

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO ELÉTRICA

Ana Carolini Almeida de Souza

**AVALIAÇÃO DA INTEROPERABILIDADE NAS FERRAMENTAS DIGITAIS BIM
UTILIZADAS NA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES DO SETOR
DA ARQUITETURA, ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO**

Florianópolis

2022

Ana Carolini Almeida de Souza

**AVALIAÇÃO DA INTEROPERABILIDADE DAS FERRAMENTAS DIGITAIS BIM
UTILIZADAS NA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES DO SETOR
DA ARQUITETURA, ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Produção Elétrica do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título em Engenharia, área Elétrica, habilitação Produção Elétrica.
Orientador: Prof. Mônica Maria Mendes Luna.

Florianópolis

2022

Ficha de identificação da obra

Souza, Ana Carolini Almeida de
Avaliação da interoperabilidade nas ferramentas digitais
BIM utilizadas na elaboração de projetos de edificações no
setor da arquitetura, engenharia e construção / Ana
Carolini Almeida de Souza ; orientadora, Mônica Maria
Mendes Luna, 2022.
105 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico,
Graduação em Engenharia de Produção Elétrica, Florianópolis,
2022.

Inclui referências.

1. Engenharia de Produção Elétrica. 2. BIM. 3.
digitalização. 4. interoperabilidade. 5. ferramentas
digitais. I. Luna, Mônica Maria Mendes . II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia de
Produção Elétrica. III. Título.

Ana Carolini Almeida de Souza

**AVALIAÇÃO DA INTEROPERABILIDADE DAS FERRAMENTAS DIGITAIS BIM
UTILIZADAS NA ELABORAÇÃO DE PROJETOS DE EDIFICAÇÕES DO SETOR
DA ARQUITETURA, ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Eletricista e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia de Produção Elétrica, da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 06 de dezembro de 2022.

Prof^a. Mônica Maria Mendes Luna, Dr.
Coordenadora do Curso de Graduação em
Engenharia de Produção e Sistemas

Banca Examinadora

Prof^a. Mônica Maria Mendes Luna, Dr.
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a. Caroline Rodrigues Vaz
Avaliadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Eng. Civil Bruno Alberto Brunetto
Avaliador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha mãe, Rosimar Aparecida Borges, por sua doação incondicional. Ela é meu maior exemplo de força.

Agradeço aos meus irmãos que sempre me ajudaram a trilhar meu caminho com maior clareza. À minha irmã, Tatiani Cristina D'Avila, que é minha segunda mãe e uma amiga, sempre ao meu lado. Ao meu irmão, Cristiano Almeida de Souza, por suas palavras (quase) sempre gentis e por sempre ter cuidado de mim. Ao meu cunhado, Carlos Fabbri D'Avila, que também me adotou como filha e irmã e que tenho muita gratidão. À minha cunhada e nutricionista favorita, Camila Coelho. Às minhas cunhadas e sogros, que são partes importantes da minha história e que me adotaram com muito amor e carinho. Às minhas avós que sempre rezam por mim e transformam o carinho em comida. Ao meu avô, que com certeza torce e zela por mim do céu.

Agradeço ao meu melhor amigo, Guilherme Barreto Malischeski da Silva, que felizmente tenho o prazer de partilhar a minha vida, agora nossa. Minhas conquistas também são as dele.

Agradeço ao meu presente da UFSC, meu amigo Yago Ronan Messias, que tornou minha graduação mais leve. Que possamos continuar compartilhando nossas vitórias, mesmo quando em caminhos diferentes.

Agradeço à minha colega de trabalho e hoje de vida, Anna Paula Baú Ribeiro, por se mostrar sempre disposta a me ensinar e rir comigo.

Agradeço à minha professora orientadora, Mônica Maria Mendes Luna, por sua dedicação e por dividir seus conhecimentos, sempre com paciência e carinho, tornando possível a entrega deste trabalho.

Ao longo de minha jornada, pude contar com o apoio de pessoas que me inspiraram em todos os sentidos da palavra. Sou eternamente grata a todos os demais familiares e amigos que de uma forma ou de outra contribuíram com suas palavras e gestos, seja com um aprendizado, seja com uma carona, seja ouvindo meus desabafos, ou seja me trazendo um carinho em forma de comida. Com certeza sou uma pessoa e profissional melhor graças a todos vocês.

Por fim, dedico esse trabalho também aos meus dois afilhados, Elisa e Lucas, que sei que terão um futuro brilhante e de muito amor.

RESUMO

A adoção de novas tecnologias no setor de arquitetura, engenharia e construção (AEC) tem permitido que documentos de projeto passem a ser representados em três dimensões, mas, além disso, tem promovido mudanças nos processos de elaboração e gestão de projetos com a participação dos diversos atores. A metodologia BIM (*Building Information Modeling*) merece destaque nesse setor ao permitir atender as novas exigências do mercado de projetos de edificações do setor da AEC, apoiando as mais diversas atividades associadas à gestão de projetos – tais como elaboração dos projetos, aquisição de materiais, construção, planejamento e gestão de obras – ao mesmo tempo que viabiliza a colaboração de todas as partes envolvidas. A troca eficiente de informações entre os diferentes atores que participam das várias fases do ciclo de vida de um projeto de AEC depende da interoperabilidade das ferramentas digitais usadas em um ambiente BIM, requisito fundamental para o sucesso de um projeto dessa natureza. O presente trabalho visa a avaliar as ferramentas digitais (softwares) utilizadas por profissionais da área de AEC que realizam projetos de edificações com a metodologia BIM em termos da interoperabilidade. Para tanto foi elaborado um questionário com identificação das variáveis que permitem avaliar as ferramentas digitais BIM em termos da interoperabilidade técnica, sintática e semântica no momento de exportação de arquivos IFC, além de analisar a perspectiva dos respondentes acerca da interoperabilidade no momento de transferência de dados entre softwares e para demais formatos de arquivos, como DWG e PDF. O questionário foi aplicado usando a plataforma da Google Forms™ e com base nas respostas de 23 profissionais do setor da AEC, pode-se observar que a interoperabilidade das ferramentas digitais BIM usadas para transferência de dados em IFC é, em geral, caracterizada como sintática, constatando-se ainda que a transferência de demais dados entre softwares também não atingiu o nível ideal, bem como a transferência de dados para formatos de arquivos como DWG e PDF, demonstrando que alcançar o nível de interoperabilidade semântica parece ainda constituir um desafio na implementação da metodologia BIM em projetos. Observa-se também que o software BIM mais utilizado para a realização da modelagem de projetos é o Revit e para a análise de *clashes* em projeto, o Navisworks. Para a etapa de cálculos de projeto, o software mais utilizado pelos respondentes é o Excel, concluindo-se, portanto, que os softwares de modelagem ainda não dispõem de todas as funcionalidades necessárias para a realização da etapa de cálculos de projeto, sendo assim necessário o uso de softwares complementares (não necessariamente softwares BIM).

Palavras-chave: BIM, Digitalização, Interoperabilidade, Ferramentas Digitais.

ABSTRACT

The adoption of new technologies in the architecture, engineering and construction (AEC) sector has allowed project documents to be represented in three dimensions and, in addition, has promoted changes in the processes of elaboration and management of projects with the participation of the various actors. The BIM (Building Information Modeling) methodology deserves to be highlighted in this sector by allowing it to meet the new requirements of the building project market in the AEC sector, supporting the most diverse activities associated with project management - such as project preparation, material acquisition, construction, planning and management of works – while enabling the collaboration of all parties involved. The efficient exchange of information between the different actors who participate in the various stages of the life cycle of an AEC project depends on the interoperability of the digital tools used in a BIM environment, a fundamental requirement for the success of a project of this nature. This work aims to evaluate the digital tools (softwares) used by professionals in the area of AEC (Architecture, Engineering and Construction) who carry out building projects with the BIM methodology in terms of interoperability. To this end, a questionnaire was created identifying the variables that allow the evaluation of digital BIM tools in terms of technical, syntactic and semantic interoperability when exporting IFC files, in addition to analyzing the perspective of respondents about interoperability at the time of data transfer between software and for others files formats, such as DWG and PDF. The questionnaire was applied using the Google Forms™ platform and, based on the responses of 23 professionals from the AEC sector, it can be observed that the interoperability of digital BIM tools used for data transfer in IFC is, in general, characterized as syntactic, noting that the transfer of other data between software also did not reach the ideal level, as well as the transfer of data to file formats such as DWG and PDF, demonstrating that reaching the level of semantic interoperability still seems to constitute a challenge in implementation of the BIM methodology in projects. It is also observed that the most used BIM software for carrying out project modeling is Revit and for the analysis of clashes in a project, Navisworks. For the project calculations stage, the software most used by the respondents is Excel, thus concluding that the modeling software still does not have all the necessary functionalities to carry out the project calculations stage, thus requiring the use of complementary software (not necessarily BIM software).

Keywords: BIM, Digitalization, Interoperability, Digital Tools.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A evolução dos projetos ou das representações e documentações das ‘instruções para construir’ uma edificação ou instalação.	22
Figura 2 – Troca informações no processo tradicional versus na metodologia BIM.	24
Figura 3 – Usabilidade da ferramenta BIM.	25
Figura 4 – Esquemático das funcionalidades necessárias para que um software seja considerado um software BIM.	27
Figura 5 – Classificação dos Objetos de modelagem de projetos.	29
Figura 6 – Grupos de complexidade dos Objetos BIM e suas definições.	30
Figura 7 - Visão geral do esquema IFC4.	34
Figura 8 - Padrões e recomendações que tratam de problemas de interoperabilidade.	36
Figura 9 – Níveis de interoperabilidade.	38
Figura 10 – O BIM e o ciclo de vida da edificação.	43
Figura 11 – pesquisa realizada na fundamentação teórica para a elaboração do questionário.	47
Figura 12 – Seções da Fundamentação Teórica que justificam a elaboração do questionário.	49
Figura 13 – <i>Feedbacks</i> recebidos na divulgação do pré-teste do questionário.	50
Figura 14 - Disciplina de projetos de atuação dos respondentes.	51
Figura 15 – Local de trabalho dos respondentes.	52
Figura 16 - Experiência dos respondentes em projetos com metodologia BIM.	53
Figura 17 – Principal software BIM utilizado pelos respondentes para modelagem de projetos.	54
Figura 18 - Formatos para exportação de arquivos a partir do principal software BIM para modelagem utilizado pelo respondente	55
Figura 19 – Softwares BIM utilizados pelos respondentes para análises de compatibilização.	56
Figura 20 – Avaliação pelos respondentes da transferência dos dados no momento de análise de <i>clashes</i> (interferências de projeto) de um software a outro.	57

Figura 21 – Avaliação dos respondentes acerca do software utilizado na modelagem: as funcionalidades necessárias para realização de cálculos do projeto.	58
Figura 22 – Softwares complementares utilizados para realização de cálculos de projeto pelos respondentes.....	59
Figura 23 – Avaliação dos respondentes acerca da transferência dos dados de um software a outro na etapa de cálculos de projeto.	60
Figura 24 – Avaliação dos respondentes acerca de quão fiel as informações se mantêm (em aspectos de ficha técnica, materiais, etc. de Objetos BIM): a geração de arquivos no formato IFC em relação ao formato do arquivo do modelo original do software de modelagem.	61
Figura 25 – Avaliação dos respondentes acerca de quão fiel as informações se mantêm (em aspectos de cor, textura e forma de Objetos BIM) quando são gerados arquivos no formato IFC em relação ao formato do arquivo do modelo original do software de modelagem.	62
Figura 26 – Avaliação dos respondentes acerca de quão fiel as informações se mantêm (em aspectos de visibilidade 3D de Objetos BIM) quando são gerados arquivos no formato IFC em relação ao formato do arquivo do modelo original do software de modelagem.	63
Figura 27 - Avaliação dos respondentes acerca da classificação de interoperabilidade conforme proposto por Singh e Huhns (2005 apud MENZEL et al., 2022).....	64
Figura 28 - Avaliação dos respondentes acerca de quão fiel as informações se mantêm quando são gerados arquivos em demais formatos, como DWG e PDF, em relação ao formato do arquivo do modelo original do software de modelagem.	65
Figura 29 - Resultados indiretos obtidos pelo questionário em termos dos softwares BIM utilizados e da compatibilização de projetos.....	67
Figura 30 - Avaliação pelos respondentes da área de Elétrica/Telecom/SPDA da transferência dos dados no momento de análise de <i>clashes</i> (interferências de projeto) de um software a outro.	68
Figura 31 - Avaliação dos respondentes da área de Elétrica/Telecom/SPDA acerca da transferência dos dados de um software a outro na etapa de cálculos de projeto.....	69
Figura 32 - Resultados indiretos obtidos pelo questionário em termos da interoperabilidade para os profissionais da área de Elétrica/Telecom/SPDA.	70
Figura 33 – Avaliação dos respondentes da área de Elétrica/Telecom/SPDA para a transferência de arquivos no formato IFC com relação às cores texturas e formas, visibilidade 3D e ficha técnica, respectivamente.	71

Figura 34 – Avaliação dos respondentes da área de Elétrica/Telecom/SPDA acerca da transferência de dados no momento da exportação de arquivos para demais formatos, como DWG e PDF.	72
Figura 35 - Resultados indiretos obtidos pelo questionário em termos dos softwares BIM utilizados e da compatibilização de projetos.....	73
Figura 36 - Avaliação pelos respondentes da área de Elétrica/Telecom/SPDA da transferência dos dados no momento de análise de <i>clashes</i> (interferências de projeto) de um software a outro.	74
Figura 37 - Avaliação dos respondentes da área de Gerenciamento de Projetos acerca da transferência dos dados de um software a outro na etapa de cálculos de projeto.....	75
Figura 38 - Resultados indiretos obtidos pelos respondentes da área de Gerenciamento de Projetos em termos da interoperabilidade na transferência de arquivos no formato IFC....	76
Figura 39 - Avaliação dos respondentes da área de Gerenciamento de Projetos para a transferência de arquivos no formato IFC com relação à visibilidade 3D, ficha técnica e cores, texturas e formas, respectivamente.....	77
Figura 40 - Avaliação dos respondentes da área de Gerenciamento de Projetos acerca da transferência de dados no momento da exportação de arquivos para demais formatos, como DWG e PDF.	78
Figura 41 – Resultados indiretos obtidos pelo questionário em termos dos softwares BIM utilizados e da compatibilização de projetos.....	79
Figura 42 - Avaliação pelos respondentes da área de Arquitetura da transferência dos dados no momento de análise de <i>clashes</i> (interferências de projeto) de um software a outro.	80
Figura 43 - Resultados indiretos obtidos pelos respondentes da área de Arquitetura em termos da interoperabilidade na transferência de arquivos no formato IFC.....	81
Figura 44 - Avaliação dos respondentes da área de Arquitetura para a transferência de arquivos no formato IFC com relação à visibilidade 3D, cores texturas e formas e ficha técnica, respectivamente.	82
Figura 45 - Avaliação dos respondentes da área de Arquitetura acerca da transferência de dados no momento da exportação de arquivos para demais formatos, como DWG e PDF.....	83

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Listagem com algumas das ferramentas digitais BIM disponíveis no mercado.	41
Quadro 2 - Listagem com algumas das ferramentas digitais BIM disponíveis no mercado.	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIM – Building Information Modeling (Modelagem da Informação da Construção)

CAD – Computer Aided Design (Projeto Assistido por Computador)

AEC – Arquitetura, engenharia e construção

2D – Duas dimensões

3D – Três dimensões

IFC – Industry Foundation Classes (Classes de Fundamentos da Indústria)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	18
1.1.1	Objetivo Geral.....	18
1.1.2	Objetivos Específicos	18
1.2	JUSTIFICATIVA	18
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	21
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	21
2.1	DIGITALIZAÇÃO DOS PROCESSOS DE ELABORAÇÃO DE PROJETO	21
2.2	METODOLOGIA BIM: DIGITALIZAÇÃO BIM E REQUISITOS para as FERRAMENTAS DIGITAIS	23
2.3	A METODOLOGIA BIM: OBJETOS BIM E SUA IMPORTÂNCIA NA MODELAGEM DE PROJETOS	28
2.4	A INTEROPERABILIDADE NA METODOLOGIA BIM.....	31
2.5	AVALIAÇÃO DAS FERRAMENTAS DIGITAIS BIM	38
2.6	FERRAMENTAS DIGITAIS BIM DISPONÍVEIS NO MERCADO.....	40
2.7	PROJETOS AEC NA METODOLOGIA BIM	42
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	45
3.1	APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO	49
4	APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	50
4.1	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS: <i>SURVEY</i>	51
4.2	DISCUSSÕES ACERCA DOS RESULTADOS OBTIDOS PELO <i>SURVEY</i>	66
4.2.1	Área de Elétrica/Telecom/SPDA	66
4.2.2	Área de Gerenciamento de Projetos	72
4.2.3	Área de Arquitetura	78
4.2.4	Síntese Geral das Áreas de Projetos.....	83
5	CONCLUSÕES.....	84

1 INTRODUÇÃO

Com o uso mais intensivo da tecnologia por parte daqueles que compõe o ecossistema da arquitetura, engenharia e construção (AEC), os documentos de projeto, antes elaborados e apresentados em duas dimensões, passaram a ser representados em três dimensões. Além da mudança visual, o mercado passou a exigir que outras informações fossem incorporadas nesses projetos, ou seja, uma nova representação que permitisse a troca de informações e interoperabilidade dos recursos. A metodologia BIM vem sendo usada para tentar atender às novas exigências do mercado de projetos de edificações do setor da AEC, uma vez que “o uso da BIM oferece mais visibilidade, melhor tomada de decisões, opções mais sustentáveis e economia de custos em projetos de AEC” (AUTODESK, 2022).

O BIM (*Building Information Modelling*) consiste em um conjunto multifuncional de instrumentos para fins específicos que serão cada vez mais integrados (MIETTINEN; PAAVOLA, 2014). Ou seja, segundo Bryde et al. (2013), o BIM é capaz de apoiar a gestão de projetos nas mais diversas áreas, como área de aquisição, construção, pré-fabricação e gestão de instalações e, para sua implementação, são necessárias tecnologias, gestão e colaboração de todas as partes envolvidas. Ainda, segundo a CBIC (2016), “BIM é um conjunto de políticas, processos e tecnologias que, combinados, geram uma metodologia para gerenciar o processo de projetar uma edificação ou instalação e ensaiar seu desempenho, gerenciar as suas informações e dados, utilizando plataformas digitais (baseadas em objetos virtuais), através de todo seu ciclo de vida”.

O BIM deve ser visto não apenas como ferramenta no processo de projeto, mas como interface para a troca de informações entre as diferentes partes envolvidas nos projetos (STEEL et al., 2010). “BIM é um processo progressivo que possibilita a modelagem, o armazenamento, a troca, a consolidação e o fácil acesso aos vários grupos de informações sobre uma edificação ou instalação que se deseja construir, usar e manter” (CBIC, 2016). Segundo Steel et al. (2010), com o avanço da prática, a metodologia BIM tende a se tornar o principal veículo de troca de dados entre as diversas partes envolvidas no setor de AEC. Conforme pesquisa realizada pelo BID (Banco Interamericano de Desenvolvimento) em parceria com a DODGE Data e Analytics e a FIIC (Federação Interamericana da Indústria de Construção) sobre o nível de maturidade BIM na América Latina, 79% das empresas trabalhavam com BIM em 2019 e 21% havia ainda não aderido à tecnologia (BID e DODGE e FIIC, 2020). No contexto mundial,

segundo O Tempo (2021), a empresa norte-americana de consultoria e análise de mercado Markets and Markets levantou que “o mercado global de BIM deve ter um crescimento de 14,5% até 2025”.

O papel do Governo Federal nesse processo de adoção do BIM no Brasil se deu pela criação do Comitê Estratégico de Implementação do Building Information Modelling (CE-BIM) em junho de 2017 e pela instituição do Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018, onde surgiu a Estratégia BIM BR. O Decreto ajuda a impulsionar a metodologia no país, visto que segundo pesquisa realizada pela Allevant Engenharia (2018) somente 9% das empresas brasileiras utilizavam BIM em 2018. Entre as metas estipuladas pela Estratégia BIM BR, está a pretensão de aumentar em 10 vezes a implantação do BIM, de forma que 50% do PIB da construção civil tenha adotado a metodologia até 2024. Para tal, segundo o Diário Oficial da União, a partir de 2021 a exigência de BIM se dará na elaboração de modelos para a arquitetura e engenharia nas disciplinas de estrutura, hidráulica, AVAC e elétrica na detecção de interferências, na extração de quantitativos e na geração de documentação gráfica a partir desses modelos. A partir de 2024, os modelos deverão contemplar algumas etapas que envolvem a obra, como o planejamento da execução da obra, na orçamentação e na atualização dos modelos e de suas informações como construído ("*as built*"). Por fim, em 2028 o ambiente de projetos de AEC deverá abranger o uso de BIM em todo o ciclo de vida da obra. As implementações de obrigatoriedade do uso de BIM demonstram a importância de seu correto uso no desenvolvimento de projetos de AEC.

No contexto Estadual, Santa Catarina destaca-se como o primeiro estado do Brasil a exigir o uso do BIM em obras públicas, tendo a primeira licitação obrigando o uso da metodologia com o projeto do Instituto de Cardiologia de Santa Catarina, regulada pela Lei n. 12.462/2011 – Regime Diferenciado de Contratação (INBEC, 2018).

O avanço do governo em decretar medidas de obrigatoriedade do BIM elevam ainda mais a importância da modernização das empresas na maneira de pensar e elaborar projetos. O desenvolvimento de projetos, de forma geral, envolve troca de informações entre os diferentes participantes nas várias etapas do ciclo de vida do projeto, da construção e do uso e, no caso do BIM, dificuldades nessa troca podem surgir devido à baixa interoperabilidade das ferramentas, podendo constituir um obstáculo ao seu uso (ANDRADE; RUSCHEL, 2009). Segundo Eastman et al. (2008), a interoperabilidade é entendida pela capacidade de identificar os dados necessários para serem transmitidos entre aplicativos. “Se existe uma boa interoperabilidade se

elimina a necessidade de réplica de dados de entrada, que já tenham sido gerados, e facilita, de forma automatizada e sem obstáculos, o fluxo de trabalho entre diferentes aplicativos, durante o processo de projeto” (ANDRADE; RUSCHEL, 2009, p. 80). Para Steel et al. (2010), como o BIM requer tanto a colaboração entre as disciplinas de projeto quanto entre as organizações envolvidas no projeto, estudos acerca da interoperabilidade do modelo digital são necessários pois os documentos dos projetos possuem elevada complexidade.

