. 4, n. June, p. 68, 2008.

GROUP, S. C. A Report for the Government Construction Client Group – BIM working strategy Client Group. n. March, p. 1–7, 2011.

HAMMAD, A. W. A. et al. The Use of Unmanned Aerial Vehicles for Dynamic Site Layout Planning in Large-Scale Construction Projects. **Buildings**, v. 11, n. 12, p. 602, 1 dez. 2021.

J., M. BIM- Modelo Digital da Edificacao. **Acta Botanica Brasilica**, v. 10, n. 2, p. 425–435, 2015.

JERNIGAN, F. E.; ONUMA, K. G. Big BIM Little BIM: The practical approach to the BIM ecosystem. 2008.

JUAN, D.; ZHENG, Q. Cloud and Open BIM-Based Building Information Interoperability Research. **Journal of Service Science and Management**, v. 07, n. 02, p. 47–56, 2014.

JUNIOR, W. **Desenvolvimento de um modelo para compatibilizacao das interfaces entre especialidades do projeto de edificacoes em empresas construtoras de pequeno porte.** Florianópolis : [s.n.].

KAMARDEEN, I. 8D BIM MODELLING TOOL FOR ACCIDENT PREVENTION THROUGH DESIGN. **Association of Researchers in Construction Management**, p. 281–289, 2010.

KERN, V. M.; BØHN, J. H.; BARCIA, R. M. THE BUILDING OF INFORMATION MODELS IN STEP. **The Second International Congress of Industrial Engineering**, 7 out. 1996.

LEE, A. et al. **Developing a vision for an nD modelling tool.** [s.l: s.n.]. Disponível em: <<http://eprints.qut.edu.au/>>.

LEE, A. et al. **nD modelling road map : A vision for nD Enabled construction Title nD modelling road map : A vision for nDEnabled construction.** [s.l: s.n.].

MACHADO, F. A.; RUSCHEL, R. C. Soluções integrando BIM e Internet das Coisas no ciclo de vida da edificação: uma revisão crítica. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v. 9, n. 3, p. 240–258, 28 set. 2018.

MELLO, R. B. DE. BIM e custos : Maximize os dados do modelo com o Navisworks e o Quantity Takeoff. p. 60, 2012.

MIKALDO, J.; SCHEER, S. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS OU ENGENHARIA SIMULTÂNEA: QUAL É A MELHOR SOLUÇÃO? **Gestao e tecnologia de projetos**, v. 3, n. 1, 2008.

NBS. 10th Annual UK's National Building Specification Report 2020. **NBS Enterprises Ltd.**, p. 1–39, 2020.

NEMETSCHEK. **Architecture Tutorial**. [s.l: s.n.].

NEMETSCHEK GROUP. **ALLPLAN**. Disponível em: <<https://www.allplan.com/at>>. Acesso em: 26 maio. 2021.

NIEDERMAIER, A.; BÄCK, R. **Allplan BIM-Kompandium Theorie und Praxis**. [s.l: s.n.].

Part I For Building Information Models Level of Development Specification. . [s.l: s.n.]. Disponível em: <www.bimforum.org/lod>.

Prefeitura Municipal de Macaé. Disponível em: <<http://www.macaee.rj.gov.br/>>. Acesso em: 20 jul. 2021.

RUSCHEL, R. To BIM or not to BIM? 2014.

SAKIN, M.; KIROGLU, Y. C. **3D Printing of Buildings: Construction of the Sustainable Houses of the Future by BIM**. Energy Procedia. **Anais...Elsevier Ltd**, 2017.

SENCE.CE. **No Title**. Disponível em: <<https://sengece.org.br/conheca-a-dimensao-8d-bim-essencial-para-a-prevencao-de-acidentes-na-construcao-civil/>>.

SELKER, F.; ALLMENDINGER, P. International experiences: Future cities and BIM. n. May, p. 30, 2018.

SMITH, P. BIM implementation - Global strategies. **Procedia Engineering**, v. 85, p. 482–492, 2014a.

SMITH, P. BIM & the 5D Project Cost Manager. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 119, p. 475–484, mar. 2014b.

SUCCAR, B. Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. **Automation in Construction**, v. 18, n. 3, p. 357–375, maio 2009.