Para a Revista Construa (2019),

No conceito de BIM, a partir do momento que a edificação virtual ganha forma, ali também está toda a informação necessária para que ela possa ser construída e utilizada. Assim, a ideia de construir algo virtualmente antes de colocar na prática permite uma série de vantagens. Por exemplo, os projetos hidráulico, arquitetônico, estrutural, elétrico e outros são sobrepostos em um só lugar. Isso permite que antes de construir seja possível verificar incompatibilidades, reduzir os erros de projeto, visualizar alterações rapidamente, fazer melhor apresentação das ideias para os clientes, aumento da produtividade, unificação dos projetos, possível redução de custos e mais. [...] Ao usar o BIM, um projeto pode se tornar totalmente digital, sem o uso de papel. Isso não só otimiza o processo de construção, como o torna mais sustentável. Ainda, há a vantagem da visualização 3D que o papel nem sempre permite explorar como de forma digital. [...] Assim, a tendência é de que o BIM seja cada vez mais adotado (e exigido) no mercado da construção, fazendo com que os profissionais se adaptem ao seu conceito. Com o avanço da tecnologia na área de construção, não só como ferramenta, mas na forma de recursos (como em edifícios inteligentes) o BIM torna-se ainda mais necessário para que o projeto atenda os objetivos da sua ideia original e, em breve, deve deixar de ser um diferencial e passará a ser necessário. (REVISTA CONSTRUA, 2019).

Nesse contexto, o presente trabalho de conclusão de curso aborda esse tema, e visa avaliar as ferramentas digitais BIM de projetos do setor de edificações da AEC em termos da interoperabilidade. A escolha das ferramentas adequadas auxilia os profissionais a obter os benefícios propostos pela metodologia BIM – tais como a redução do tempo de projeto e dos desperdícios – por meio da colaboração entre os participantes do ecossistema de AEC. Sendo assim, é necessário identificar: quais softwares BIM estão sendo utilizados pelos profissionais do setor da AEC para usufruir dos benefícios da metodologia e quais as dificuldades existentes, vinculadas à interoperabilidade, que criam barreiras para uma maior disseminação do BIM?

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral é avaliar as ferramentas digitais (softwares) BIM utilizadas na metodologia BIM pelos profissionais da área de AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção) que realizam projetos de edificações com a metodologia BIM em termos da interoperabilidade.

1.1.2 Objetivos Específicos

- a. Realizar um mapeamento das ferramentas digitais (softwares) BIM utilizadas pelos profissionais que executam projetos de edificações no setor da AEC com metodologia BIM;
- b. Identificar as variáveis que permitem avaliar as ferramentas digitais BIM em termos da interoperabilidade;
- c. Avaliar as ferramentas digitais BIM utilizadas pelos profissionais do setor da AEC que executam projetos de edificações em termos da interoperabilidade.

1.2 JUSTIFICATIVA

Apesar da necessidade de ser executado em um software, o BIM não é um software (THÓRUS ENGENHARIA, 2020). Seu conceito visa o gerenciamento de forma digital de todas as informações relacionadas a uma edificação, gerando dados precisos nos projetos (EPE, 2021). Seu modo de trabalho é mais moderno e colaborativo, o que possibilita uma eficiência maior quando comparado aos modelos tradicionais de elaboração e execução de projetos, visto que ele proporciona maior assertividade. “A tecnologia BIM tem rompido paradigmas de produtividade, elevando o patamar de assertividade e confiabilidade dos projetos.” (CBIC, 2016, p. 24).

Cheng e Ma (2013 apud Scheer e Silva, 2015) afirmam que:

O BIM é uma tecnologia capaz de reduzir o desperdício prevenindo os possíveis erros da etapa de construção desde a fase de projeto. A capacidade de detectar interferências na fase inicial dos projetos reflete positivamente durante a etapa construtiva. A gestão da informação associada ao uso das ferramentas BIM, permite incorporar a modelagem, comunicação, colaboração e integração de requisitos de concepção, dados e ações que farão parte de todo o ciclo de vida da edificação.

Howell e Batcheler (2004 apud Deritti, 2017) destacam que:

O acesso ‘não-proprietário’ e o desenvolvimento de padrões de dados abertos são prioridades para a implementação do processo BIM na indústria da construção civil. A interoperabilidade permite o reuso de dados de projeto já elaborados e assim garante consistência entre os modelos BIM para as diferentes representações gráficas do mesmo edifício. Dados consistentes, verificados e inteligíveis por toda a equipe de projeto, irão cooperar significativamente para aliviar os custos adicionais e os atrasos.

Segundo Deritti (2017), “em virtude da grande diversidade de softwares BIM disponíveis no mercado, é comum que cada escritório de projetos utilize um que se adeque melhor ao seu fluxo de trabalho”. Sendo assim, “para que haja uma compatibilização adequada, é importante que exista um software intermediador para receber os projetos e fazer uma compatibilização entre todas as disciplinas do projeto, checando colisões entre elas” (DERITTI, 2017). O autor ainda complementa que “o fato de existirem muitos softwares para várias disciplinas e propósitos diferentes, faz com que o desenvolvimento de um que possa receber tantos formatos nativos diferentes para compatibilização, seja inviável. Para que essas compatibilizações ocorram de maneira eficiente, os escritórios devem enviar seus arquivos em uma mesma extensão que é o IFC” (DERITTI, 2017). Deritti (2017) também sinaliza que:

É de extrema importância que cada entidade da AEC exporte seu projeto para IFC para que haja essa compatibilização, facilitando assim a interoperabilidade entre as diferentes disciplinas dentro da AEC tais como hidráulica, elétrica, ventilação, automação, entre outras. Além disso, deve-se verificar a qualidade do IFC, para que todas as informações sejam exportadas de maneira correta.

National Institute of Standards and Technology (NIST) (apud Deritti, 2017) estima que o prejuízo anual por interoperabilidade inadequada entre proprietário, construção e o setor de gerenciamento de instalações seja de aproximadamente U\$\$ 15,8 bilhões. Portanto, o uso de um software que propicie a interoperabilidade no BIM é essencial para que os benefícios trazidos por ele possam ser vistos na prática, além da possibilidade de execução de um trabalho fluido, como a metodologia BIM propõe. Tais benefícios são visualizados por meio da redução dos custos, do maior controle de processos da empresa/serviço, do aumento da produtividade e da potencialização da integração e do trabalho em equipe.

Ainda, novas medidas regulatórias vêm obrigando a utilização do BIM para aprovação de projetos, o que impõe a transição no modo de trabalhar de empresas tradicionais, onde os projetos eram elaborados por disciplinas da engenharia separadamente, sem a visualização espacial do espaço e de possíveis *clashes* no projeto. “Num futuro próximo, o BIM será condição mandatória para qualquer empresa que desejar manter-se atuante na indústria da construção civil” (CBIC, 2016, p. 41). Com a metodologia, não somente novos processos de

comunicação e interligação precisam ser reformulados, mas também novos padrões de modelagem e de uso de ferramentas digitais através da interoperabilidade.

O BIM vem se tornando, portanto, um modelo fundamental e indispensável nas empresas do setor da construção civil. A CBIC (2016, p. 41) afirma que “a construção civil, mesmo sendo uma indústria notoriamente tradicionalista e conhecida por ser resistente às mudanças, tem aderido rapidamente ao BIM em diversas partes do mundo” uma vez que “com o BIM, pode-se dizer que, além de visualizar bem o que está sendo projetado e criado, é possível saber também, com bom nível de exatidão, o que será obtido após a construção, em termos de desempenho da edificação como um todo, e também dos seus principais subsistemas e componentes” (CBIC, 2016, p. 18).

A *Zigurat Global Institute of Technology* (2019) afirma que “BIM é uma metodologia de trabalho que se baseia no trabalho colaborativo, na interoperabilidade, nos fluxos de trabalho circulares e na coordenação”. Todavia, para a obtenção de todos os benefícios propostos pela metodologia, é necessário que as ferramentas digitais utilizadas durante o projeto sejam interoperáveis. Beraldi (2018) destaca que:

No setor de construção, onde equipes de projetos únicos são reunidas em diferentes organizações, disciplinas e fases, você deseja que as diferentes ferramentas de disciplina compartilhem informações entre si e deseja que os dados gerados em uma fase sejam utilizáveis sem reentrada na próxima fase. Esta é a base para o openBIM. Você não pode ter um verdadeiro fluxo de trabalho openBIM sem software interoperável. Interoperabilidade é sobre a liberdade de trabalhar com o melhor em qualquer disciplina e para usar as ferramentas com as quais se sentem mais confortáveis e produtivas.

Apesar do crescimento exponencial do BIM e das suas facilidades, o ambiente AEC ainda está carente de soluções de softwares BIM presentes no mercado que auxiliem o uso da metodologia, existindo problemas envolvidos com a interoperabilidade na troca de informações de processos envolvidos no BIM. Fritzsche et al. (2017 apud Zeng, 2018) destacam que no ambiente de informação digital, a interoperabilidade entre sistemas continua sendo uma necessidade e expectativa onipresentes, não apenas para profissões que lidam com recursos de informação, mas também para empresas, organizações, grupos de pesquisa e indivíduos que buscam criar experiências ideais, minimizar sobrecarga operacional, reduzir custos, e impulsionar inovações futuras utilizando novas tecnologias e recursos. Sendo assim, é necessário que exista a identificação das ferramentas digitais BIM existentes no mercado, além do entendimento acerca da interoperabilidade envolvida nos softwares utilizados. Com isso, é

possível analisar quais as possíveis dificuldades envolvidas no uso das ferramentas digitais da metodologia BIM as quais criam barreiras para a sua devida implementação e sua maior adesão. Para Deritti (2017), “a importância de uma boa interoperabilidade e do respeito dos softwares à exportação de seus arquivos em IFC é o que faz o BIM ser eficiente. A má interoperabilidade gera problemas e até mesmo grandes prejuízos”. O reconhecimento dos softwares BIM e das adversidades envolvidas é apresentado através da análise da percepção de profissionais que já executam a metodologia e enfrentam no dia-a-dia seus obstáculos, uma vez que o BIM ainda se encontra em processo de evolução no Brasil.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos: Introdução, Fundamentação Teórica, Procedimentos Metodológicos, Apresentação e Discussão dos Resultados e Considerações Finais.

O capítulo introdutório faz a contextualização da pesquisa, do objetivo principal e objetivos específicos, bem como traz a justificativa do estudo. O capítulo de Fundamentação Teórica discorre acerca do embasamento teórico da pesquisa e apresenta os conceitos referentes à pesquisa, como a definição de interoperabilidade, Objetos BIM, etapas de projeto, etc. O capítulo de Procedimentos Metodológicos apresenta as etapas de realização da pesquisa. O capítulo de Apresentação e Discussão dos Resultados apresenta e discute acerca dos resultados obtidos através da metodologia de pesquisa proposta. Por fim, o capítulo de Considerações Finais apresenta o fechamento da pesquisa com suas conclusões, além de apresentar as limitações do trabalho e sugestões para pesquisas futuras.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 DIGITALIZAÇÃO DOS PROCESSOS DE ELABORAÇÃO DE PROJETO

Desde os primórdios da civilização, o homem vem buscando métodos para tornar a construção de edificações mais eficientes. Segundo Chaves (2021), as noções de desenho técnico, como a representação em escala, tiveram seu início próximo ao Renascimento, mas seu uso só se tornou efetivo a partir do século XVIII. Com a Revolução Industrial, surgiu a necessidade de melhores representações gráficas que atendessem o desenvolvimento de produtos mais complexos (CHAVES, 2021). As exigências da sociedade também

impulsionaram o progresso industrial, que não era mais atendido pelas técnicas tradicionais de desenho manuais, dando espaço para a aplicação de ferramentas digitais. Somente no final da década de 1970 e início da década de 1980, surgiram empresas especializadas no desenvolvimento de softwares com base no *Computer Aided Design* (Projeto Assistido por Computador – CAD), tornando possível a digitalização dos projetos (CHAVES, 2021).

A complexidade dos empreendimentos do setor de AEC ao longo dos anos impôs requisitos mais elevados em termos de precisão, confiabilidade e trabalho em equipe, os quais não eram mais atendidos pelo ambiente de projetos em CAD. “O termo *Building Modeling* surgiu em 1986, quando Robert Aish o utilizou em um artigo (*Three-dimensional Input and Visualization*). Nele, há as características do BIM e alguns conceitos como modelagem tridimensional, banco de dados relacionais e outros. Foi em 1992 que o termo *Building Modeling Information* apareceu em um artigo dos professores G. A. Nederveen e F. Tolman (*Automation in Construction*)” (REVISTA CONSTRUA, 2019). A evolução da elaboração de projetos e suas representações é mostrada na Figura 1.

Figura 1 - A evolução dos projetos ou das representações e documentações das ‘instruções para construir’ uma edificação ou instalação.

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

Fonte: CBIC (2016).

Segundo a SPBIM (2021):

Apesar desta significativa evolução, os projetos em sistemas CAD não podem ser considerados uma mudança de paradigma, visto que apenas as ferramentas de desenho foram transferidas para o computador. Houve uma evolução de tecnologia, porém o processo e gestão ainda continuaram como antigamente, o avanço só otimizou o tempo de produção, ou seja, o desenho ficou mais rápido, se comparado a mão, mas o resultado manteve-se para fim de representação. Existiram outros benefícios como: repetição de arquivos, edições rápidas, impressões ilimitadas entre diversos outros, mas ainda se tratava de desenhos sem informação. Já o conceito BIM prevê a construção virtual de objetos com inteligência (informação) vinculados ao ambiente tridimensional e de documentação.

2.2 METODOLOGIA BIM: DIGITALIZAÇÃO BIM E REQUISITOS PARA AS FERRAMENTAS DIGITAIS

Conforme o Caderno de Especificações de Projetos em BIM, elaborado pelo Governo de Santa Catarina (2018, p. 5), “a Modelagem da Informação da Construção (BIM) é mais que um modelo 3D parametrizado, é uma forma de coordenar informações por intermédio de bancos de dados”. O mesmo documento destaca que “o conceito BIM é embasado, essencialmente, em uma metodologia de troca e compartilhamento de informações durante todas as fases do ciclo de vida de uma edificação (projeto, construção, manutenção, demolição e reciclagem), ao permitir explorar e estudar alternativas desde a fase conceitual de um empreendimento, mantendo o modelo final atualizado, até a sua demolição” (GOVERNO DE SANTA CATARINA, 2018, p. 8). Em resumo, o BIM “é uma base de dados lógica e consistente, com toda a informação da edificação, constituindo um repositório de dados e conhecimentos compartilhado durante todo o ciclo de vida do empreendimento” (GOVERNO DE SANTA CATARINA, 2018, p. 8).

Silva et al. (2019) salientam que:

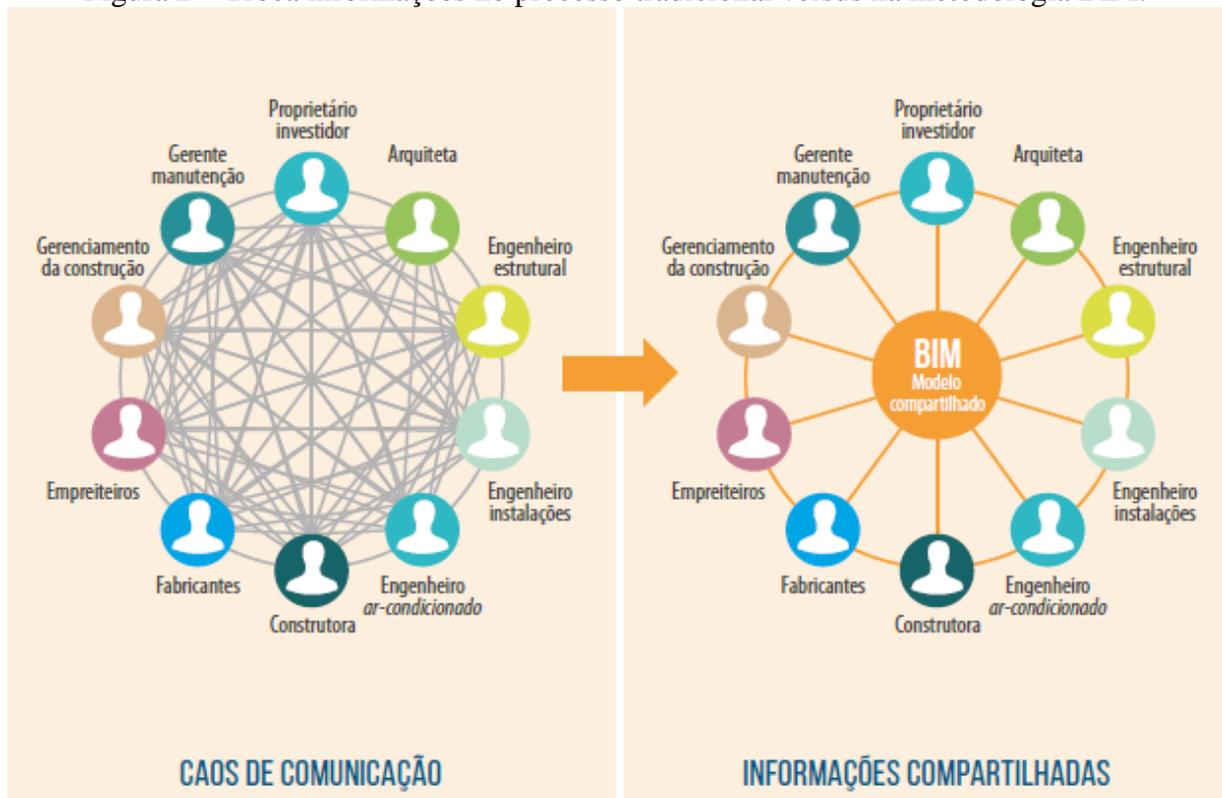
A implementação de BIM faz com que profissionais passem a compreender novas possibilidades em seus processos de projeto, deixando de utilizar ferramentas computacionais de desenho 2D apenas para gerar documentos, mas sim para realizar análises e simulações em ambientes 3D, explorando múltiplas alternativas de projeto antes de tomar suas decisões.

O sucesso do BIM está intimamente ligado ao desenvolvimento paralelo das quatro dimensões envolvidas: pessoas, tecnologia, processos e política (MARTINS et al., 2021). Para Martins et al (2021, p. 3), “o projeto e a construção se tornarão totalmente digitais, com o BIM fornecendo a espinha dorsal das informações para os projetos de construção”. Sendo assim, percebe-se a instantaneidade do fluxo de informações, uma vez que a colaboração entre os participantes do projeto flui de maneira síncrona, modificando os modelos tradicionais de trabalho (MARTINS et al., 2021). Os autores destacam que a metodologia BIM promove a troca de informações de maneira simultânea ao desenvolvimento do projeto, uma vez que ela permite a interligação das disciplinas de engenharia e projetos. São necessários, para adoção da metodologia BIM, processos e recursos que permitam a troca de informações de maneira fluida e que possibilitem o trabalho em equipe. Conforme Siqueira et al (2020, p. 30), “o BIM

promove a digitalização das informações da construção para diversos usos, desde a construção à manutenção e sua aplicação requer novas competências dos profissionais do setor”. Entretanto, Oraee et al. (2017) afirmam que manter a colaboração entre membros geograficamente separados vindos de várias disciplinas e organizações no BIM provou ser algo problemático.

Ao se tratar da elaboração de projetos, “embora existam diferentes maneiras de compartilhar e trocar dados e informações, dependendo da infraestrutura que seja implantada, a adoção BIM permite que se trabalhe com o chamado ‘modelo federado’” (CBIC, 2016, p. 21). Essa prática é um avanço, em comparação aos métodos tradicionais de desenvolvimento de projetos, dado que as trocas de informações nas diferentes disciplinas de projeto baseadas em documentos (CAD) geravam um caos de informações, enquanto que a metodologia BIM visa o compartilhamento de informações através de um modelo único e universal (CBIC, 2016), conforme detalhado na Figura 2.

Figura 2 – Troca informações no processo tradicional versus na metodologia BIM.

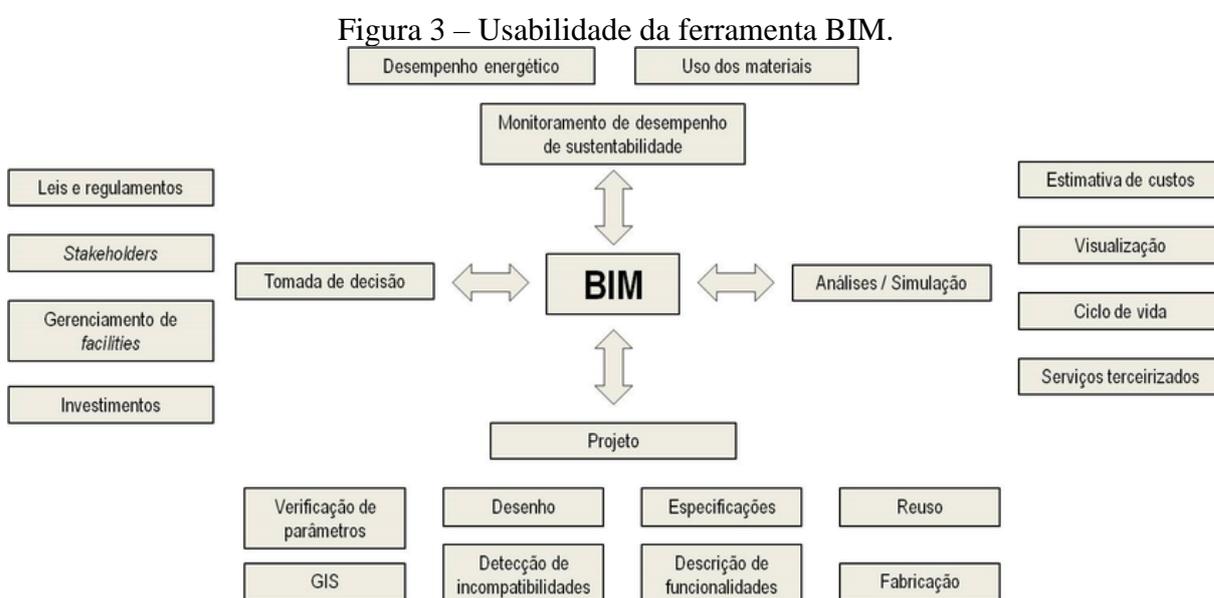


Fonte: CBIC (2016).

Scheer e Silva (2015, p. 5) destacam que:

Muitas são as possibilidades da utilização de BIM. A parametrização e a associação desta a um banco de dados com informações precisas, acessíveis e editáveis, permite que o usuário da ferramenta tenha o controle das suas decisões e promova discussões para ajustes e melhorias seja no projeto, na construção e/ou operacionalização deste. A possibilidade da parametrização de indicadores com a modelagem da informação, fornece uma visão ampla dessa tecnologia e suas ferramentas, deixando de lado o uso da modelagem meramente para criação de maquetes virtuais, sugerindo a amplitude da usabilidade da ferramenta.

TecLógica (2022) descreve a usabilidade como a “capacidade do sistema em fazer com que o usuário tenha sucesso na execução de suas tarefas”. Sendo assim, a usabilidade das ferramentas digitais BIM é algo que pode interferir nos processos de elaboração de projetos de edificação do setor da AEC. A Figura 3 apresenta o BIM e seu catálogo de usabilidade da metodologia, destacando seus quatro campos de atuação: monitoramento de desempenho de sustentabilidade, análises/simulação, projeto e tomada de decisão (LIU et al., 2011 apud SCHEER e SILVA, 2015), fomentando a ideia de que um modelo compartilhado – ou seja, um banco de dados de informações – permite o controle de vários processos envolvidos no projeto de uma edificação.



Fonte: Liu et al. (2011 apud Scheer e Silva, 2015)

Para a devida implementação da metodologia BIM são requisitadas modificações no modelo de trabalho tradicional, uma vez que agora não somente o trabalho em equipe é importante, mas também a troca de informações entre softwares, fazendo com que seja necessária a digitalização dos processos. Moura (2020) afirma que “entende-se por digitalização

o processo de converter projetos impressos em papel para arquivos que são reconhecidos por softwares de engenharia e arquitetura”. Ainda, segundo Moura (2020) a digitalização no âmbito do BIM é entendida pela conversão do projeto em CAD para as plataformas utilizadas na metodologia, ou seja, os projetos que eram uma vez elaborados individualmente em suas disciplinas da engenharia, em modelos 2D, agora precisam ser acessados simultaneamente por todas as disciplinas em recursos 2D e 3D. Esse acesso precisa ser facilitado e compatibilizado, de maneira que, mesmo quando softwares diferentes são usados, eles ainda conversem entre si e reproduzam fielmente o trabalho executado em outros modelos de arquivos.

Segundo *Zigurat Global Institute of Technology* (2019), “a digitalização através da tecnologia BIM confere a capacidade de gerenciar diferentes fases do design e da construção de uma forma mais organizada, estruturada, transparente e segura, aproveitando a interoperabilidade de diferentes softwares e proporcionando o máximo em valor agregado”. Com isso, as ferramentas digitais BIM não somente possibilitam a modelagem de projetos em 2D e 3D, mas também facilitam processos de projeto como a análise de listagem de materiais envolvidos, cálculos de projeto, escopos de tarefas, etc.

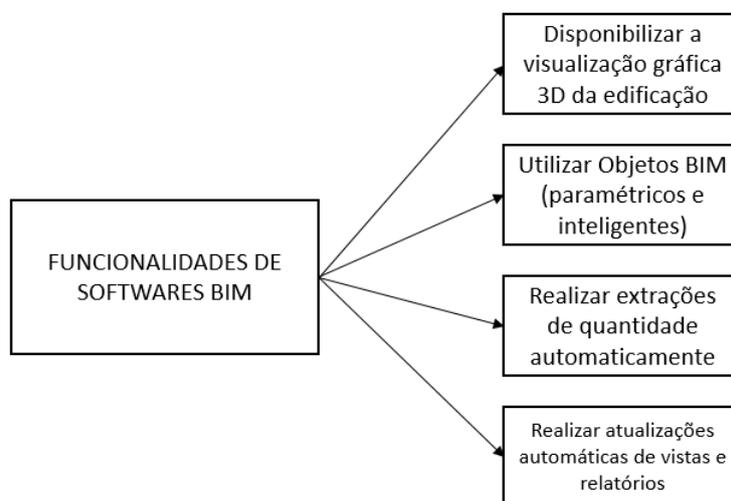
Conforme CBIC (2016, p. 24) “alguns softwares já circulam no mercado travestidos como soluções BIM”, o que torna importante a caracterização do que pode ou não ser considerado uma ferramenta digital para o uso da metodologia BIM. A CBIC (2016) elaborou a Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras e listou os requisitos necessários para que um software seja, ou não, considerado um software BIM. A Figura 4 apresenta um esquema que resume as informações disponibilizadas pelo CBIC (2016).

- “soluções que possibilitam apenas a modelagem e a visualização gráfica em 3D de uma edificação ou instalação, que utilizam Objetos BIM que não incluem outras informações além da sua própria geometria, não podem ser consideradas como soluções BIM” - ou seja, além da representação geométrica em 3D do Objeto BIM, ele também deve carregar consigo suas informações técnicas como, por exemplo, quantitativo de materiais, formas, cores, etc.;
- “soluções que, utilizando múltiplas referências 2D (desenhos ou documentos), emulam modelos tridimensionais” – ou seja, a partir do desenho 2D o software cria um modelo 3D – não podem ser considerados softwares BIM. “Estes tipos de softwares não permitem a extração automática de quantidades, não realizam

atualizações automáticas, nem tampouco possibilitam a realização de simulações e análises”, significando que apenas a representação 3D do projeto não é suficiente, necessitando-se também de informações adicionais;

- “solução 3D que não são baseadas em objetos paramétricos e inteligentes: existem algumas soluções que são capazes de desenvolver modelos tridimensionais de edificações e instalações, mas que não utilizam objetos paramétricos e inteligentes”, não podendo ser classificados como softwares BIM;
- “para revisões e alterações realizadas numa determinada ‘vista’, alguns softwares que não são BIM não provocam automaticamente a atualização das demais vistas e relatórios de um mesmo projeto ou trabalho em desenvolvimento.” – ou seja, um software BIM deve permitir atualizações automáticas de todos arquivos conectados ao projeto, sem a necessidade de execução de comandos específicos.

Figura 4 – Esquemático das funcionalidades necessárias para que um software seja considerado um software BIM.



Fonte: Adaptado de CBIC (2016).

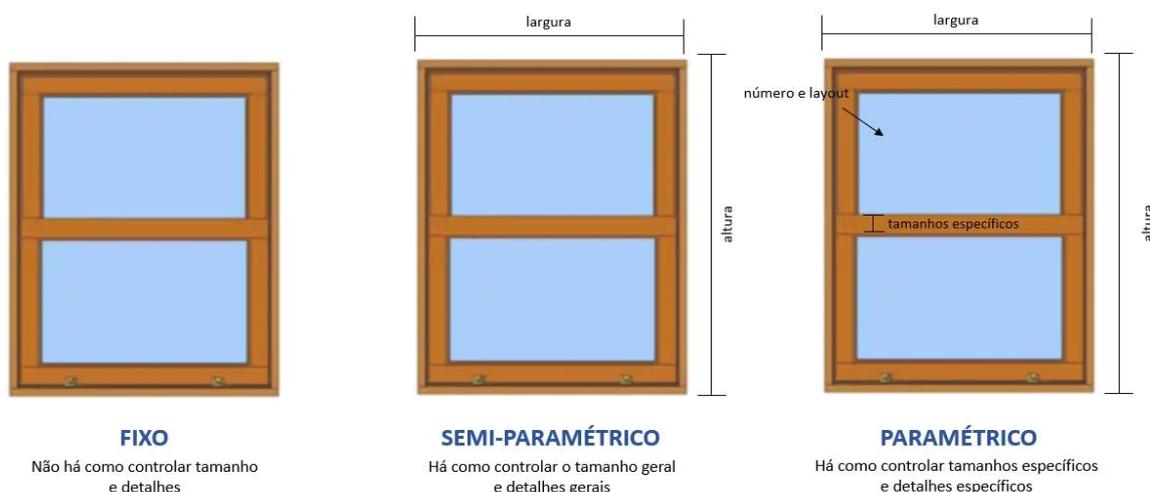
Embora, na teoria, um software BIM necessite atender aos requisitos que o diferenciam dos demais softwares de modelagem de projetos, isso não significa que as ferramentas digitais hoje utilizadas na metodologia sejam totalmente funcionais ou práticas, ou até mesmo que um software BIM apresente todos os recursos possíveis necessários para todas etapas de um projeto. Um software BIM pode requerer que sejam instalados *plug-ins* (conteúdos adicionais e externos

ao software), ou até mesmo ser necessário o uso de outros softwares simultaneamente, para viabilizar a adoção da metodologia BIM. Segundo Silva et al. (2019, p. 48), “esta situação faz com que os projetistas não consigam utilizar todo o seu potencial para definir parâmetros de projeto, uma vez que suas ferramentas não realizam verificações, simulações e outras operações”. Essas dificuldades contribuem para que os profissionais mantenham os métodos tradicionais de elaboração de projetos, além de acrescentar dificuldades no pleno desenvolvimento da interoperabilidade entre softwares.

2.3 A METODOLOGIA BIM: OBJETOS BIM E SUA IMPORTÂNCIA NA MODELAGEM DE PROJETOS

Para sua funcionalidade em ferramentas digitais, o BIM utiliza “uma tecnologia baseada em objetos virtuais, paramétricos e inteligentes” (CBIC, 2016, p. 64). A Figura 5 exemplifica as classificações dos Objetos utilizados na modelagem de projetos, conforme PINI (2014). Dessa forma, “os modelos 3D BIM de edificações e instalações são desenvolvidos a partir de objetos virtuais, que correspondem aos componentes previstos e necessários para a futura construção real” (CBIC, 2016, p. 64). O termo Objeto BIM, por sua vez, é definido como “um repositório de dados não apenas sobre a geometria de um componente ou produto, tanto em 3D quanto em 2D, mas também pode incluir informações como código EAN, valores UV, marcas, modelos (inclusive famílias de produtos), normas atendidas, materiais componentes” (CBIC, 2016, p. 64). Os Objetos BIM também “permitem links para bases de dados externas como documentações complementares, por exemplo, manuais específicos para manutenção, manuais de montagem, etc.” (CBIC, 2016, p. 64).

Figura 5 – Classificação dos Objetos de modelagem de projetos.

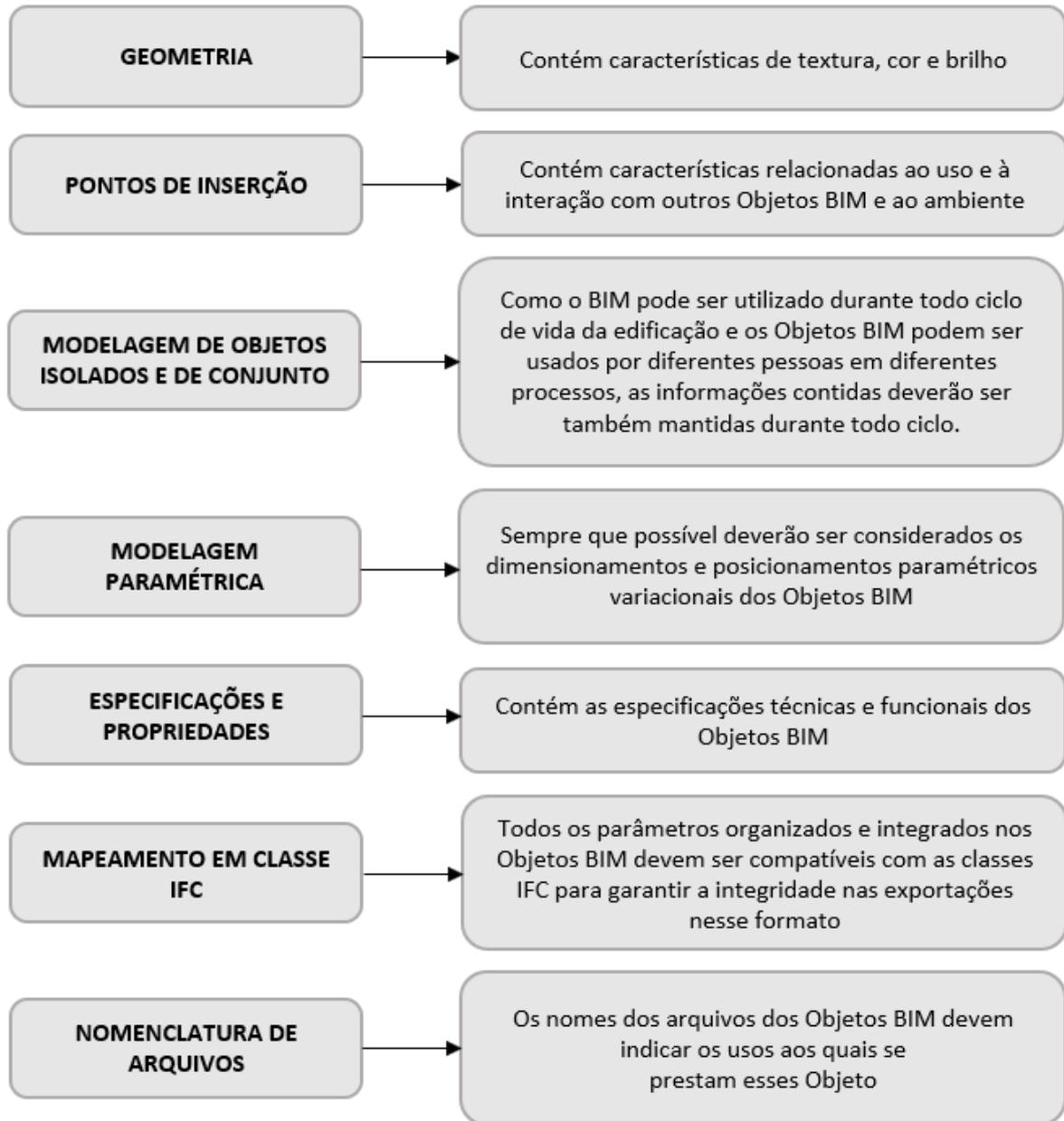


Fonte: Adaptado de PINI (2014).

É evidente, portanto, que para que se mantenha a fidelidade aos modelos 3D é necessário que os Objetos BIM atendam a determinados requisitos de funcionalidade, já que um Objeto BIM nada mais é que “um elemento virtual representando um objeto físico” (BIM Dictionary, 2022). Segundo a CBIC (2016, p. 66), os Objetos BIM são ‘inteligentes’ porque “além de conterem todas as informações importantes sobre si mesmos, podem ter informações sobre a sua relação com outros objetos e componentes de um modelo”. “Na prática, isso se materializa, por exemplo, quando uma janela ‘sabe’ que foi fabricada para ser instalada numa sala blindada. Neste objeto virtual ‘janela’, estariam integrados dados que permitiriam que os softwares BIM reconhecessem que se trata de uma janela blindada, preparada e adequada para ser instalada numa sala blindada.” (CBIC, 2016, p. 66).

Uma das dificuldades na implementação da metodologia BIM está justamente nos níveis de complexidade envolvidos nos Objetos BIM, uma vez que toda modelagem de projetos 3D na metodologia é dependente da funcionalidade e visibilidade de tais recursos. Segundo a CBIC (2016), a complexidade envolvida nos Objetos BIM pode ser dividida em sete grupos: geometria, pontos de inserção, modelagem de objetos isolados e de conjuntos, modelagem paramétrica, especificações e propriedades, mapeamento em classes IFC e nomenclatura de arquivos. A Figura 6 descreve os grupos de complexidade dos Objetos BIM e suas definições.

Figura 6 – Grupos de complexidade dos Objetos BIM e suas definições.



Fonte: a autora (2022). Baseado em CBIC (2016).

A análise desses grupos de complexidade na confecção de Objetos BIM e na modelagem de projetos é fundamental em termos de interoperabilidade, uma vez que a boa funcionalidade desses Objetos em modelos 3D – principalmente no momento de transferência de arquivos de modelagem em IFC – também define os problemas acerca da interoperabilidade entre softwares.

2.4 A INTEROPERABILIDADE NA METODOLOGIA BIM

Conforme Andrade e Ruschel (2009), o conceito BIM envolve tecnologias e processos que devem ser usados na produção, comunicação e análise dos modelos de construção, tendo como meta a busca por uma prática de projeto integrada, num sentido em que todos os participantes da AEC convirjam seus esforços para a construção de um ‘modelo único’ de edifício. “Uma das premissas básicas do BIM é a colaboração entre os diferentes agentes envolvidos nas diferentes fases do ciclo de vida de uma instalação ou edificação, para inserir, extrair, atualizar ou modificar informações de um modelo BIM para auxiliar e refletir os papéis de cada um destes agentes envolvidos” (NBIMS apud CBIC, 2016, p. 23). Sendo assim, a colaboração torna-se um elemento importante no desenvolvimento de projetos em BIM, o que “abre oportunidade para o desenvolvimento de trabalhos nos quais se torna imprescindível a presença de equipes multidisciplinares” (GOVERNO DE SANTA CATARINA, 2018, p. 6).

Sabe-se que um processo integrado de produção de projeto requer interação entre diferentes participantes, os quais estão constantemente trocando informações durante todo o ciclo de vida do projeto. O compartilhamento dessas informações previne incompatibilidades no trabalho executado e reduzem o retrabalho, além de contribuir para uma maior precisão no projeto. Para tanto, cada atividade e especialidade utilizam tipos diferenciados de aplicativos computacionais (ANDRADE; RUSCHEL, 2009), as quais, segundo Andrade e Ruschel (2009), precisariam ser interoperáveis. Com a interoperabilidade “se elimina a necessidade de réplica de dados de entrada que já tenham sido gerados e facilita, de forma automatizada e sem obstáculos, o fluxo de trabalho entre diferentes aplicativos, durante o processo de projeto” (ANDRADE; RUSCHEL, 2009, p. 80).

De acordo com Eastman et al. (2008), para a transferência de dados se recorre ao uso de arquivos baseados em formatos de trocas de dados. Ao longo de anos de uso de ferramentas CAD bidimensionais, muitas organizações na indústria de design e construção desenvolveram processos e convenções para gerenciar arquivos, e alguns destes se aplicam bem ao BIM, pelo menos durante os estágios iniciais de captação (STEEL et al., 2010). No entanto, conforme Steel et al. (2010), a longo prazo ocorrerão mudanças nos métodos de trabalho à medida que as organizações tentarem explorar as vantagens proporcionadas por um melhor acesso para modelos de objetos 3D. Por isso, tornou-se necessário a convecção de um padrão para troca de

dados entre diferentes softwares. Conforme Steel et al. (2010), o padrão da indústria para troca de modelos em BIM é definido pela *Industry Foundation Classes*, ou IFC.

O IFC é definido através do conjunto de especificações ISO 10303 para modelagem e troca de dados, também conhecido como STEP (*Standard for the Exchange of Product Data*) (STEEL et al., 2010). Segundo *International Alliance for Interoperability* (2009 apud CBIC, 2016), o IFC é um formato aberto, neutro e com especificações padronizadas para o BIM sendo hoje o modo mais adequado para que se possa abrir e examinar tais dados sem necessitar dos softwares nativos usados por cada parceiro de projeto, uma vez que possui um formato aberto, não pertencendo a um único fornecedor de software, pois é neutro e independente (GOVERNO DE SANTA CATARINA, 2018).

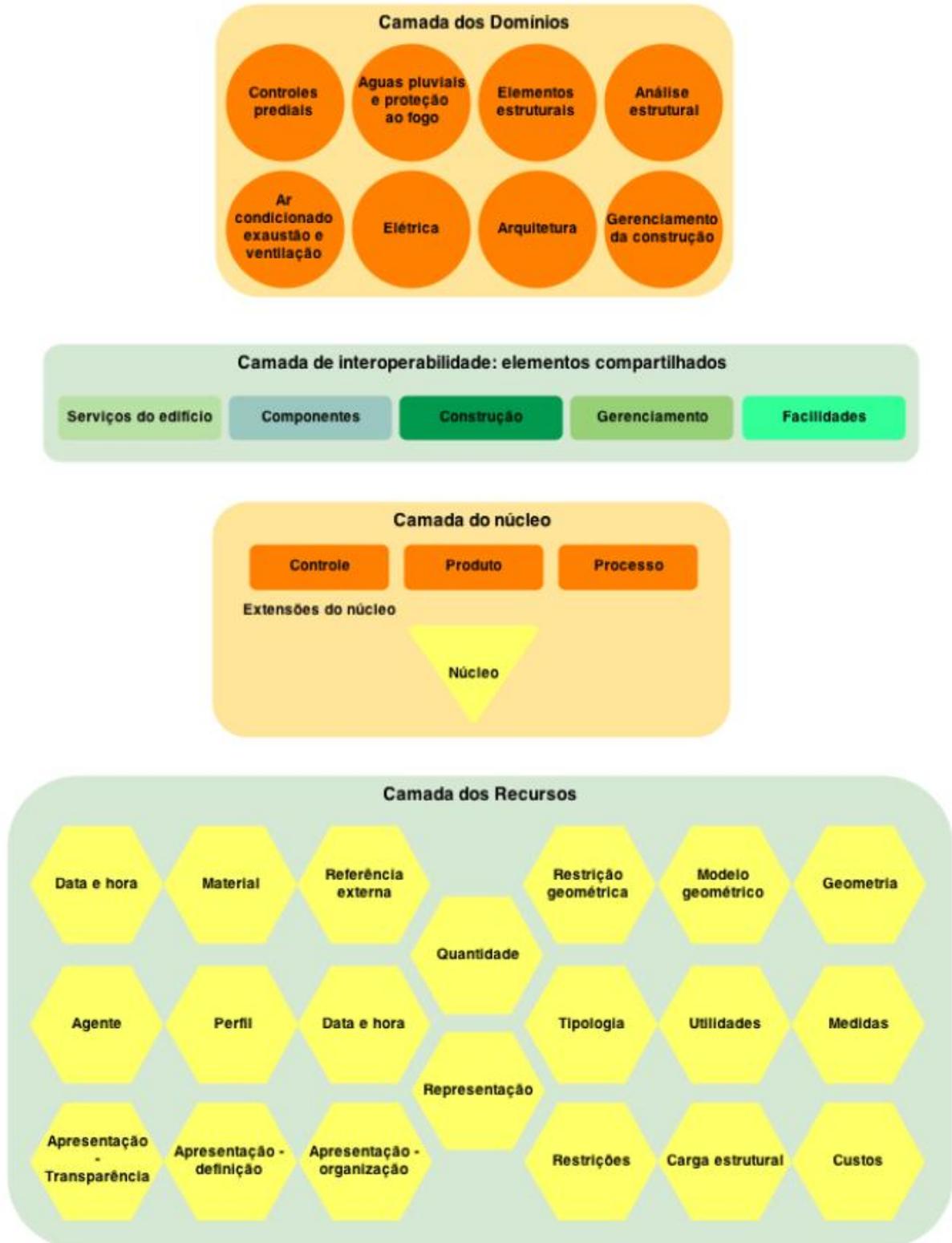
O processo atual para testar a conformidade com IFC das ferramentas BIM envolve o uso de um conjunto padronizado de grandes modelos de teste, sujeitos a inspeção visual na ferramenta (STEEL et al., 2010). De acordo com Steel et al. (2010), existem alguns problemas encontrados no arquivo IFC e nos níveis de sintaxe de interoperabilidade. Sendo assim, a interoperabilidade torna-se um recurso fundamental na metodologia BIM, já que ela é definida como a habilidade que dois ou mais sistemas ou componentes possuem de trocar informações e utilizar informações que foram trocadas (IEEE, 2009). Ou seja, é a capacidade de realizar as aplicações de um usuário final, utilizando-se diferentes sistemas computacionais e operacionais, aplicativos e softwares, tudo interligado por diferentes tipos de redes locais e remotas (O'BRIEN; MARAKAS, 2011).

Para Blair et al. (2011), a interoperabilidade pode ser entendida como a capacidade que um ou mais sistemas possuem para se conectarem e trocarem dados de forma legível, com algum propósito. Guenther e Radebaugh (2004 apud Zeng, 2018) afirmam que a interoperabilidade é a capacidade de vários sistemas com diferentes plataformas de hardware e software, estruturas de dados e interfaces de trocar dados com perda mínima de conteúdo e funcionalidade. Ainda, outras definições observam “uso” além de “troca”; assim, a interoperabilidade é considerada como a capacidade de dois ou mais sistemas ou componentes de trocar informações e dados, e usar as informações e dados trocados sem esforço especial por qualquer sistema, ou sem qualquer manipulação especial (TAYLOR apud ZENG, 2018).