SUNDMAEKER, H. et al. **Vision and Challenges for Realising the Internet of Things**. [s.l: s.n.].

TEMER, M. et al. **Estratégia BIM BR**. [s.l: s.n.].

THE CONSTRUCTOR. **No Title**. Disponível em: <<https://theconstructor.org/construction/building-information-modeling/13614/>>.

TRIMBLE. **Tekla structures**. Disponível em: <<https://www.tekla.com/br/produtos/tekla-structures>>. Acesso em: 26 maio. 2021.

TSE, T. et al. THE UTILISATION OF BUILDING INFORMATION MODELS IN nD MODELLING: A STUDY OF DATA INTERFACING AND ADOPTION BARRIERS. **Journal of Information Technology in Construction**, v. 10, p. 85–110, 2005.

WHATIS. **Interoperability**. Disponível em: <<https://whatis.techtarget.com/search/query?q=interoperability>>. Acesso em: 26 maio. 2021.

APÊNDICE

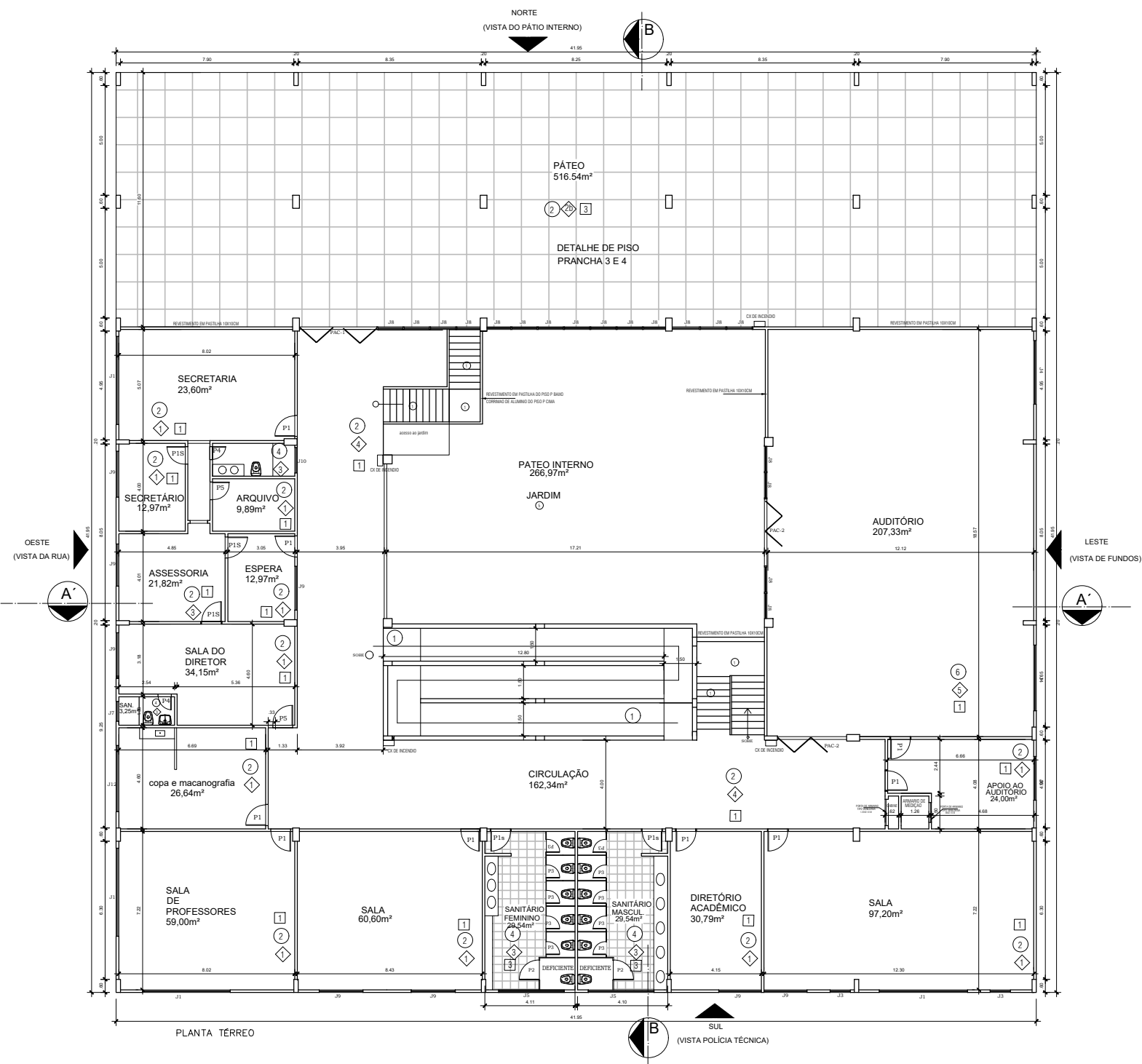
**APÊNDICE A- LINK PARA O GOOGLE DRIVE PARA ACESSO AO
ARQUIVO DO MODELO DIGITAL DO REVIT E ALLPLAN**

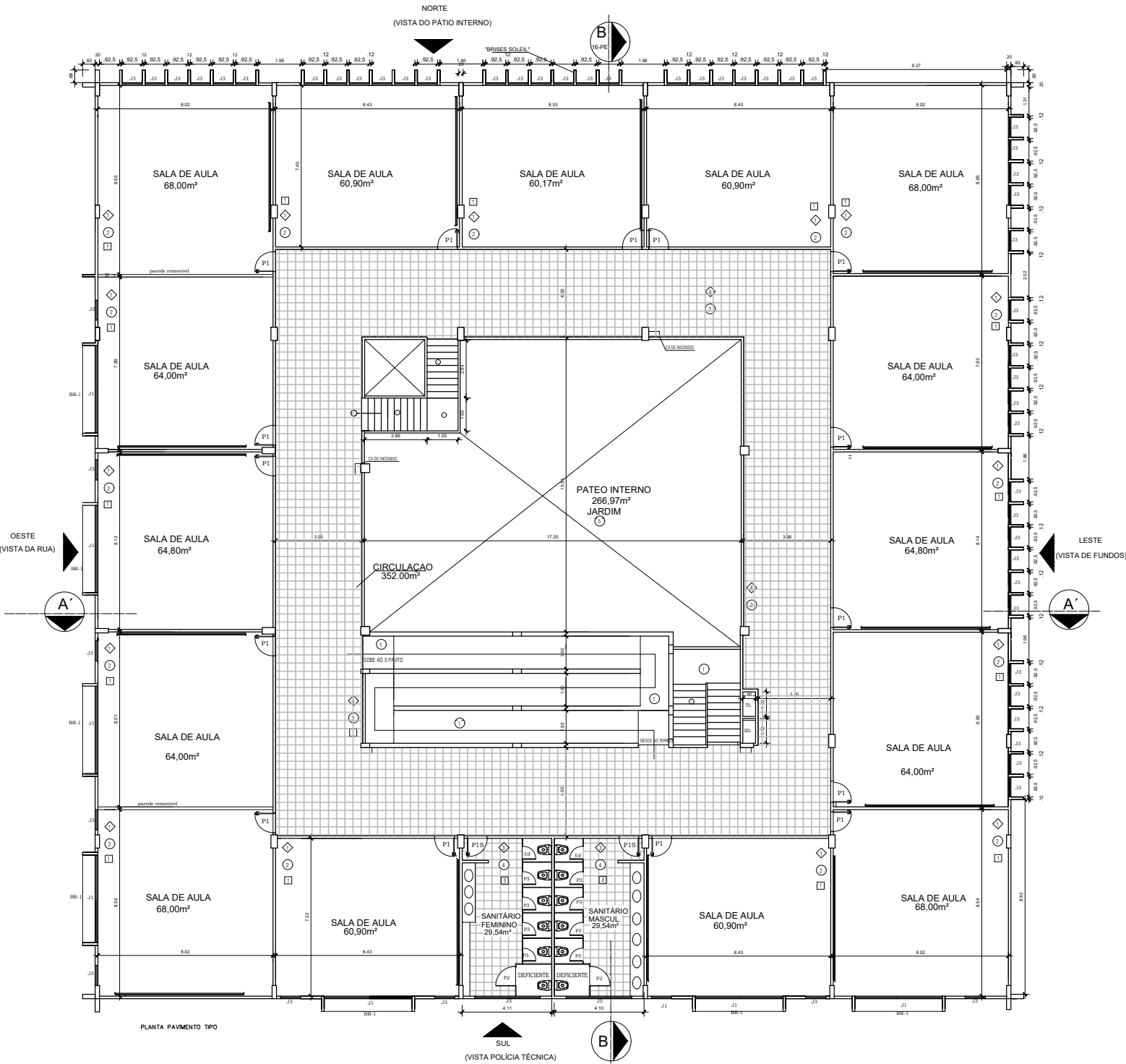


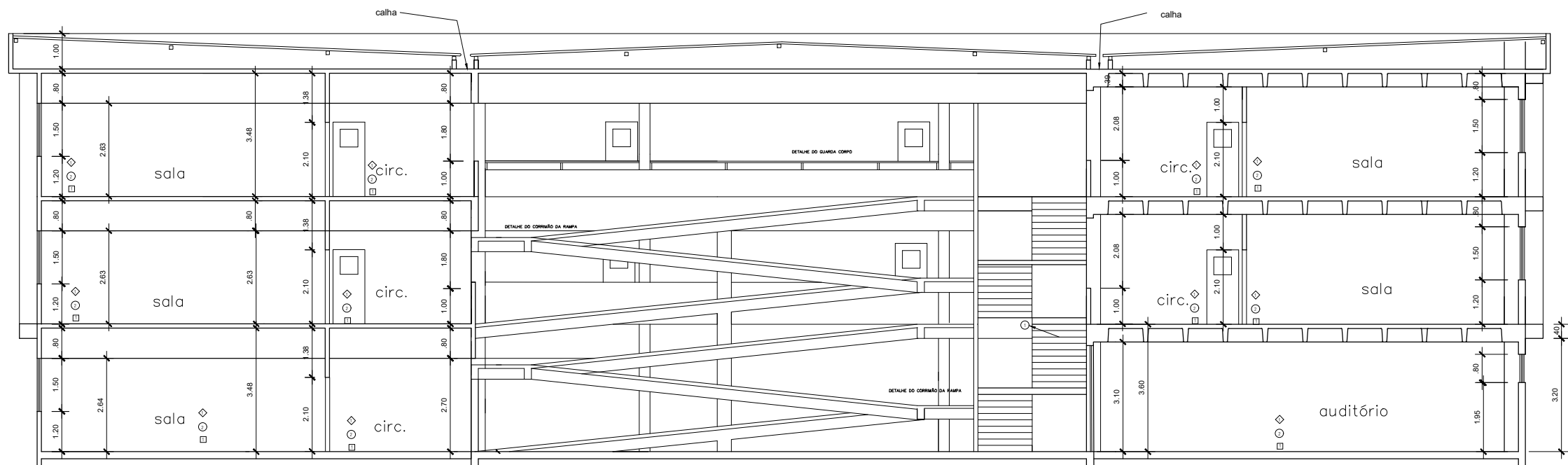
Link:

https://drive.google.com/drive/folders/1a7JNA-_xuSp5yPTMtkPwEEMYkwg8OJ3w?usp=sharing