“O IFC está sendo desenvolvido desde 1997, quando foi lançada a versão 1.0, e hoje encontra-se na versão IFC4, lançada em março de 2013, após sucessivas e regulares atualizações” (GOVERNO DE SANTA CATARINA, 2018, p. 10). Manzione (2013 apud

Governo de Santa Catarina, 2018) define que o IFC possui uma arquitetura dividida em quatro camadas: de recursos, do núcleo, de interoperabilidade e dos domínios. A camada de recursos é “composta por entidades comumente utilizadas nos objetos da AEC, como geometria, topologia, materiais, medidas, agentes responsáveis, representação, custos, etc.” (GOVERNO DE SANTA CATARINA, 2018, p. 10). A camada do núcleo contém entidades abstratas que são referenciadas pelas camadas mais altas da hierarquia e é subdivida em quatro subcamadas de extensão: Controle, Produto, Processo e Núcleo (GOVERNO DE SANTA CATARINA, 2018). A camada de interoperabilidade “compreende as categorias de entidades que representam os elementos físicos de um edifício” (GOVERNO DE SANTA CATARINA, 2018, p. 10), sendo essa camada “utilizada para compartilhamento de especialidades e de aplicações de manutenção e contém os elementos físicos de um edifício” (GOVERNO DE SANTA CATARINA, 2018, p. 10). A camada de interoperabilidade possui informações relevantes de geometria, forma, cor, além do quantitativo de materiais envolvidos e propriedades específicas da peça. Por fim, a camada dos domínios “é a camada de nível mais alto e abrange entidades de disciplinas específicas, como Arquitetura, Estrutura, Instalações, entre outras” (GOVERNO DE SANTA CATARINA, 2018, p. 12). A Figura 7 apresenta o esquema geral do IFC e suas camadas e subcamadas.

Figura 7 - Visão geral do esquema IFC4.



Fonte: Manzione (2012, apud Governo de Santa Catarina, 2018).

O IFC torna-se, portanto, um elemento fundamental na análise de interoperabilidade dos sistemas, tanto em termos de Objetos BIM com suas formas, cores, geometrias, informações técnicas, etc., quanto em termos dos modelos 3D gerados na elaboração dos projetos e outros documentos de projeto. Segundo Steel et al. (2010), alguns problemas são observados devido ao grande ‘tamanho’ dos modelos usados, visto que alguns softwares têm restrições baseadas no consumo de memória ou no número de Objetos em um modelo, o que pode resultar em modelos terem problemas em seu carregamento, não renderizar em 3D ou até mesmo não gerar desenhos 2D corretamente. Outro problema listado por Steel et al. (2010) refere-se às geometrias contidas nos modelos, uma vez que modelos podem ter *IfcOpening* – “representa um vazio dentro de qualquer elemento que tenha manifestação física” (buildingSMART, 2022), ou seja, o Objeto BIM apresenta uma forma vazia no modelo – ou outros objetos os quais aparecem fora de posição em outras ferramentas, sendo deslocados de sua posição original.

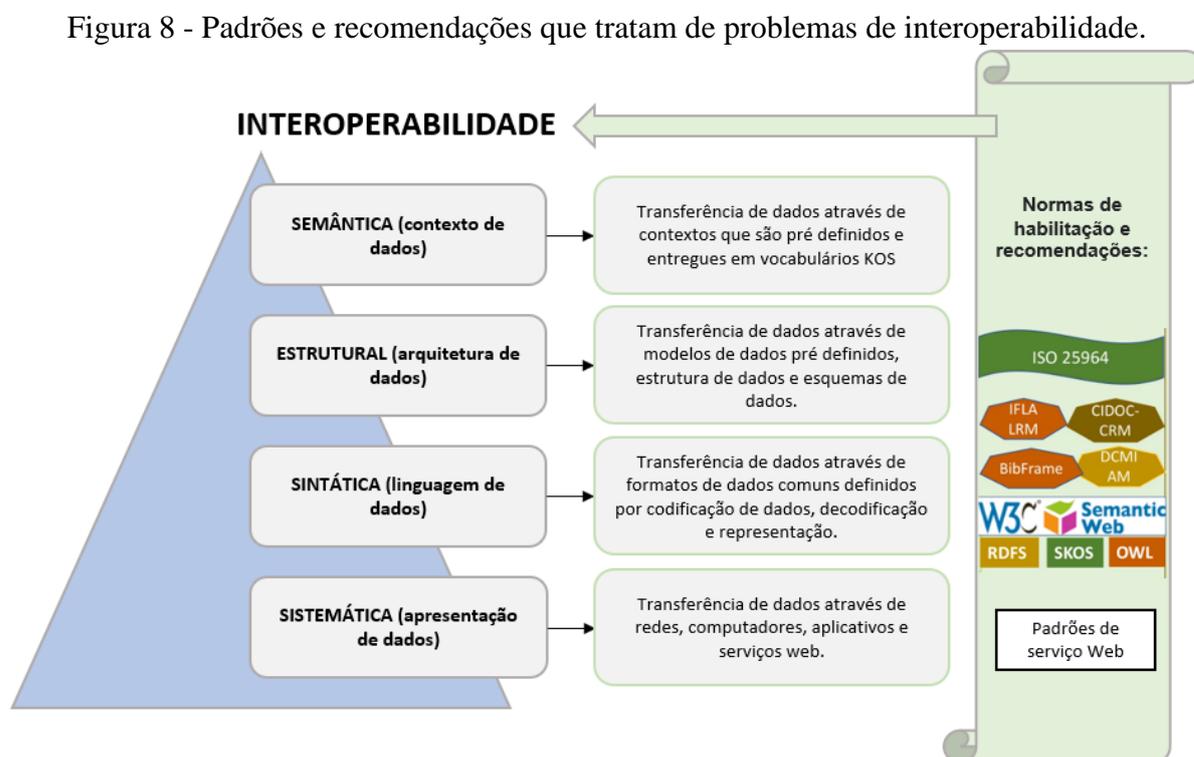
A interoperabilidade é, portanto, um recurso fundamental na metodologia BIM, já que um receptor de informações precisa ser capaz de interpretar ou entender o conteúdo de uma maneira relativamente consistente com a interpretação/significado pretendido do remetente para atender aos objetivos operacionais (comuns) (ou seja, o contexto para e da informação) (FRITZSCHE et al. apud ZENG, 2018). À medida que a indústria de construção e design digital avança para o BIM, as oportunidades para operar os modelos dependem cada vez mais de modelos que podem ser trocados e interoperados de forma confiável em um nível semântico (STEEL et al., 2010).

Conforme Steel et al. (2010), existem vários problemas de interoperabilidade que surgem devido a problemas de cobertura, seja a cobertura da linguagem IFC através da implementação de ferramentas, ou cobertura do domínio pela linguagem IFC. Com isso, as ferramentas digitais BIM devem permitir, em suas configurações, a correta leitura de arquivos IFC, além também de existir a possibilidade de exportação dos arquivos gerados no software para uma linguagem universal, de forma que as informações contidas nos objetos de modelagem sejam preservadas, tanto em termos de visualização quanto de descrições e especificações técnicas. Ainda, a usabilidade (como anteriormente descrita) depende da interoperacionalidade das ferramentas digitais BIM, uma vez que o sucesso na transferência de arquivos e de todos os dados contidos está diretamente ligado ao “grau de facilidade com que o usuário consegue interagir com determinada interface” (PAGANI, 2011).

Na prática, a exportação de alguns arquivos em IFC leva à perda de informações relevantes. Ouksel e Sheth (1999 apud ZENG, 2018) estabeleceram quatro tipos de problemas de interoperabilidade:

- interoperabilidade sistemática, que consistem em incompatibilidades entre hardware e sistemas operacionais – trata-se de incompatibilidades entre hardware e sistemas operacionais, para a troca técnica de dados por meio de redes, computadores, aplicativos e serviços da web;
- interoperabilidade sintática, são as diferenças nas codificações e na representação;
- interoperabilidade estrutural, que consistem em variações em modelos de dados, estruturas de dados e esquemas;
- interoperabilidade semântica, que inclui inconsistências na terminologia e significados.

A Figura 8 ilustra os padrões e recomendações que tratam de problemas de interoperabilidade segundo os quatro níveis estabelecidos por Ouksel e Sheth (1999 apud ZENG, 2018).



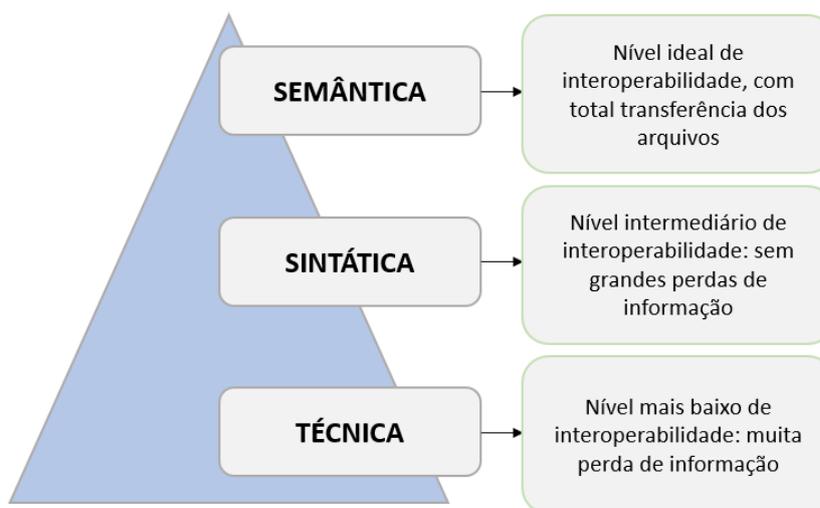
Fonte: adaptado de ZENG (2018).

Singh e Huhns (2005 apud MENZEL et al., 2022) identificam três níveis de interoperabilidade que caracterizam as interações entre diferentes softwares:

- interoperabilidade técnica, aquele que se refere ao nível mais baixo, ou seja, “deve haver uma conexão entre os sistemas, e uma interface através da qual bits e bytes podem ser transferidos de um sistema para outro” (MENZEL et al., 2022) – o que somente garante a simples conexão entre os sistemas, permitindo a transmissão de bites de um sistema ao outro, mas podendo ocorrer perda de informações.
- interoperabilidade sintática, relacionada ao “entendimento comum do formato dos dados transferidos, para que o destinatário possa analisar a estrutura de dados” (MENZEL et al., 2022) – ou seja, garante a transmissão dos dados com sua estrutura e as informações são transferidas sem grandes perdas;
- interoperabilidade semântica, o que significa que a troca de dados ocorre com o entendimento dos dados pelos diferentes sistemas, ou seja, todos os termos usados nos dados (tipos de entidades, propriedades, tipos de dados e identificadores) são entendidos de forma semelhante sem nenhuma perda – há a total transferência dos arquivos, sem nenhuma perda e mantendo-se todas as informações, sejam elas técnicas ou de formas geométricas, sendo este o nível ideal da interoperabilidade (MENZEL et al., 2022).

A Figura 9 resume os níveis de interoperabilidade na troca de informações de projetos em BIM conforme Singh e Huhns (2005 apud MENZEL et al., 2022).

Figura 9 – Níveis de interoperabilidade.



Fonte: a autora (2022).

Baseado de Singh e Huhns (2005 apud MENZEL et al., 2022).

A CBIC (2016) afirma que “a troca de dados ou de modelos entre diferentes plataformas de softwares continua sendo um dos maiores desafios da indústria no caminho do alcance da mais completa e integrada colaboração entre equipes de projetos”. De fato, a interoperabilidade é considerada uma peça fundamental para a fluidez e plena funcionalidade dos projetos elaborados em BIM, uma vez que a visualização de Objetos BIM e de suas propriedades – assim como demais elementos envolvidos – dependem do nível de interoperabilidade dos sistemas.

2.5 AVALIAÇÃO DAS FERRAMENTAS DIGITAIS BIM

Para a elaboração de projetos de edificações com uso da metodologia BIM, a escolha de qual ferramenta adotar deve considerar, inicialmente, os softwares disponíveis no mercado e, em seguida, seu enquadramento às necessidades de seus usuários. Caso o software escolhido atenda aos requisitos básicos (como preço, sistema operacional, etc.), outras possíveis limitações que podem surgir no decorrer do desenvolvimento do projeto devem ser avaliadas (SPBIM, 2021).

A SPBIM (2021) apresenta critérios que devem ser considerados na escolha da(s) ferramenta(s) digital(is) BIM em termos de área de atuação, certificações, interoperabilidade e configurações mínimas de *hardwares*. Deve-se ponderar previamente se, para as atividades que serão realizadas no projeto, um único software BIM abrange todas as etapas de projeto ou se há

a necessidade de softwares complementares ou, ainda, a adição de *plug-ins/add-ins* no(s) software(s) escolhido(s).

Devido às limitações dos softwares, muitos usuários buscam por extensões/*plug-ins* que possam auxiliar em atividades muito mecânicas ou até mesmo complementos que possibilitam a execução de funcionalidades que o software não proporcionava por si só” [...] “difícilmente determinada ferramenta irá realizar todas as tarefas do ciclo de vida de um projeto sem o auxílio de outras (SPBIM, 2021).

Os softwares BIM são importantes não somente no momento da modelagem 2D e 3D de projetos, mas também para cálculos de projeto, como cálculos de estruturas, carga elétrica, etc. Visualizações de *clashes* (interferências nos projetos) também são pontos a serem considerados no momento de escolha do software, uma vez que o BIM considera como premissa a compatibilização de disciplinas da engenharia e arquitetura.

Os softwares em BIM geram um banco de dados unificado contendo dados dos materiais, suas propriedades, custos entre outros que auxiliam na compatibilização de projetos não só do ponto de vista geométrico e espacial, mas também no ponto de vista de conformidade de matérias e custos (BARBOSA 2020).

Rodrigues et al. (2017 apud Barbosa, 2020) ainda afirmam que:

As empresas que utilizaram a tecnologia BIM obtiveram grandes ganhos na administração de processos construtivos e organizacionais, além de consideráveis reduções nas incompatibilidades de projetos uma vez que houve uma melhor comunicação entre os projetistas e um melhor suporte nas representações gráficas desses projetos.

Silva et al. (2019) destacam que:

Ao passo que os softwares comerciais não atendem muitas das demandas específicas dos projetistas, os mesmos ficam dependentes da utilização de funcionalidades pouco flexíveis, o que limita processos de tomada de decisão e exploração do design. Esta situação é agravada quando grandes plataformas desenvolvem funcionalidades exclusivas, as quais não funcionam em conjunto com softwares de outros desenvolvedores, o que dificulta a interoperabilidade e, portanto, pode agravar as limitações existentes, uma vez que impossibilita emprego de algumas das premissas do BIM nos processos.

A disponibilidade de Objetos BIM para a elaboração de projetos é outro fator a considerar, ou seja, a biblioteca de Objetos BIM, sua amplitude e os recursos disponíveis devem ser verificados para identificar se atendem as demandas de modelagem dos projetos, uma vez que toda visibilidade gráfica, quantitativos e relatórios dos projetos dependem da presença dos objetos paramétricos e inteligentes. Uma biblioteca precária em Objetos BIM requer a elaboração inicial dos objetos necessários para o projeto, despendendo mais recursos básicos.

O acesso à objetos já produzidos pode facilitar no momento que o usuário esteja modelando, ou a possibilidade de criação de objetos também deve-se fazer presente. Portanto, no momento da escolha do software BIM, deve-se conhecer o volume das bibliotecas já existentes e como são as funcionalidades de criação de cada software (SPBIM, 2021).

Além da possibilidade de exportação de arquivos no ‘formato universal’ (IFC), o software BIM escolhido pode ter opções de leitura e exportação de arquivos em outros formatos, como PDF, DWG, NWC, RVT, e, ainda, diferentes formatos de IFC, como o IFC3 ou IFC4 – informações retiradas dos manuais técnicos de operação de softwares BIM, como QIBuilder® e Revit®. Alguns softwares BIM permitem também a exportação de imagens, textos e tabelas (DARÓS, 2021; RenderBlog, 2022; AltoQI, 2022; AUTODESK, 2022). Embora isso amplie as opções de modo de trabalho em diferentes empresas de projeto, aumenta a possibilidade de erros nas transferências de arquivos e de problemas de interoperabilidade.

É importante frisar que o conceito BIM não exige o uso de um mesmo software para todos os processos envolvidos na elaboração de um projeto de edificações, visto que há diversas ferramentas digitais com características distintas que podem ser mais adequadas às demandas dos usuários e um software pode não atender a todos requisitos exigidos pelo profissional. Dada a possibilidade do uso de diversos softwares, se é utilizado um padrão de troca de dados neutro – o IFC – para que seja possível o compartilhamento de dados durante o desenvolvimento do projeto, uma vez que uma mesma equipe pode vir a utilizar diferentes softwares para a execução do projeto – ou até mesmo equipes diferentes de diferentes empresas trabalhando em um mesmo projeto – devendo apenas atentar-se aos padrões de interoperabilidade do mesmo. Entretanto, o IFC ainda não é totalmente interoperável, fazendo com que Objetos BIM – mesmo aqueles certificados pela BuildingSMART (instituição internacional criadora do formato IFC a qual garante a qualidade dos arquivos IFC exportados pelos softwares BIM) – de projetos de edificações ou até mesmo tabelas e listas de projetos sofram alterações no momento de transferência de arquivos de um software a outro.

2.6 FERRAMENTAS DIGITAIS BIM DISPONÍVEIS NO MERCADO

O BibLus (2022) – blog especializado em BIM e softwares para projetos do setor da AEC – realizou uma listagem com algumas ferramentas digitais BIM presentes no mercado. Todos os softwares BIM disponibilizados na lista possuem certificação buildingSMART. BibLus (2022) destaca que:

Para gerenciar com sucesso um projeto de construção ao longo de seu ciclo de vida, é essencial que haja colaboração entre contratantes, engenheiros e arquitetos: os softwares e as plataformas colaborativas BIM podem ajudar nisso. Outro aspecto importante na gestão de processos BIM é a interoperabilidade entre os diferentes softwares, possibilitada pelo uso do IFC, um formato de arquivo aberto para troca de dados. Para evitar problemas de importação/exportação de arquivos IFC entre softwares diferentes, a buildingSMART® — o organismo internacional que cuida do desenvolvimento de padrões do tipo openBIM — criou um sistema para certificar softwares com base na sua capacidade de se comunicar.

Segundo a BibLus, “para quem trabalha em projetos de grande porte ou colabora com outros profissionais, é indispensável utilizar um software BIM com certificação openBIM da buildingSMART”. Sendo assim, o blog realizou a listagem com alguns dos softwares BIM presentes no mercado (Quadro 1) identificando quais são os softwares openBIM certificados pela buildingSMART e os devidos requisitos mínimos operacionais necessários.

Quadro 1 – Listagem com algumas das ferramentas digitais BIM disponíveis no mercado.

SOFTWARES BIM	
Edificius	Revit
Vectorworks	SketchUp
ArchiCAD	Blender
EdiLus	Tekla Structures
Civil 3D	Naviswork
Allplan Architecture	Bexel Manager
PriMus IFC	Infraworks
QIBuilder	MicroStation
Autodesk BIM 360	Rhino 7

Fonte: A autora (2022). Adaptado de BibLus (2022).

A *Zigurat Institute of Technology* (2019) também realizou um levantamento de ferramentas digitais BIM presentes no mercado. No levantamento realizado pelo blog, foram disponibilizados seus nomes e seus recursos notáveis, além da descrição das ferramentas digitais e dos recursos operacionais. Os softwares listados disponibilizados pelo blog estão disponíveis no Quadro 2.

Quadro 2 - Listagem com algumas das ferramentas digitais BIM disponíveis no mercado.

SOFTWARES BIM	
Revit	ArchiCAD
Allplan Architecture	AECOSim Building Designer

Digital Project	Solibri
Naviswork	Tekla Structures

Fonte: A autora (2022). Adaptado de *Zigurat Institute of Technology* (2019).

2.7 PROJETOS AEC NA METODOLOGIA BIM

O Governo de Santa Catarina (2018) frisa que:

O conceito BIM para a área da Arquitetura, Engenharia, Construção Civil e Operação (AEC) serve de embasamento para as ferramentas que permitem simular o desenvolvimento de um bairro, de uma cidade; o comportamento de uma edificação frente a questões climáticas, de segurança, energéticas e de consumo de materiais; ou seja, permite simular o ciclo de vida da benfeitoria, seus impactos, interferências e ganhos sociais.

O modelo tradicional de elaboração de projetos vem sofrendo alterações, uma vez que o BIM está ganhando mais espaço e se tornando obrigatório em projetos de edificações, conforme Decreto nº 9.377, de 17 de maio de 2018 instituído pelo Governo Federal. Com isso, as fases dos projetos do modelo tradicional de projeto também sofrerão alterações, visto que análises mais acuradas e formas de trabalho em equipe e entre softwares precisam ser consideradas. “Com o BIM as fases de projeto destacam-se por sua importância, pois possibilitam realizar análises mais acuradas da viabilidade econômica, urbanística, ambiental e social, no curto, médio e longo prazo, ou seja, da sustentabilidade da benfeitoria” (GOVERNO DE SANTA CATARINA, 2018, p. 6). Além das análises comuns de projeto, como a realização de estudos preliminares e documentação de projeto, além do projeto executivo, novas etapas estão inseridas em projetos BIM, como etapas de planejamento de obra, de operação e manutenção e, ainda, demolição e *retrofit*. A Figura 10 identifica as fases do ciclo de vida da edificação e as várias etapas de um projeto BIM.

Figura 10 – O BIM e o ciclo de vida da edificação.



Fonte: QualifiCAD (2022).

A progressão do projeto em BIM é feita no Modelos Virtuais de Edificações (VBM), que se baseia em princípios de modelagem paramétrica para troca de informações, em um processo iterativo e cooperativo, incluindo todas as partes interessadas de um projeto (THOMASSEN, 2011). Para a elaboração de projetos de maneira fluída e funcional, as atividades envolvidas são divididas entre fases de projetos. “As fases de um projeto de edificações são entendidas como um fluxo em um processo técnico para a obtenção do projeto final proposto (construção nova, ampliação, reforma, demolição e escâner)” (GOVERNO DE SANTA CATARINA, 2018, p. 15). Por este motivo, as empresas organizam seus projetos em etapas, de modo que cada etapa de cada fase possui um entregável ao cliente, resultando assim na etapa final de Projeto Executivo.

O Governo de Santa Catarina (2018, p. 15) destaca que:

Dentre as fases e etapas estão compreendidas as atividades de levantamento de um conjunto de informações jurídicas, legais, técnicas e programáticas para definição ou estabelecimento das restrições/exigências; passando pelo desenvolvimento do partido arquitetônico e demais elementos necessários à verificação de sua viabilidade física, legal e econômica, permitindo, assim, a realização das análises de riscos sobre o objeto

(ou sua viabilidade); bem como execução do detalhamento de todos os elementos do objeto inicialmente proposto.