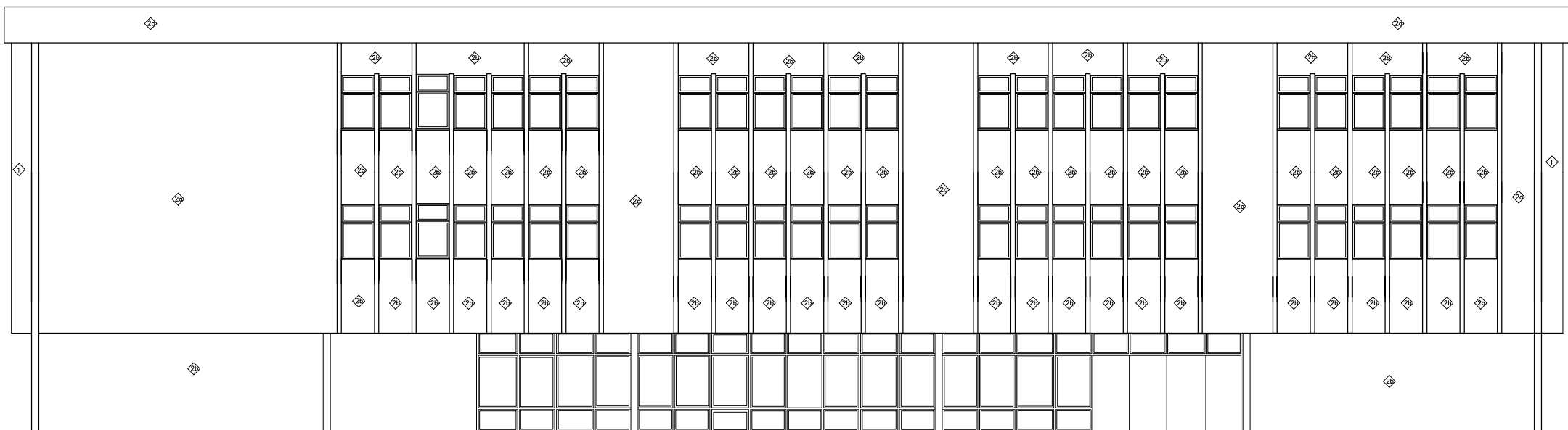
ANEXOS



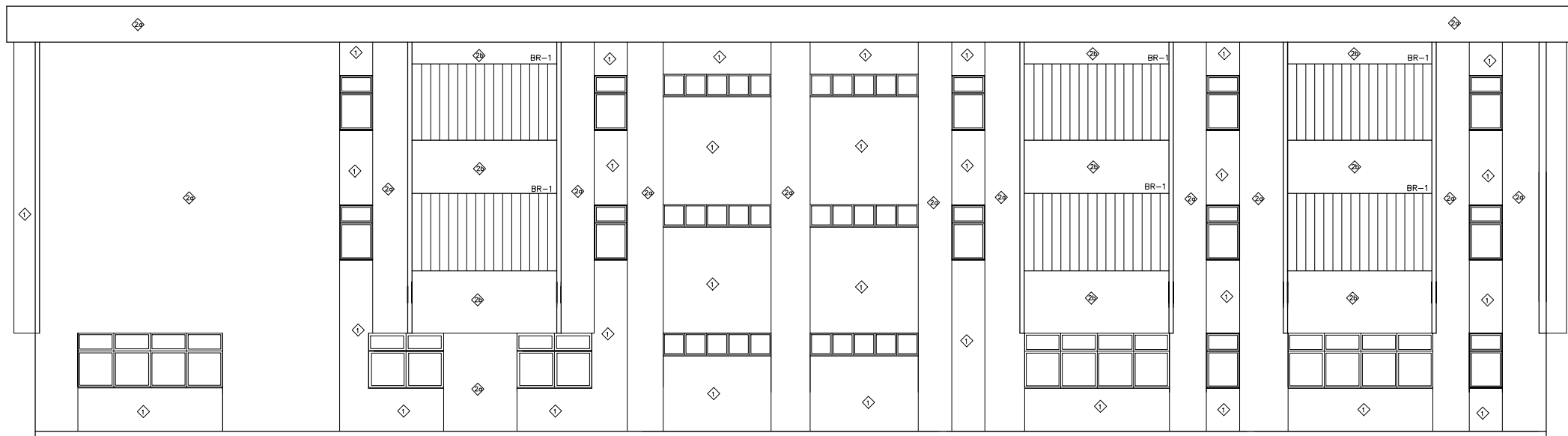




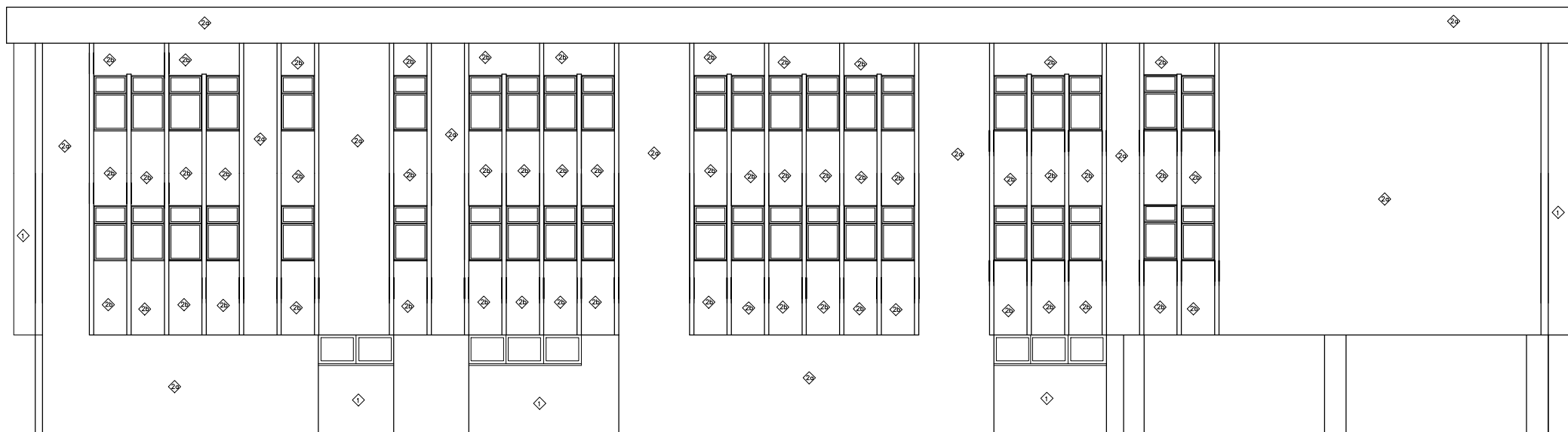
CORTE A - A