A nomenclatura de fases de projeto é definida por cada empresa, conforme modelo de trabalho adotado pela sua preferência ou serviço, ou ainda preferências do cliente, não existindo um modelo de divisão de atividades ou entregáveis (modelos de desenho 2D e 3D, documentos, pranchas, etc.) padronizado. Isso significa que, embora as fases iniciais e de elaboração de um projeto e os entregáveis envolvidos em cada etapa tenham especificidades, a depender da natureza do projeto e da empresa, as etapas envolvidas na elaboração de um projeto não são padronizadas, mas sempre resultam em um Projeto Executivo como etapa final de projeto. Comumente, as etapas de projeto são divididas conforme estabelecido por Romano (2003): Estudo Preliminar, Anteprojeto, Projeto Legal e Projeto Executivo.

A fase de Estudo Preliminar do projeto visa a “análise e avaliação de todas as informações recebidas para seleção e recomendação do partido arquitetônico da edificação, podendo, eventualmente, apresentar soluções alternativas. Tem como objetivo a aprovação preliminar do partido proposto para, posteriormente, dar prosseguimento ao trabalho em nível de anteprojeto” (AsBEA, 2000 apud ROMANO, 2003, p. 42). Na fase de Anteprojeto, são realizadas as representações das informações técnicas provisórias de detalhamento da edificação e de seus elementos, instalações e componentes (ABNT, 1995 apud ROMANO, 2003). A etapa de Projeto Legal “destina-se à submissão das informações técnicas necessárias à análise e aprovação, pelas autoridades competentes, da concepção da edificação e de seus elementos e instalações, com base nas exigências legais (municipal, estadual, federal), e à obtenção do alvará ou das licenças e demais documentos indispensáveis para as atividades de construção” (ROMANO, 2003, p. 50). Por fim, a etapa de Projeto Executivo visa o “detalhamento e à representação das informações técnicas da edificação e de seus elementos, instalações e componentes, completas, definitivas, necessárias e suficientes à licitação (contratação) e à execução dos serviços de obra correspondentes” (ABNT, 1995 apud ROMANO, 2003, p. 52).

Além da identificação de etapas há também as disciplinas de projeto. As disciplinas de projeto compreendem as áreas da engenharia e da arquitetura e juntas compõe todo o sistema da AEC. Com isso, os projetos elaborados na metodologia BIM podem ser projetos de arquitetura; fundações; estruturais; instalações elétricas; instalações hidráulicas e sanitárias; instalações de climatização; proteção contra incêndio (PCI); proteção contra descargas

atmosféricas (SPDA); telefonia, cabeamento e lógica; sistemas de segurança e CFTV e de topografia (CBIC, 2016).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Tendo em vista que o objetivo da pesquisa é avaliar as ferramentas digitais BIM utilizadas pelos profissionais do setor da AEC para a elaboração de projetos de edificações com foco na interoperabilidade entre os softwares, a pesquisa realizada neste presente trabalho pode ser caracterizada, do ponto de vista dos seus objetivos, como descritiva. Segundo Aaker et al. (2004 apud Oliveira, 2011, p. 22), “a pesquisa descritiva, normalmente, usa dados dos levantamentos e caracteriza-se por hipóteses especulativas que não especificam relações de causalidade”. A pesquisa descritiva não tem, portanto, o compromisso de explicar os fenômenos que descreve, embora sirva de base para tal explicação (VERGARA, 2000 apud OLIVEIRA, 2011).

Quanto à natureza da pesquisa, essa se caracteriza como *survey*. Segundo Pinsonneault e Kraemer (1993 apud Freitas et al., 2000, p. 1), *survey* “pode ser descrita como a obtenção de dados ou informações sobre características, ações ou opiniões de determinado grupo de pessoas, indicado como representante de uma população-alvo, por meio de um instrumento de pesquisa, normalmente um questionário”. As informações coletadas incluem tanto dados relacionados à caracterização dos profissionais e das ferramentas digitais BIM utilizadas por esses – ao executarem projetos de edificações no setor da AEC com metodologia BIM - quanto dados relacionados à interoperabilidade das ferramentas digitais BIM.

Nessa pesquisa, foram usadas diversas técnicas. Em uma primeira etapa, para a construção de um questionário, foi realizada uma pesquisa na literatura e documental, buscando identificar as questões de interoperabilidade no BIM e as variáveis de escolha das ferramentas digitais BIM. Com base nos resultados obtidos na primeira etapa, foi elaborado um questionário, o qual é usado como instrumento de coleta de dados. Inicialmente, foi elaborado um questionário teste usando o Google Forms™ – aplicativo da Google – à uma amostra de profissionais composta por sete (7) respondentes para obtenção de *feedbacks*. O questionário foi divulgado para teste entre 30 de julho de 2022 à 13 de agosto de 2022. A versão final do questionário (*survey*) obteve 23 respondentes e foi divulgada entre 10 de outubro de 2022 à 31

de outubro de 2022. Os respondentes são profissionais que trabalham com BIM nas disciplinas da AEC e que realizam projetos de edificações com softwares BIM.

A escolha do aplicativo da Google™ para a coleta dos dados está baseada na facilidade de divulgação do link para um maior número de respondentes – uma vez que a marca é conceituada e mundialmente reconhecida – além da praticidade para o tratamento dos dados obtidos. O questionário foi aplicado a profissionais por meio de um link enviado na plataforma do LinkedIn e via *WhatsApp*. Cervo e Bervian (2002 apud Oliveira, 2011) caracterizam o questionário como um meio de obter respostas às questões por uma fórmula que o próprio informante preenche, podendo conter perguntas abertas e/ou fechadas. Segundos os mesmos autores, questões abertas possibilitam respostas mais ricas e variadas enquanto as fechadas facilitam a tabulação e análise dos dados (CERVO E BERVIAN, 2002 apud OLIVEIRA, 2011).

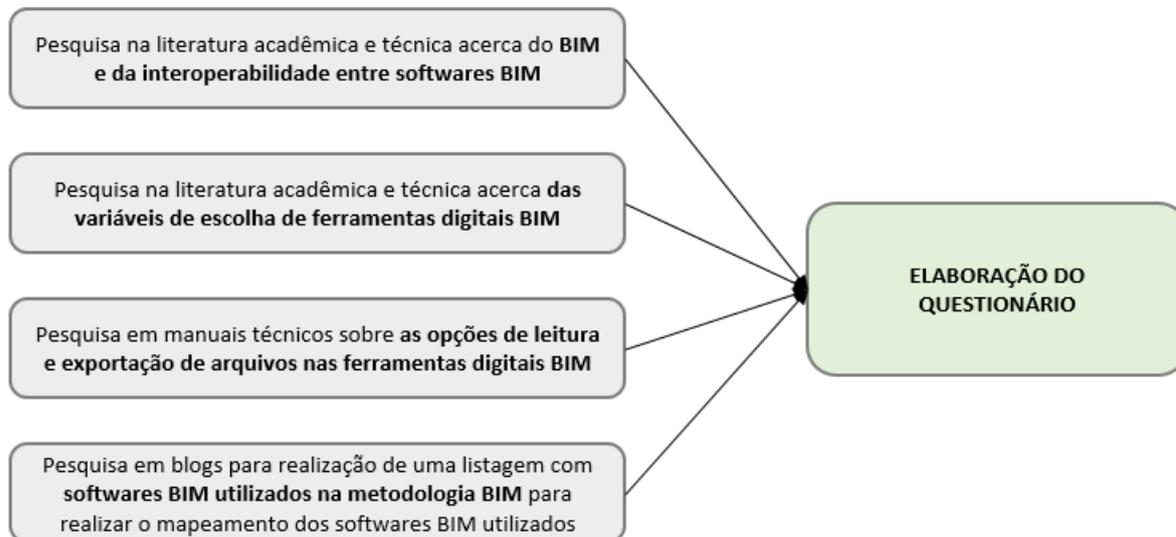
A aplicação do questionário visa à obtenção de dados relativos aos softwares BIM que estão sendo utilizados pelos respondentes e sua avaliação quanto à interoperabilidade das ferramentas digitais BIM para a transferência de arquivos.

O questionário foi elaborado com base na revisão teórica apresentada no presente trabalho e em publicações técnicas. Os conceitos que caracterizam a interoperabilidade e as variáveis que podem orientar a escolha das ferramentas BIM foram obtidos na literatura acadêmica. A pesquisa documental permitiu identificar as ferramentas usadas para viabilizar a troca de dados entre os profissionais. Além dos manuais, também foi realizada pesquisa em blogs profissionais.

Algumas perguntas presentes no questionário solicitam a percepção do respondente acerca do assunto abordado em uma escala pré determinada na resposta, contendo um ponto mínimo e um ponto máximo. As respostas foram analisadas, portanto, através de uma escala de Likert. Segundo o blog QuestionPro (2022), “a escala Likert é uma das ferramentas mais utilizadas pelos pesquisadores de mercado quando querem avaliar as opiniões e atitudes de uma pessoa; e ela é focada na medição das atitudes da mesma”. Ainda, “serve principalmente para fazer medições e saber sobre o grau de conformidade de uma pessoa ou entrevistado em relação a uma certa resposta negativa ou afirmativa” (QUESTIONPRO, 2022).

A Figura 11 ilustra os dados usados na elaboração do questionário.

Figura 11 – pesquisa realizada na fundamentação teórica para a elaboração do questionário.



Fonte: a autora (2022).

As necessidades dos usuários em termos da interoperabilidade das ferramentas digitais BIM fornecem o embasamento para as questões presentes no questionário. O questionário visa a obtenção de dados, principalmente, sobre os softwares BIM utilizados pelos profissionais entrevistados e sua percepção sobre a interoperabilidade dessas ferramentas digitais BIM no momento da transferência de arquivos.

O questionário está dividido em quatro seções: Perfil do Respondente, Modelagem e Compatibilização, Cálculos no Desenvolvimento de Projetos de uma Disciplina e Interoperabilidade. A seção intitulada Perfil do Respondente traz perguntas que caracterizam os profissionais do setor da AEC os quais responderam ao questionário e inclui perguntas sobre a área de projetos em que atuam, local de trabalho e experiência com projetos BIM.

A seção de Modelagem e Compatibilização inclui questões sobre os softwares BIM utilizados na modelagem dos projetos de edificações e os formatos de arquivos disponíveis para exportação a partir do software BIM utilizado na modelagem de projetos, visto que para a criação de um modelo compartilhado de informações de projeto são necessários formatos distintos e interoperáveis ao longo da execução do projeto, conforme avaliado na seção de fundamentação teórica. Ao tratar da Compatibilização, interroga-se o respondente em relação ao software BIM utilizado para análise de *clashes*, se é o mesmo software BIM utilizado para a realização da modelagem dos projetos. Caso a resposta seja não, apresenta-se uma lista com

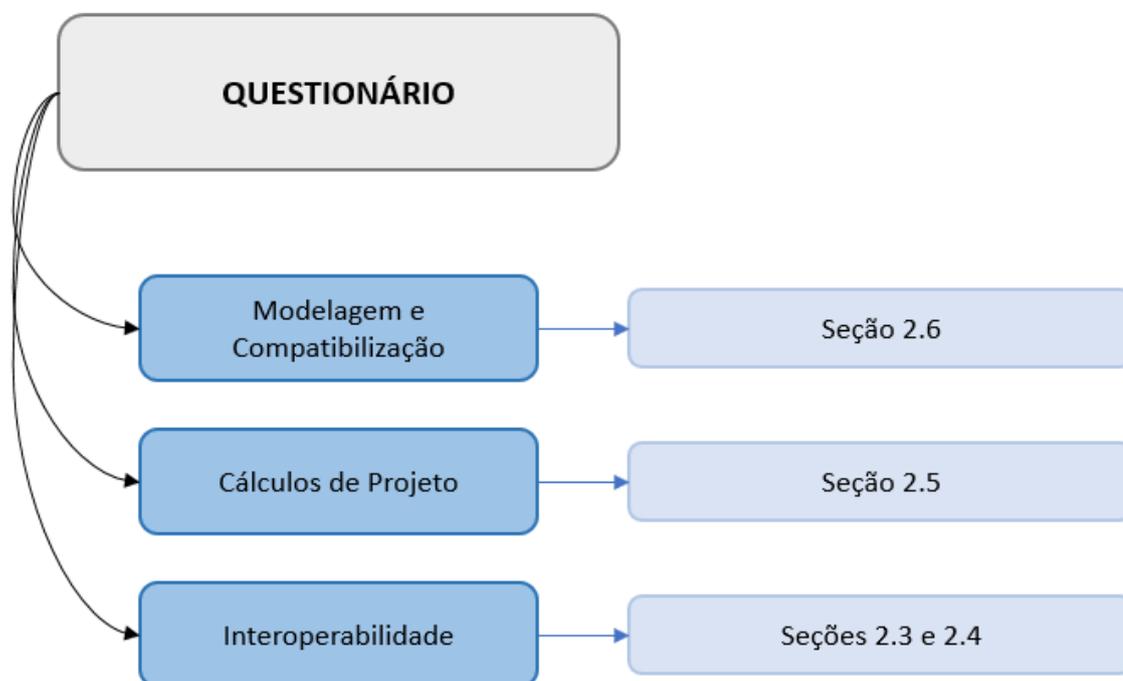
opções de softwares BIM para visualização de interferências de projeto previamente discutidas na seção de fundamentação teórica. O respondente tem a opção de responder que não utiliza de nenhum software BIM para visualização de *clashes* e por quê. Por fim, são incluídas questões sobre a transferência dos dados no momento de análise de *clashes* de um software ao outro. Pretende-se, portanto, avaliar aspectos da interoperabilidade no momento da troca de softwares BIM para visualização de interferências de projeto caso os respondentes utilizem softwares BIM distintos para realizar a tarefa.

Na seção de Cálculos no Desenvolvimento de Projetos de uma Disciplina, questiona-se ao respondente se ele recorre a outro(s) software(s) para a realização dos cálculos de projetos. Destaca-se no início da seção que, caso o respondente não realize cálculos técnicos em seus projetos – como em setores de gestão, por exemplo – mas possui conhecimento acerca do tema, o mesmo pode seguir com as respostas na seção. Entretanto, caso o respondente não realize cálculos técnicos de projeto e não possui conhecimento para responder às questões, pede-se para o mesmo sinalizar na caixa de seleção e seguir para as respostas da seção seguinte. Sendo assim, caso o respondente recorra a outros softwares para realização dos cálculos de projeto, questiona-se se o software utilizado é um software BIM. Interroga-se também como o respondente avalia a transferência dos dados de cálculo de projeto de um software a outro.

Na seção de Interoperabilidade, o respondente deve opinar sobre o processo de exportação de arquivos em IFC entre softwares BIM distintos, avaliando as informações que são mantidas ou perdidas em Objetos BIM no projeto em termos das informações técnicas de projeto; de aspectos de cor, textura e forma e de detalhes em 3D. Com essas informações, pretende-se avaliar como a interoperabilidade se comporta em projetos BIM do setor da AEC, questionando também aos respondentes como eles classificam a exportação de arquivos a partir da definição proposta por Singh e Huhns (2005 apud MENZEL et al., 2022): interoperabilidade técnica, interoperabilidade sintática ou interoperabilidade semântica. Ainda, interroga-se também acerca da troca de informações na exportação de arquivos para outros formatos, como PDF e DWG. Por fim, em resposta aberta questiona-se aos respondentes se eles possuem outras dificuldades no processo de exportação de arquivos.

A Figura 12 ilustra as seções da fundamentação teórica do presente trabalho que justificam os itens propostos aos respondentes no questionário elaborado.

Figura 12 – Seções da Fundamentação Teórica que justificam a elaboração do questionário.

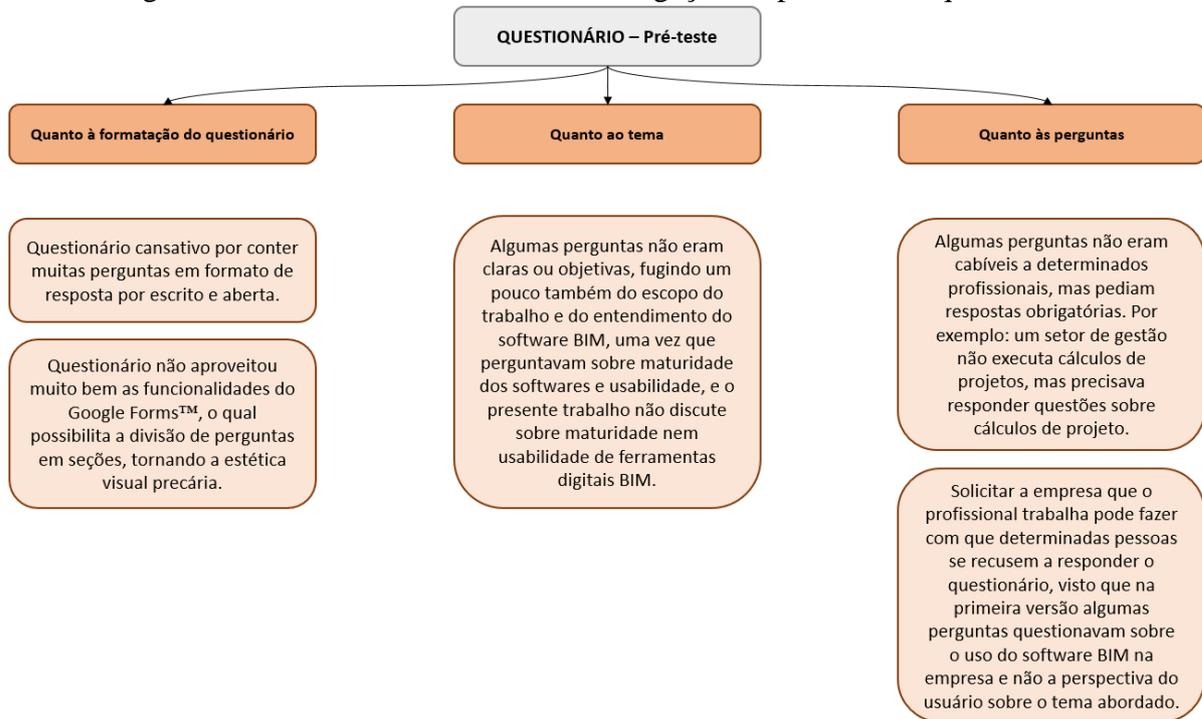


Fonte: a autora (2022).

3.1 APLICAÇÃO DO QUESTIONÁRIO

A aplicação do questionário foi realizada em duas etapas: pré-teste e versão final. O pré-teste do questionário foi aplicado a um grupo de sete profissionais do setor da AEC que elaboram projetos de edificações com metodologia BIM, a fim de identificar problemas que pudessem ser corrigidos e temas que poderiam ser melhor abordados. O grupo incluiu quatro engenheiros, dois arquitetos e um proprietário de empresa de projetos com uso da metodologia BIM, todos com no mínimo quatro anos de experiência em projetos em BIM. Destaca-se que a versão inicial do questionário abordava temas os quais foram descartados do escopo do presente trabalho, como a maturidade e a usabilidade de softwares BIM. Como *feedback* dos participantes, alguns pontos foram elencados, conforme Figura 13.

Figura 13 – *Feedbacks* recebidos na divulgação do pré-teste do questionário.



Fonte: a autora (2022).

Após recebimento dos *feedbacks*, uma versão final do questionário foi elaborada com os problemas corrigidos e novas perguntas elaboradas ou reformuladas, excluindo-se também perguntas sobre maturidade e usabilidade que fogem do escopo do presente trabalho, sendo a nova versão divulgada para demais profissionais. Os questionários e suas questões (pré-teste e versão final) podem ser visualizados no Apêndice A e Apêndice B, respectivamente.

Com o link do questionário final disponível, buscaram-se então profissionais do setor da AEC que realizam projetos de edificações com metodologia BIM como público alvo para obter as informações necessárias. A URL foi distribuída em bate-papos no *LinkedIn*, e-mails corporativos e *WhatsApp*.

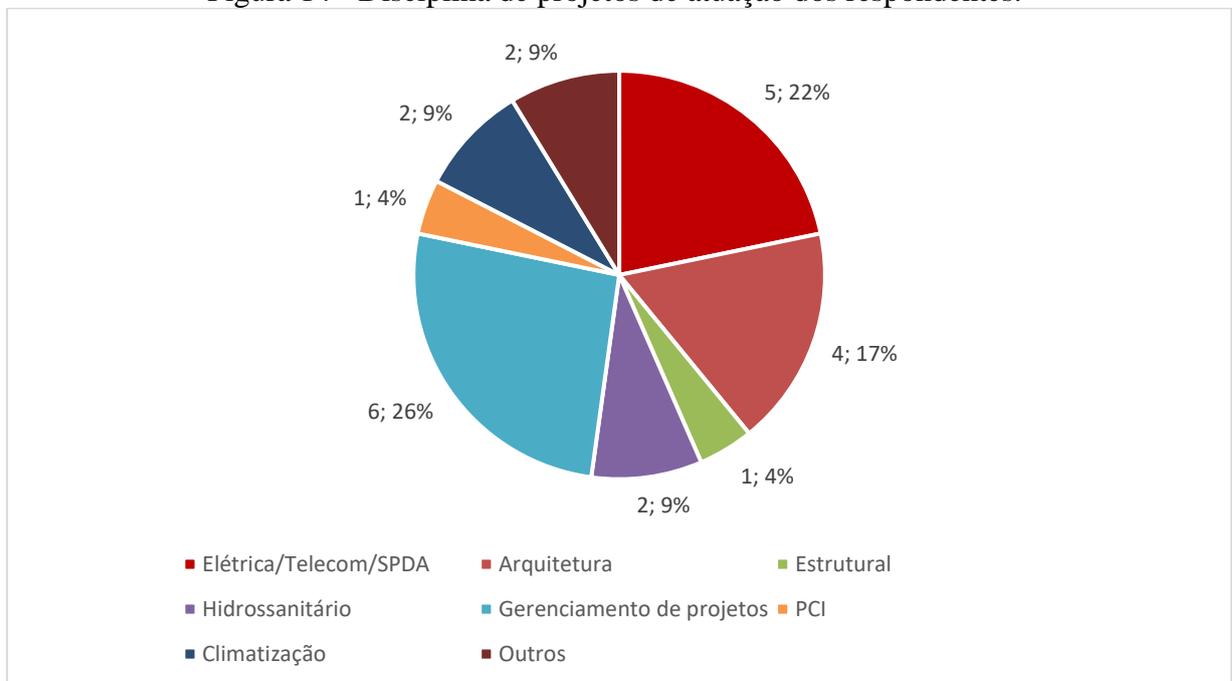
4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A presente seção está dividida em duas partes: resultados obtidos, os quais são tratados e apresentados em gráficos ou textos, no caso de perguntas abertas, e as discussões acerca dos resultados dos resultados, os quais estão embasados na revisão da literatura.

4.1 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS: *SURVEY*

O questionário – aplicado por meio da plataforma *LinkedIn* e *WhatsApp* – foi respondido por 23 profissionais que atuam em áreas variadas da AEC, sendo as áreas de Elétrica/Telecom/SPDA, Gerenciamento de Projetos e Arquitetura aquelas com maior número de respostas. As áreas de Automação e Topografia não obtiveram respondentes. A Figura 14 apresenta a classificação dos respondentes segundo a disciplina de projetos. Dentre os respondentes, cinco participaram da pesquisa por meio do link disponibilizado via *LinkedIn* e dezoito obtiveram o link em grupos de *WhatsApp*.

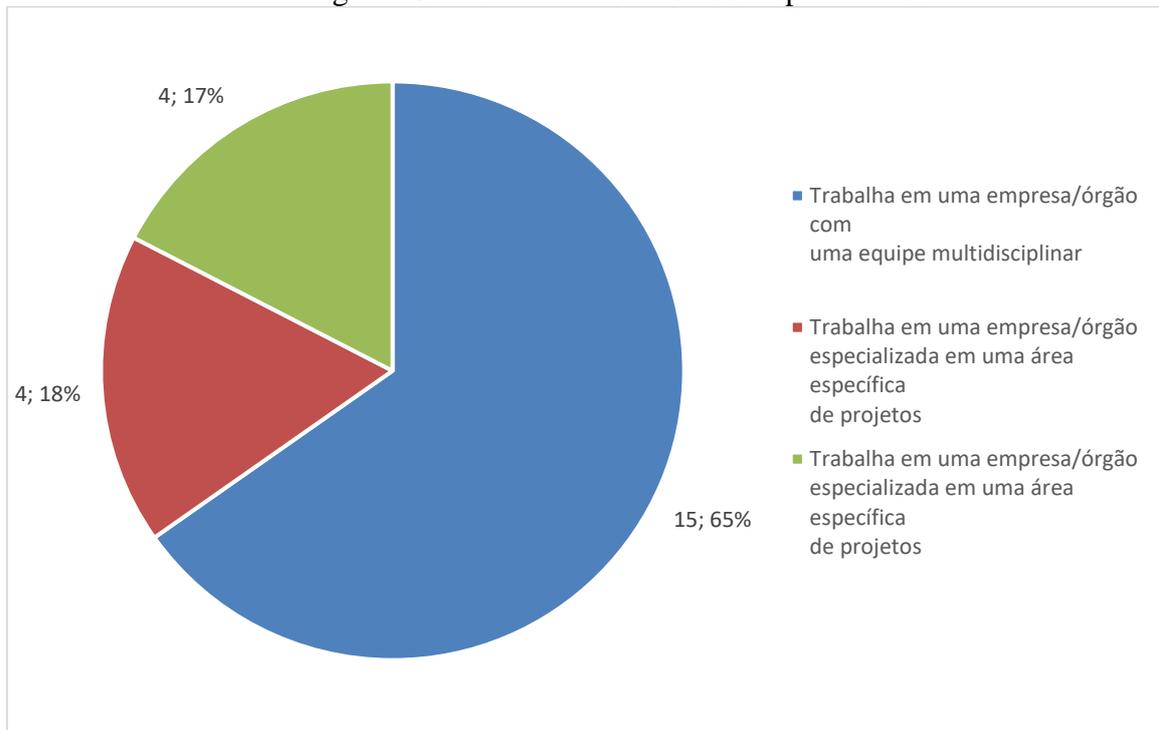
Figura 14 - Disciplina de projetos de atuação dos respondentes.



Fonte: a autora, 2022.

Quanto ao local de trabalho dos respondentes, a maioria (65%) atua em equipe multidisciplinar em uma empresa/órgão, conforme Figura 15.

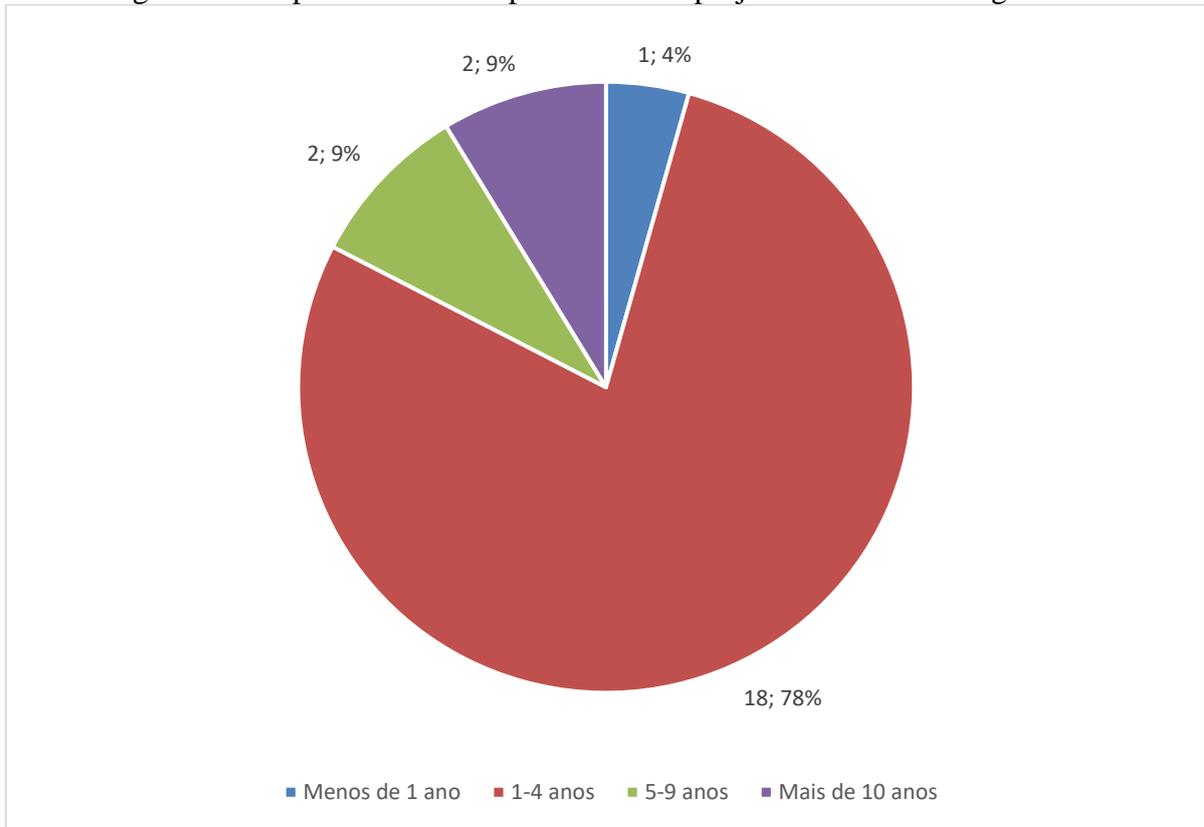
Figura 15 – Local de trabalho dos respondentes.



Fonte: a autora, 2022.

Quanto à experiência dos profissionais em termos de desenvolvimento de projetos em metodologia BIM, observa-se que a maioria (78%) possui de um a quatro anos de experiência, conforme ilustrado no Gráfico da Figura 16.

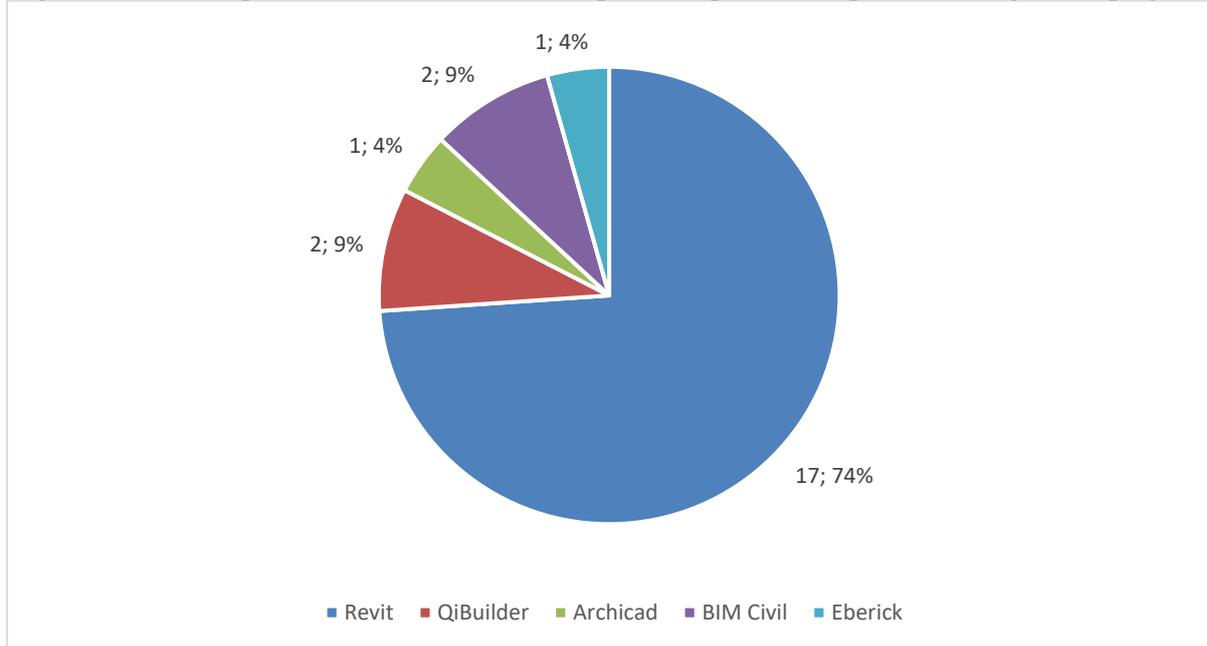
Figura 16 - Experiência dos respondentes em projetos com metodologia BIM.



Fonte: a autora, 2022.

De acordo com os dados obtidos, o principal software BIM utilizado pelos respondentes para a modelagem de projetos é o Revit, com 74% de adesão, seguido do QiBuilder, conforme mostrado na Figura 17. Três respondentes assinalaram a opção “Outro”, onde dois deles citaram, em resposta aberta, o software BIM Civil 3D e o terceiro, o software BIM Eberick. Segundo a UNIFI Labs – principal empresa de gerenciamento de conteúdo BIM – o software BIM mais amplamente utilizado é o Revit, lançado inicialmente em 5 de abril de 2000 (UNIFI LABS, 2019). A empresa afirma também que o Revit é a ferramenta de projeto mais popular na indústria de AEC (UNIFI LABS, 2019), o que reforça os resultados encontrados.

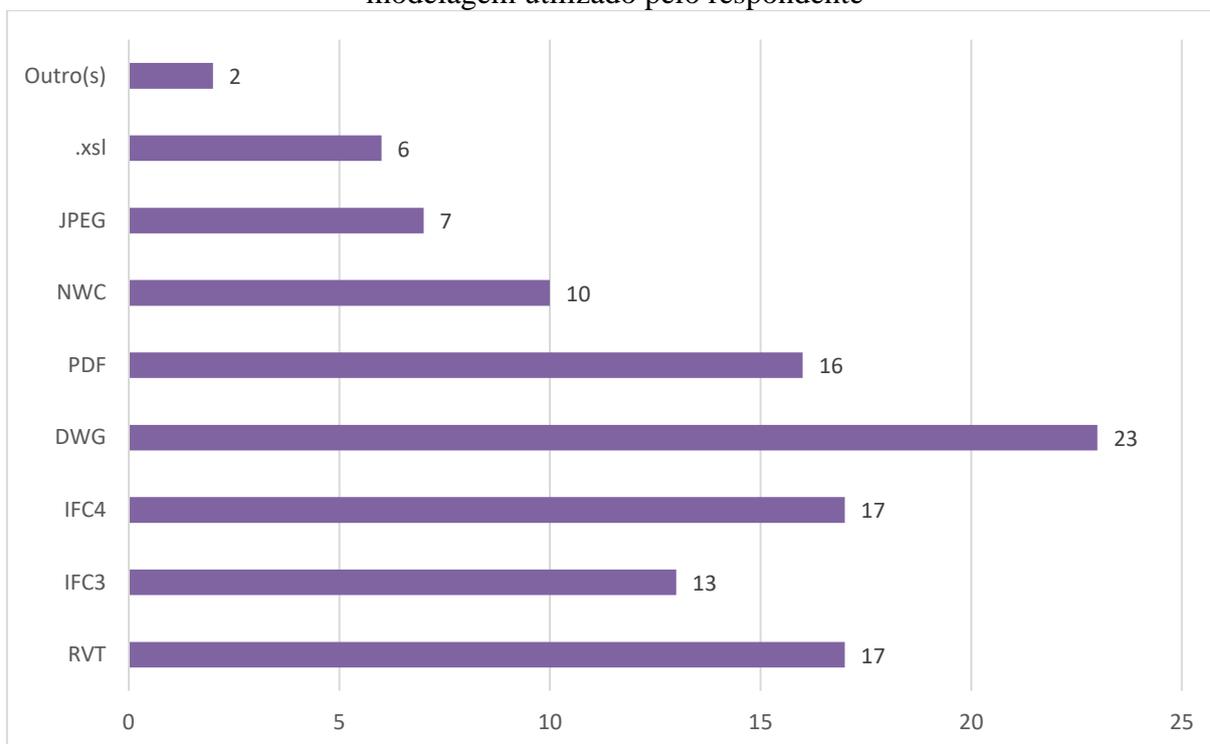
Figura 17 – Principal software BIM utilizado pelos respondentes para modelagem de projetos.



Fonte: a autora, 2022.

Quanto às opções de formatos para exportação de arquivos, a partir do principal software BIM para modelagem utilizado pelo respondente, as respostas indicam que todos softwares possuem opção de exportação para DWG, mas nem todos possuem a opção de exportação de arquivos no formato PDF, JPEG, NWC e .xsl. Com relação ao IFC, a maioria dos softwares BIM de modelagem permitem a exportação de seus arquivos no modelo IFC4, como o Revit e o QIBuilder. A Figura 18 mostra um histograma com a frequência de uso dos diferentes formatos de arquivos disponíveis para exportação, considerando o principal software BIM utilizado para modelagem pelos respondentes. Na opção de citar outros formatos de arquivos para exportação, os respondentes adicionaram Bimx, .dxf e .stl – formatos disponíveis para exportação a partir dos softwares Archicad, BIM Civil e Eberick.

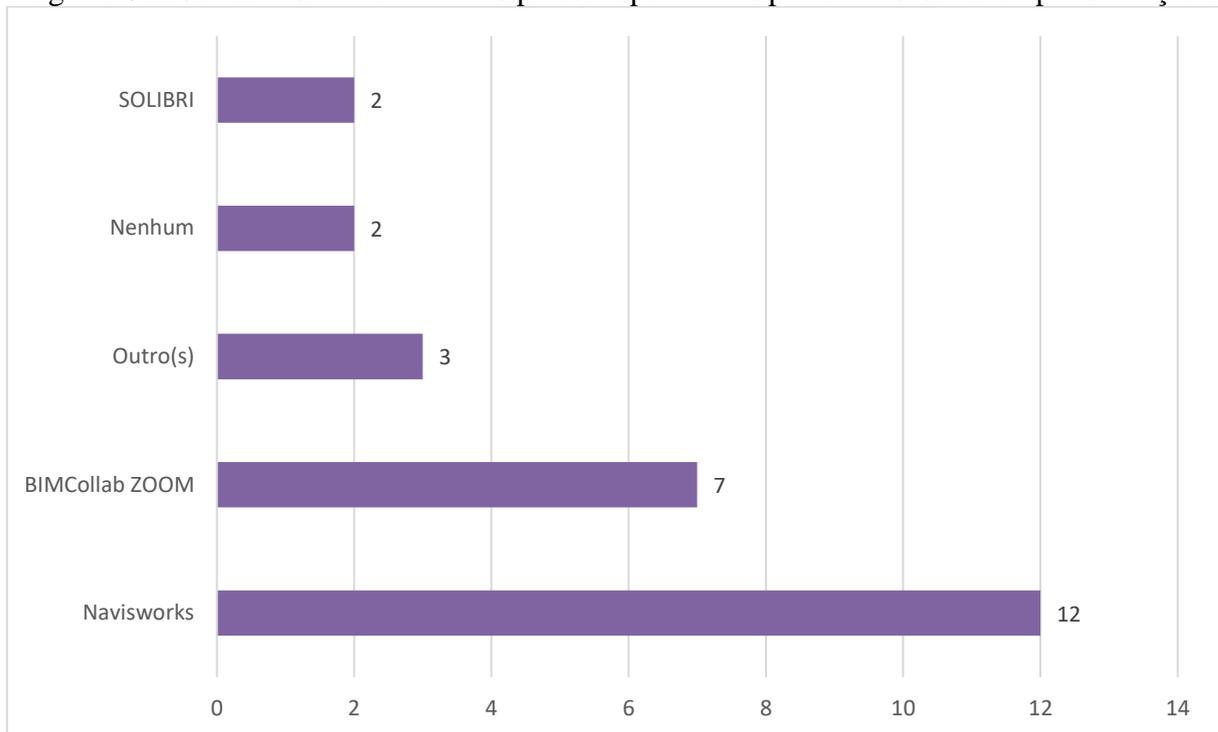
Figura 18 - Formatos para exportação de arquivos a partir do principal software BIM para modelagem utilizado pelo respondente



Fonte: a autora, 2022.

Em termos de compatibilização de projetos, apenas sete (7) respondentes indicaram que utilizam o mesmo software BIM de modelagem para as análises de interferências no projeto, ou seja, cerca de 30% dos respondente. Assim, entende-se que os demais respondentes, no total de dezesseis (16), optam por ferramentas digitais BIM complementares para a visualização de interferências de projeto. O software BIM mais utilizado para a análise de compatibilização é o Navisworks, seguido pelo BIMCollab ZOOM (Figura 19). Além disso, em resposta aberta, o SOLIBRI foi citado como outro software BIM também utilizado para compatibilização de projetos. As respostas obtidas indicam que a maioria dos respondentes utilizam softwares BIM complementares ao software BIM utilizado para modelagem e, às vezes, mais de um software BIM complementar se faz necessário.

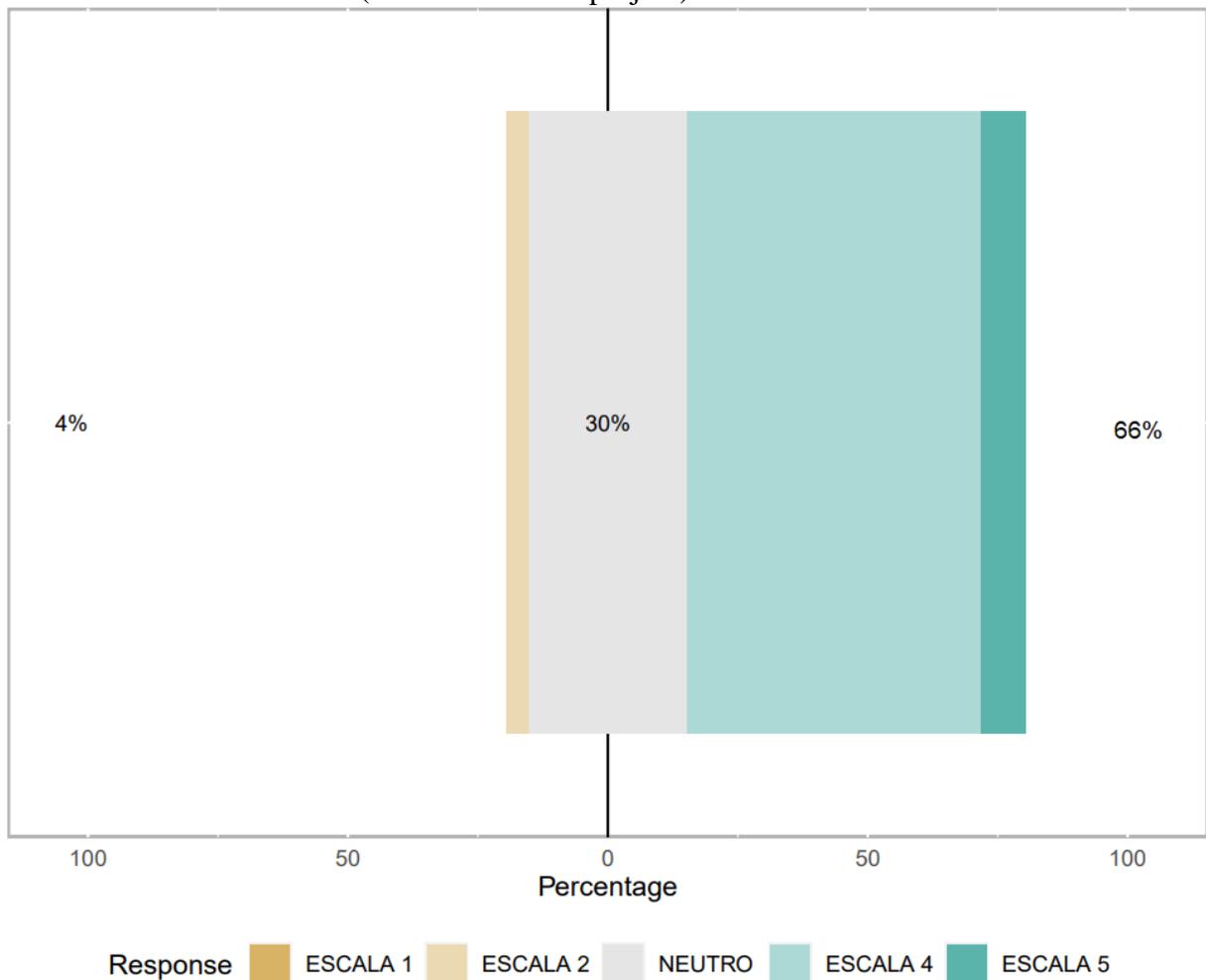
Figura 19 – Softwares BIM utilizados pelos respondentes para análises de compatibilização.



Fonte: a autora, 2022.

Tratando-se da compatibilização, os respondentes avaliaram a transferência dos dados no momento de análise de *clashes* (interferências de projeto) de um software a outro usando uma escala Likert de 1 a 5, onde 1 representa “muitos dados são perdidos, o que dificulta a visualização de interferências no projeto” e 5 “nenhum dado é perdido e todas as interferências são facilmente visualizadas”. Destaca-se, a partir do gráfico da Figura 20, que a maioria dos respondentes acredita que o processo de transferência dos dados para análises de compatibilização ainda resulta em perdas de informações, embora pequenas, dificultando a visualização precisa de interferências em projetos.