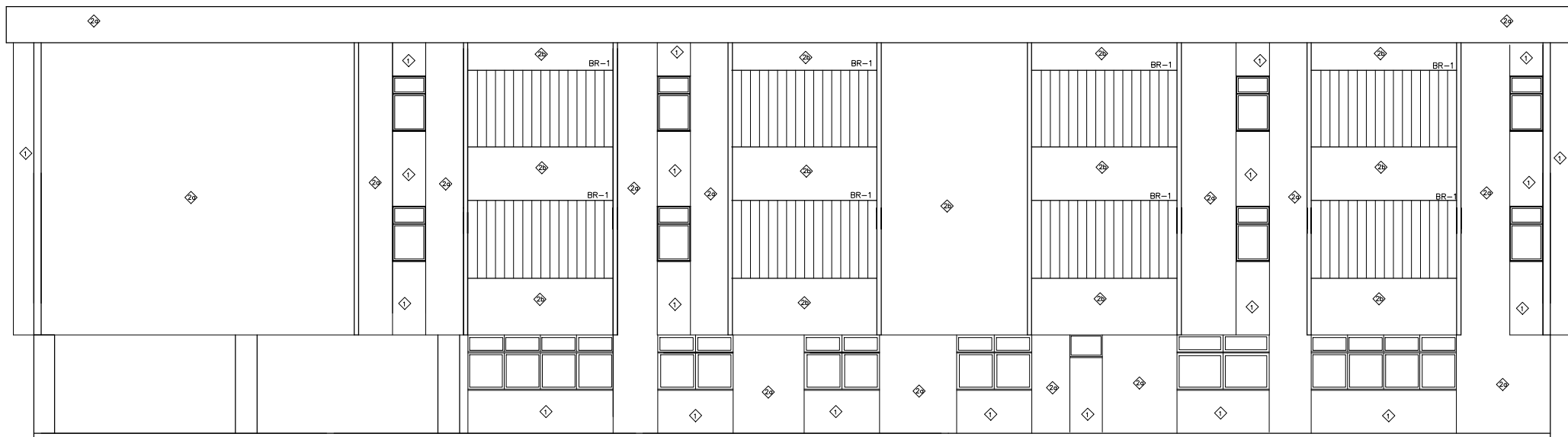
FACHADA NORTE (PÁTIO COBERTO)



FACHADA SUL (POLÍCIA TÉCNICA)



FACHADA LESTE (FUNDOS)



FACHADA OESTE (RUA)