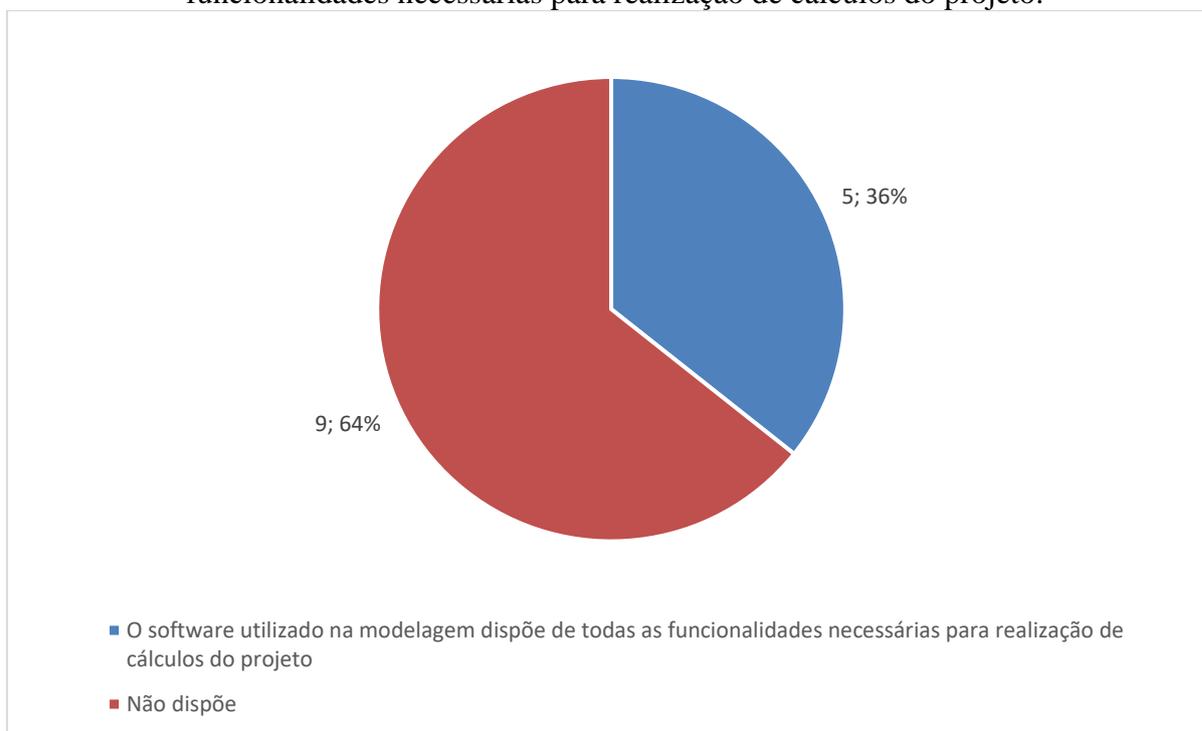
Figura 20 – Avaliação pelos respondentes da transferência dos dados no momento de análise de *clashes* (interferências de projeto) de um software a outro.



Fonte: a autora, 2022.

Em relação aos cálculos no desenvolvimento de projeto de uma disciplina, nove (9) respondentes marcaram a opção “não realizo cálculos técnicos em minha área de projetos e vou avançar para a próxima seção”, assim resultando em quatorze (14) respondentes os quais avaliaram as funcionalidades para realização de cálculo de projetos. Destes, conforme mostrado na Figura 21, apenas cinco (36%) afirmaram que o software utilizado na modelagem dispõe de todas as funcionalidades necessárias para realização de cálculos do projeto – ou seja, dispensa o uso de outros softwares ou cálculos a parte.

Figura 21 – Avaliação dos respondentes acerca do software utilizado na modelagem: as funcionalidades necessárias para realização de cálculos do projeto.



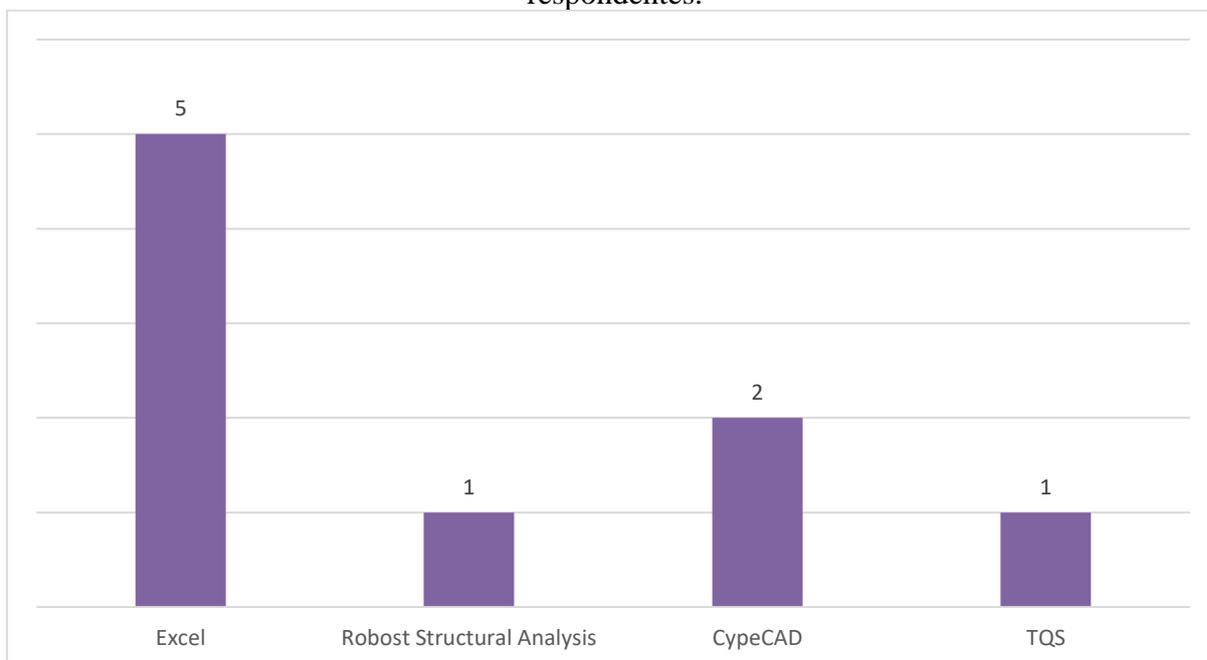
Fonte: a autora, 2022.

Dentre os respondentes que indicaram a necessidade de recorrer a outros softwares (não necessariamente softwares BIM) para a realização dos cálculos de projeto, a maioria citou o Excel como software complementar, conforme histograma da Figura 22. Segundo a ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial), “planilhas Excel tem sido o método mais comum para exportar dados específicos a serem utilizados em um aplicativo externo” (ABDI, 2017) uma vez que “existem no mercado diversos plugins para automatizar boa parte desta tarefa e permitir que dados retornem para inserção no modelo” (ABDI, 2017). A ABDI afirma que:

Este método tem limitações, tanto de capacidade de dados, quanto operacionais. Embora o limite de dados possa parecer muito alto, o crescente volume de metadados em um grande projeto de construção pode eventualmente atingir este teto. É preciso considerar também que este volume tende a crescer exponencialmente devido ao crescente uso de sensores e equipamentos de controle, assim como outros componentes derivados da IoT – Internet of Things, ou “Internet das coisas”. Na questão operacional, as limitações são mais imediatas e afetam procedimentos e práticas. Em primeiro lugar temos a fragilidade na segurança dos dados, pois estes podem ser facilmente alterados, a menos que se utilize criptografia pesada, mas isto nem sempre é compatível com os exportadores de planilhas dos aplicativos ou dos respectivos plugins. Outro ponto relevante é que por meio de planilhas não é possível inserir um novo elemento no modelo ou criar um novo parâmetro para algum

elemento. Qualquer alteração deve ser iniciada no modelo BIM, refazendo-se todo o processo de exportação. O uso das planilhas Excel como elemento de conexão de dados depende de procedimentos rígidos e de pessoal qualificado, com capacidade de reconhecer e corrigir falhas no processo (ABDI, 2017).

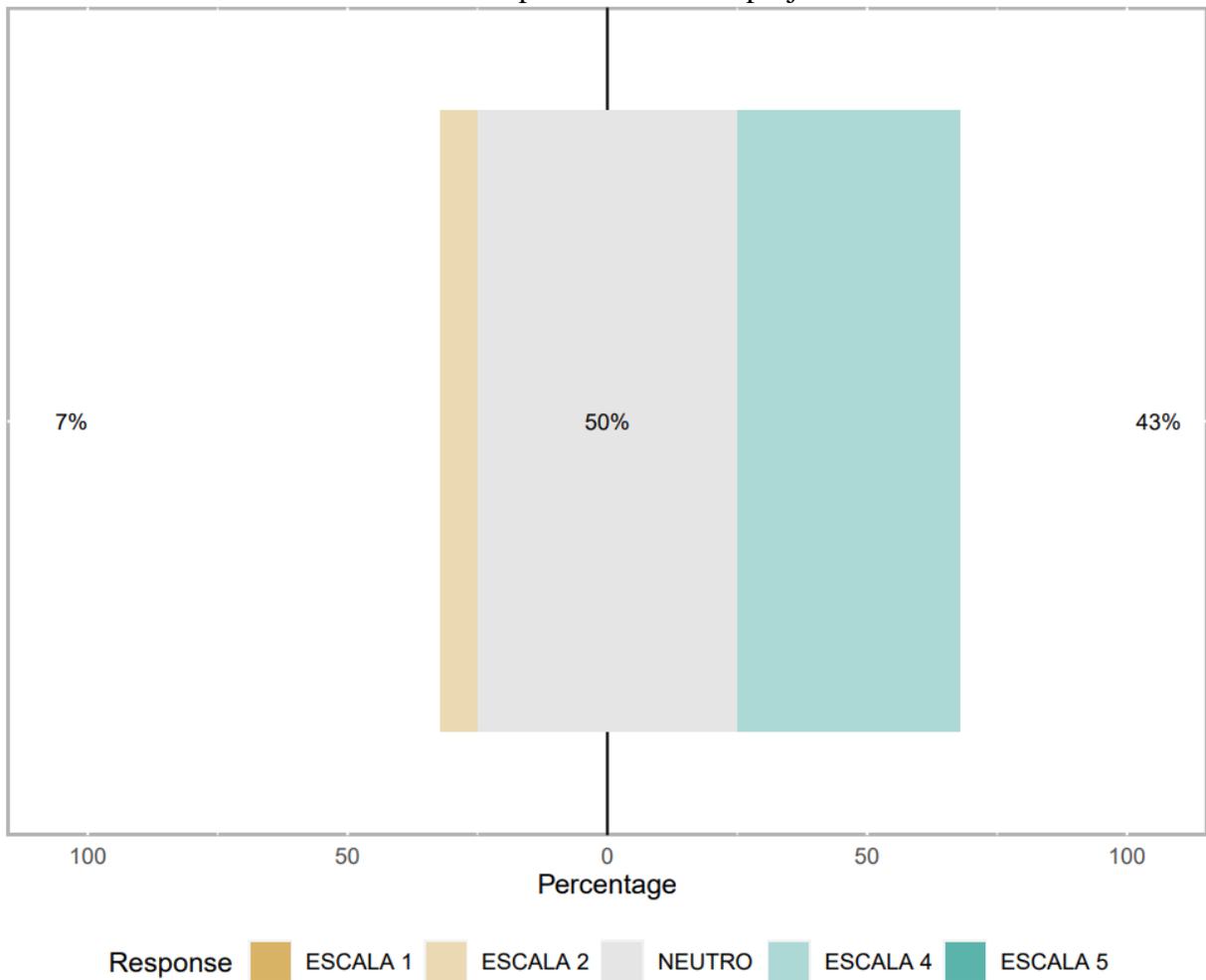
Figura 22 – Softwares complementares utilizados para realização de cálculos de projeto pelos respondentes.



Fonte: a autora, 2022.

Os respondentes avaliaram também a facilidade de transferência de dados de projeto entre os softwares, na etapa de cálculos, usando uma escala de Likert de 1 a 5, onde 1 representava “há perda de dados de cálculo de projeto quando preciso transferir dados de um software a outro ou, ainda, há muitas dificuldades no processo de transferência de dados de um software a outro” e 5 representava “não há nenhuma dificuldade ou problema apresentado quando transfiro os dados de cálculo de projeto de um software a outro”. Os dados obtidos indicam que a transferência de dados de cálculos de projeto de um software a outro nessa etapa de projeto ainda apresenta perdas, dificultando a interoperabilidade, conforme Figura 23. Essas dificuldades podem ocasionar em retrabalho aos profissionais, uma vez que a perda de informações, mesmo que pequenas, podem interferir em análises do projeto as quais são fundamentais para seu bom desempenho.

Figura 23 – Avaliação dos respondentes acerca da transferência dos dados de um software a outro na etapa de cálculos de projeto.

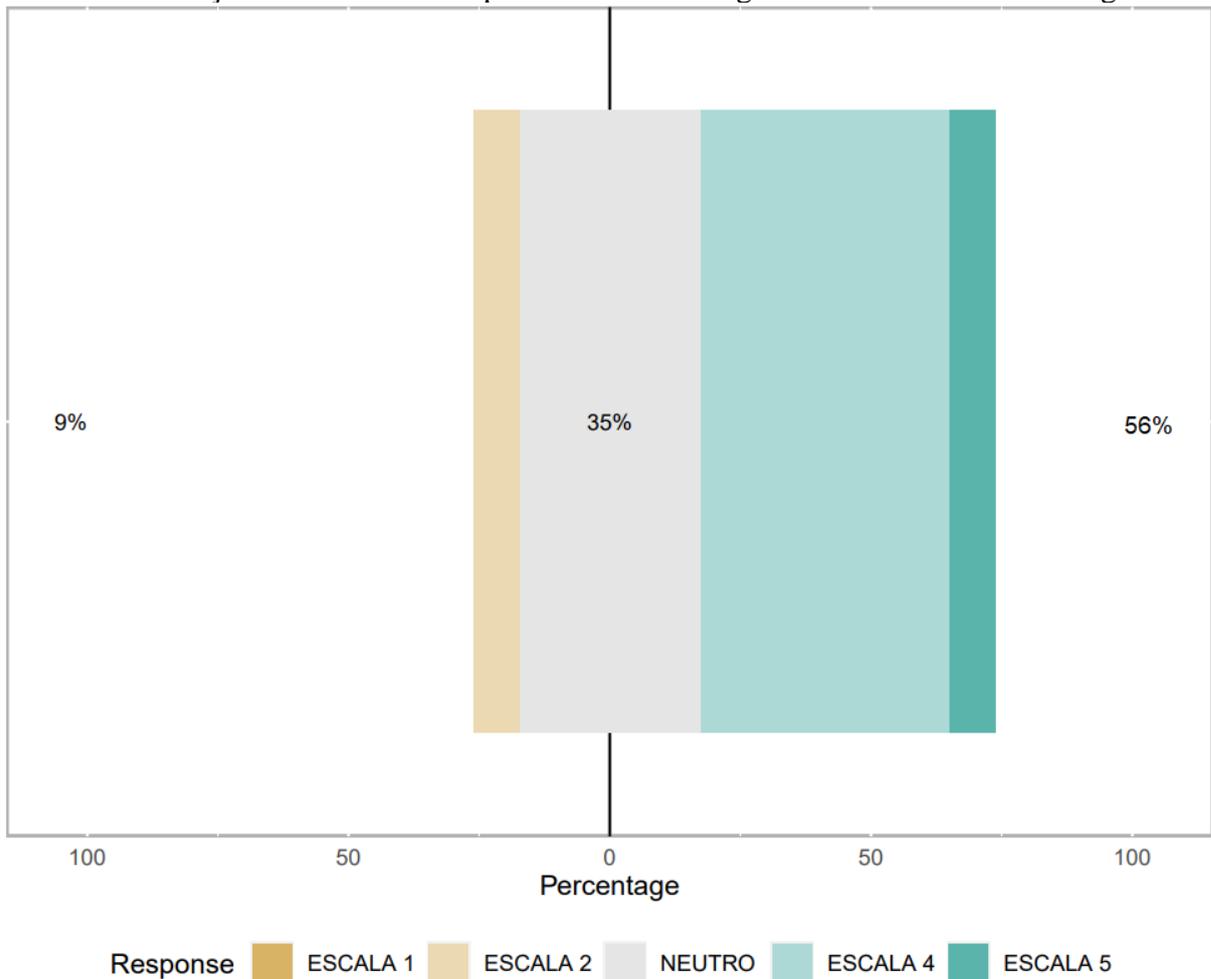


Fonte: a autora, 2022.

Com relação às informações de projeto e como elas são apresentadas em ficha técnica e lista de materiais de Objetos BIM no momento da geração dos arquivos no formato IFC – em relação ao formato do arquivo do modelo original do software de modelagem – os respondentes avaliaram a interoperabilidade usando a escala de Likert, de 1 a 5, onde 1 representava “muitas informações são perdidas” e 5 “totalmente fiel às informações do modelo original”. Percebe-se a partir dos dados coletados (Figura 24) que a transferência de arquivos de um software a outro quando gerado um arquivo IFC ainda apresenta falhas e perdas de informações, não atingindo assim o nível ideal de interoperabilidade. Essas falhas podem acarretar em erros na listagem de materiais necessários para o projeto de edificações, uma vez que, conforme estudado na

fundamentação teórica, softwares BIM apresentam a ficha técnica dos materiais utilizados a partir dos Objetos BIM de forma direta.

Figura 24 – Avaliação dos respondentes acerca de quão fiel as informações se mantêm (em aspectos de ficha técnica, materiais, etc. de Objetos BIM): a geração de arquivos no formato IFC em relação ao formato do arquivo do modelo original do software de modelagem.

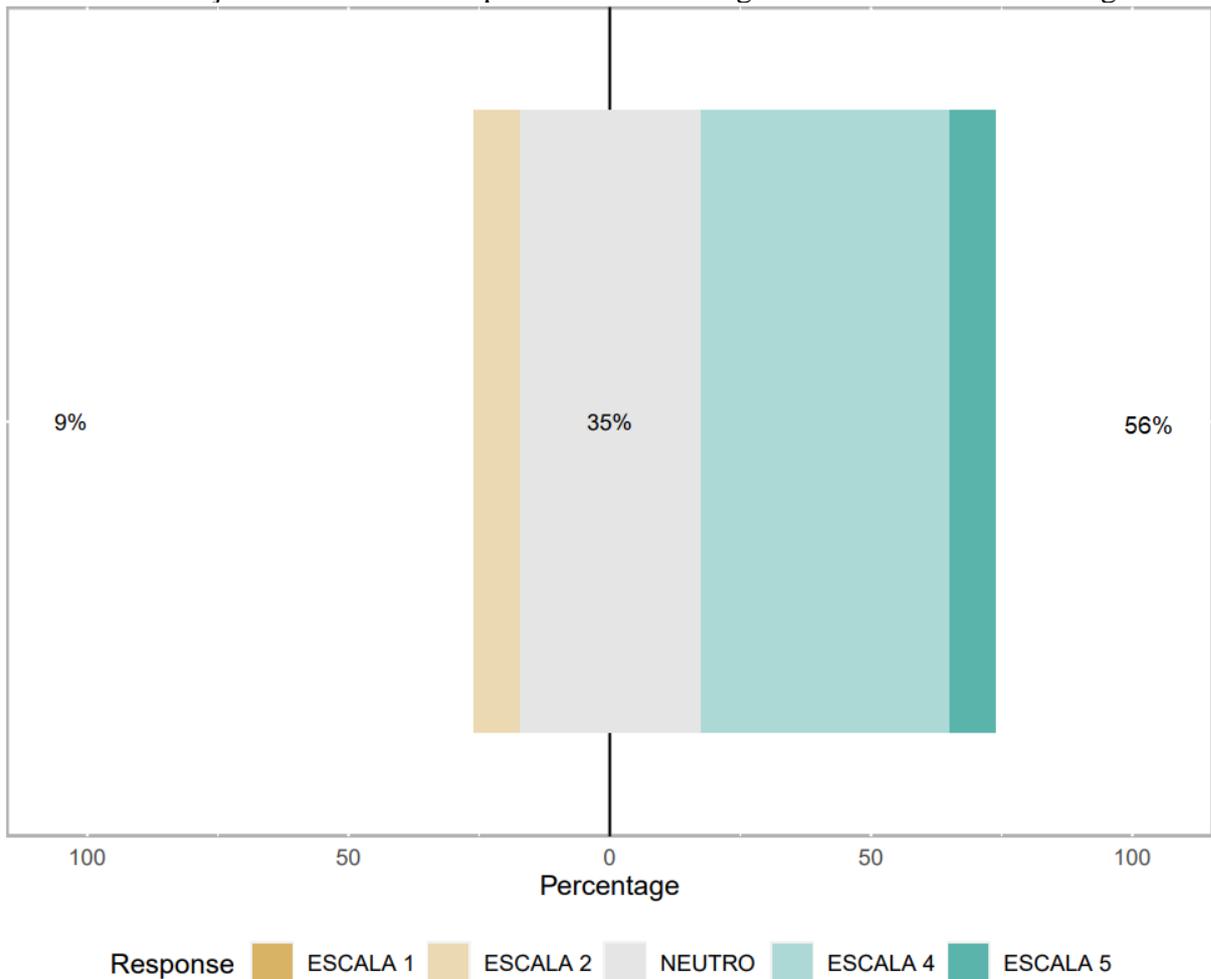


Fonte: a autora, 2022.

Os respondentes também avaliaram a interoperabilidade na troca de arquivos no formato IFC em relação ao formato do arquivo do modelo original do software de modelagem em aspectos de cor, textura e forma dos Objetos BIM. Os respondentes podiam avaliar suas percepções acerca da interoperabilidade em uma escala de Likert de 1 a 5, onde 1 representa “muitas informações são perdidas” e 5 “totalmente fiel às informações do modelo original”, conforme Figura 25. Destaca-se, portanto, que a interoperabilidade na transferência de Objetos

BIM em aspectos de manutenção das cores, texturas e formas ainda apresenta perdas de informações.

Figura 25 – Avaliação dos respondentes acerca de quão fiel as informações se mantêm (em aspectos de cor, textura e forma de Objetos BIM) quando são gerados arquivos no formato IFC em relação ao formato do arquivo do modelo original do software de modelagem.

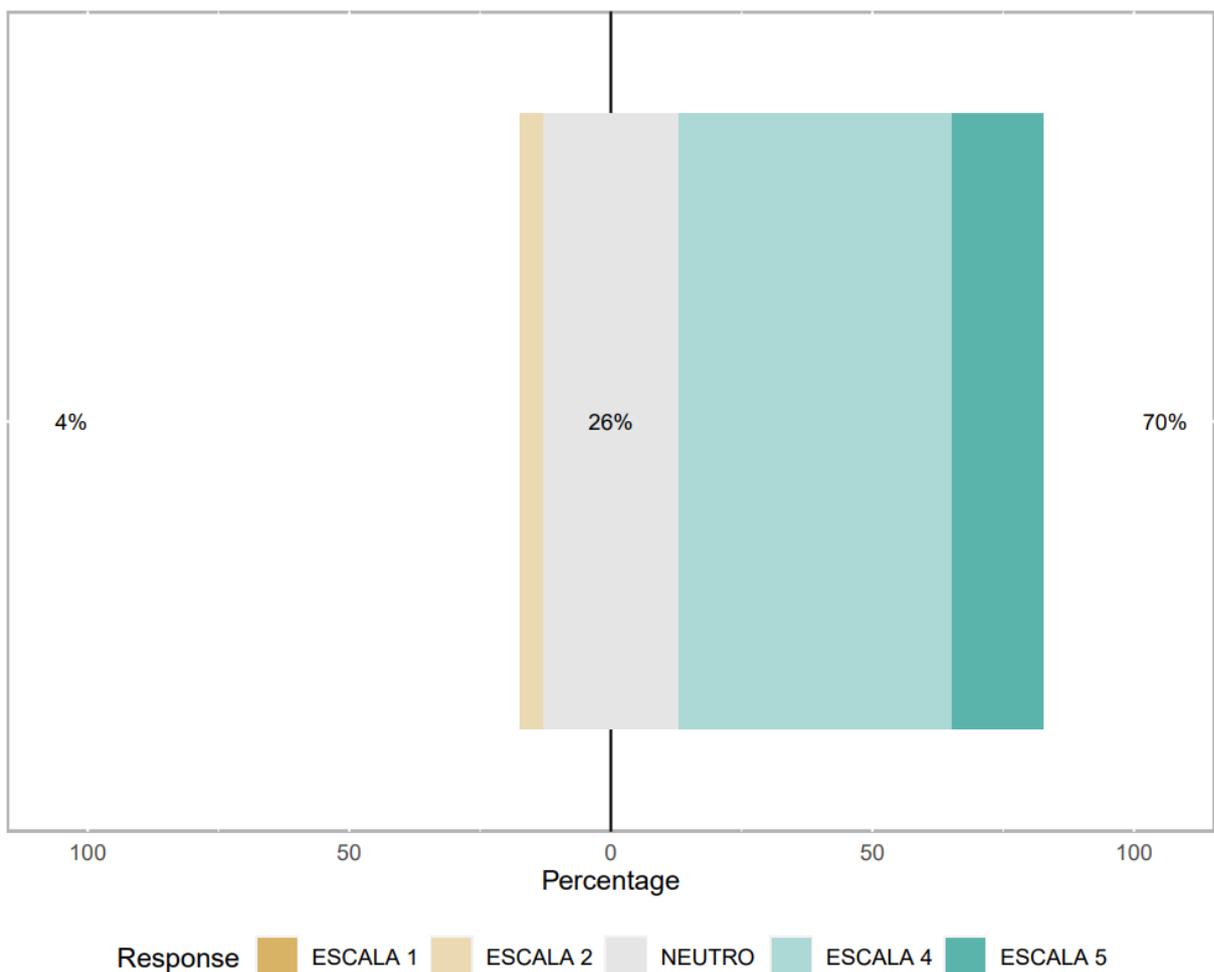


Fonte: a autora, 2022.

Ainda foi avaliado pelos respondentes aspectos de interoperabilidade na troca de arquivos no formato IFC em relação ao formato do arquivo do modelo original do software de modelagem em aspectos de detalhes 3D e visibilidade no projeto dos Objetos BIM. A partir da escala de Likert de 1 a 5, onde 1 representa “muitas informações são perdidas” e 5 “totalmente fiel às informações do modelo original”, conforme Figura 26, pode-se perceber que a interoperabilidade na transferência de Objetos BIM em aspectos de manutenção visibilidade 3D em projeto ainda não atingiu o nível ideal de interoperabilidade, apresentando assim perdas

de informações. A visibilidade 3D é um elemento importante no momento de análise do modelo elaborado pelos projetistas, uma vez que são necessários diagnósticos de compatibilidade no projeto. Uma má visualização 3D de um Objeto BIM pode resultar em interpretações errôneas do projeto.

Figura 26 – Avaliação dos respondentes acerca de quão fiel as informações se mantêm (em aspectos de visibilidade 3D de Objetos BIM) quando são gerados arquivos no formato IFC em relação ao formato do arquivo do modelo original do software de modelagem.

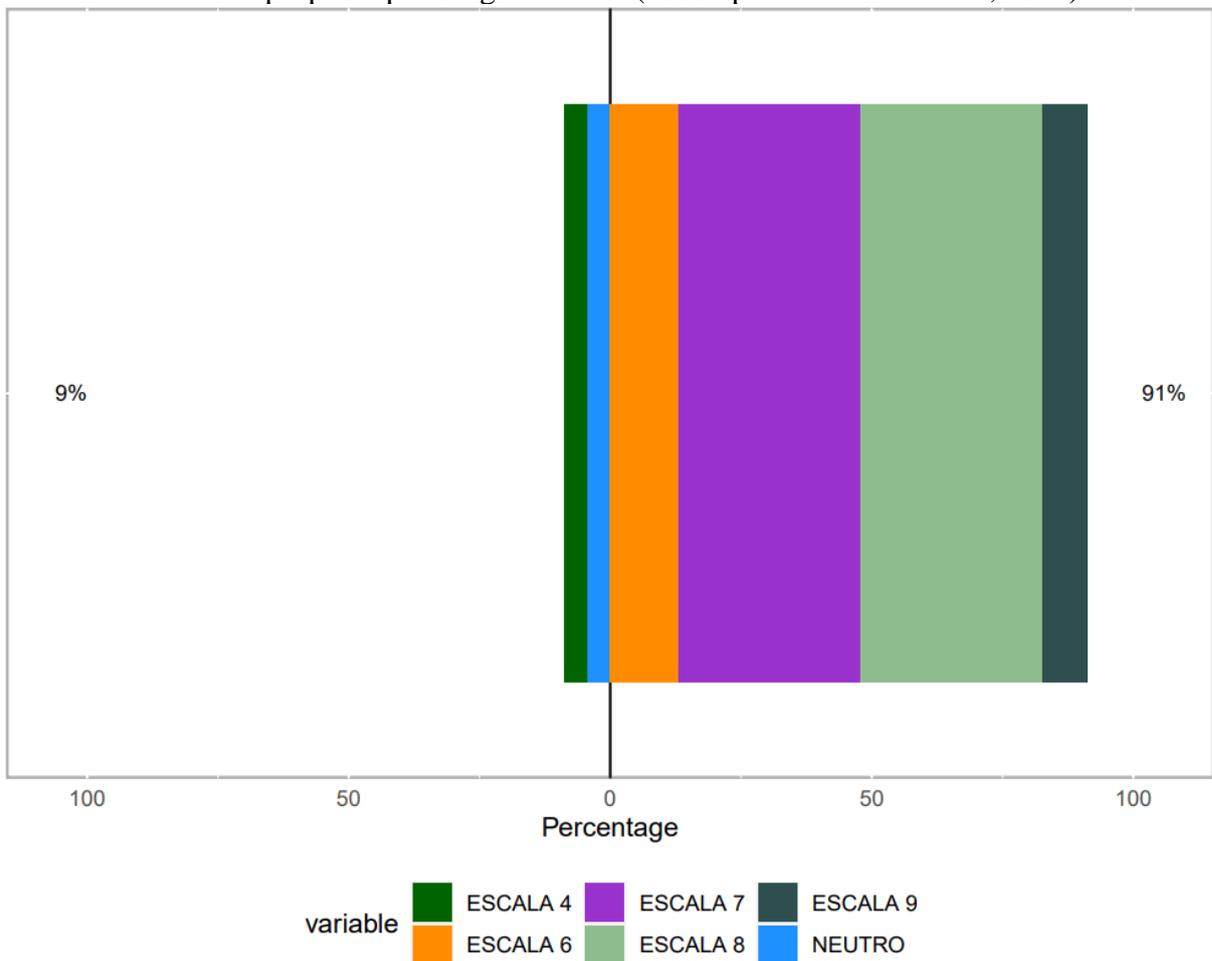


Fonte: a autora, 2022.

Os respondentes avaliaram também a interoperabilidade do software de modelagem conforme classificação de Singh e Huhns (2005 apud MENZEL et al., 2022): interoperabilidade técnica, interoperabilidade sintática ou interoperabilidade semântica. Definiu-se uma escala de Likert de 1 a 10, onde 1 representa “interoperabilidade técnica” (modelo onde há muitas perdas de informações) e 10 a “interoperabilidade semântica” (modelo ideal de interoperabilidade). A

interoperabilidade sintática está representada pelo meio termo entre as duas escalas (ou seja, escala de número 5). A Figura 27 ilustra que para os respondentes a interoperabilidade dos softwares BIM no momento de transferência de arquivos em IFC ainda não atingiu o modelo ideal, estando assim classificada como uma interoperabilidade sintática. Um nível não ideal de interoperabilidade pode ser um desafio para a adesão da metodologia BIM, já que a troca de informações pode ser complexa e induzir à necessidade de retrabalho ou desinformação por parte dos trabalhadores envolvidos no projeto.

Figura 27 - Avaliação dos respondentes acerca da classificação de interoperabilidade conforme proposto por Singh e Huhns (2005 apud MENZEL et al., 2022).

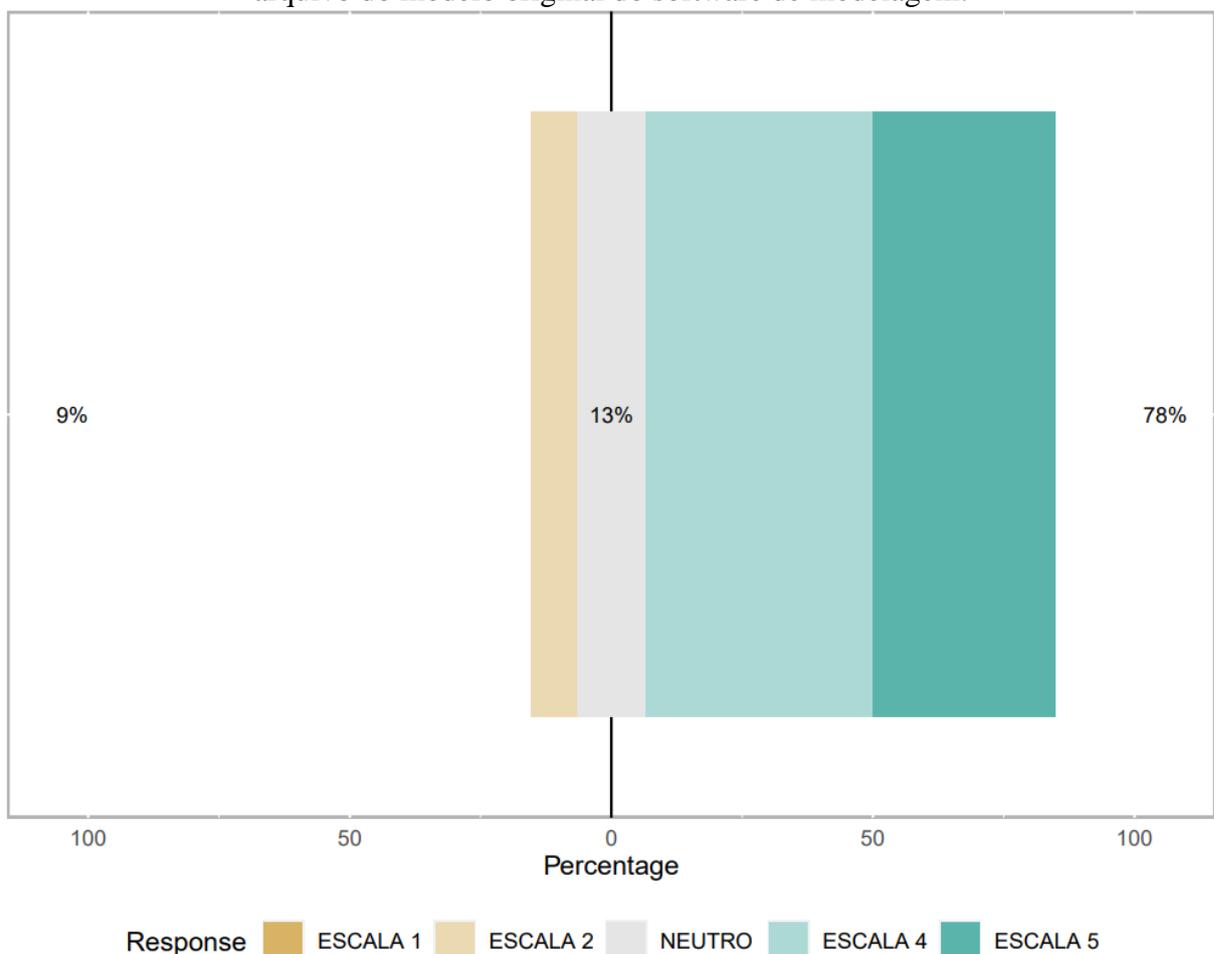


Fonte: a autora, 2022.

A última pergunta do questionário é relacionada à interoperabilidade na exportação de modelos do software original de modelagem para demais formatos de arquivos, como DWG e PDF, por exemplo. A Figura 28 apresenta os resultados que foram obtidos através de uma escala

de Likert de 1 a 5, onde 1 representa “muitas informações são perdidas” e 5 “há total transferência de informações, ou seja, nenhuma informação é perdida”. Sendo assim, percebe-se que a transferência de arquivos do modelo original da modelagem para demais formatos ainda apresenta perdas de informações, embora pequenas, gerando problemas de interoperabilidade também nesse aspecto.

Figura 28 - Avaliação dos respondentes acerca de quão fiel as informações se mantêm quando são gerados arquivos em demais formatos, como DWG e PDF, em relação ao formato do arquivo do modelo original do software de modelagem.



Por fim, os respondentes foram questionados sobre quais outras dificuldades as quais eles poderiam citar que estão presentes no processo de exportação de arquivos. As respostas são transcritas a seguir:

“O maior problema hoje é a falta de possibilidade de reutilizar a geometria para retomar a modelagem em outro software.”

“A demora para exportar.”

“As principais dificuldades encontram-se no entendimento do esquema de conversão entre softwares o que impacta na forma de exportação e conseqüentemente no resultado da exportação. Um esquema bem definido e flexível tende a facilitar e alcançar maiores resultados.”

“Dificuldade na configuração, caso não tenha experiência ou um padrão pré estabelecido com as configurações padrões da empresa.”

“Quando se trabalha somente com IFC é muito tranquilo, mas ao ter que utilizar arquivos do Revit sempre é necessário solicitar que os arquivos sejam enviados em IFC, podendo gerar alguns problemas de posicionamento caso a exportação não seja feita no mesmo padrão para todos os projetos que serão compatibilizados.”

“O maior problema é falar a mesma linguagem de formato com outros projetistas, uma vez que a maioria não conhece profundamente formatos de intercâmbios, ou, utiliza versões diferentes de softwares.”

“O processo de exportação é intuitivo, porém o mercado nessa área não utiliza o formato IFC nas análises (por exemplo prefeituras e órgãos responsáveis pela aprovação).”

“O agrupamento de informações.”

4.2 DISCUSSÕES ACERCA DOS RESULTADOS OBTIDOS PELO *SURVEY*

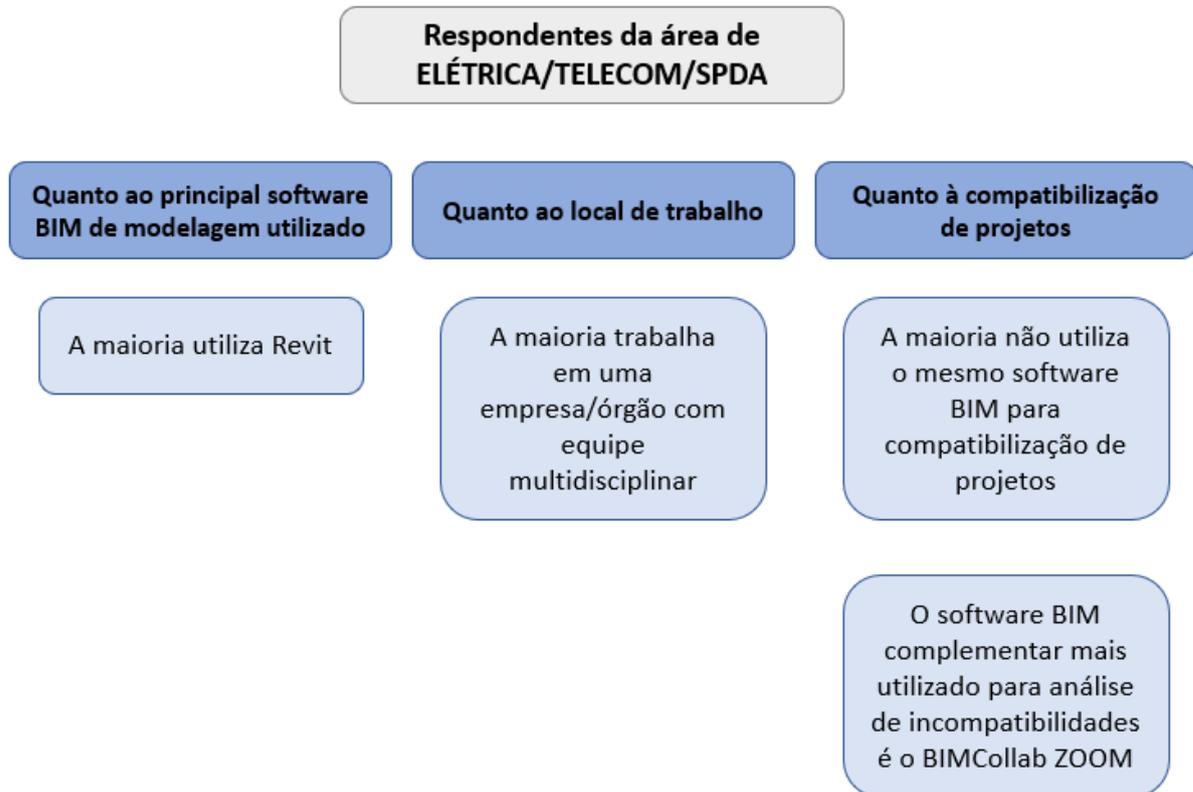
As discussões serão referentes às três áreas de projeto da AEC com maiores números de respondentes – Elétrica/Telecom/SPDA, Gerenciamento de Projetos e Arquitetura – e seus resultados indiretos obtidos através do questionário.

4.2.1 **Área de Elétrica/Telecom/SPDA**

O questionário obteve cinco respostas das áreas de Elétrica/Telecom/SPDA que realizam projetos de edificações com metodologia BIM, onde a maioria dos respondentes possui experiência de um a quatro anos. A Figura 29 traz um resumo dos resultados obtidos

pelo questionário através das avaliações propostas pelos respondentes em termos dos softwares BIM utilizados e da compatibilização de projetos.

Figura 29 - Resultados indiretos obtidos pelo questionário em termos dos softwares BIM utilizados e da compatibilização de projetos.

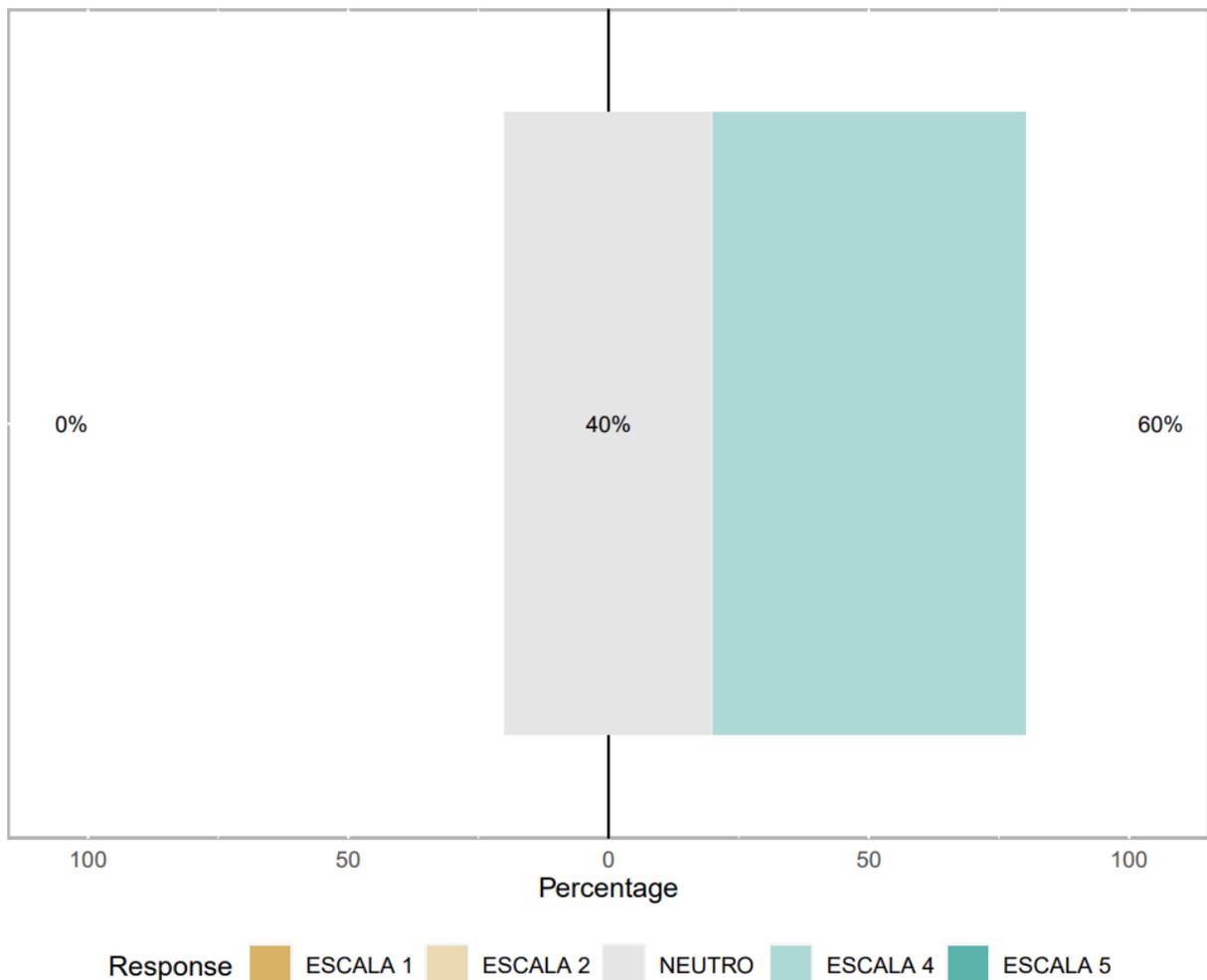


Fonte: a autora, 2022.

Percebe-se, portanto, a predominância do uso do software BIM Revit para modelagem de projetos entre os respondentes da área de Elétrica/Telecom/SPDA e a necessidade de uso do software BIM complementar BIMCollab ZOOM para análises de *clashes* em projetos.

A Figura 30 apresenta a escala de Likert de 1 a 5 – conforme descrito na seção anterior – com a análise dos respondentes para a transferência dos dados no momento de análise de compatibilização de projetos em softwares auxiliares. Percebe-se, portanto, que a interoperabilidade no momento de transferência de dados para compatibilização de projetos ainda não atingiu seu modelo ideal na área de Elétrica/Telecom/SPDA, podendo ocasionar em erros e retrabalhos nos projetos.

Figura 30 - Avaliação pelos respondentes da área de Elétrica/Telecom/SPDA da transferência dos dados no momento de análise de *clashes* (interferências de projeto) de um software a outro.

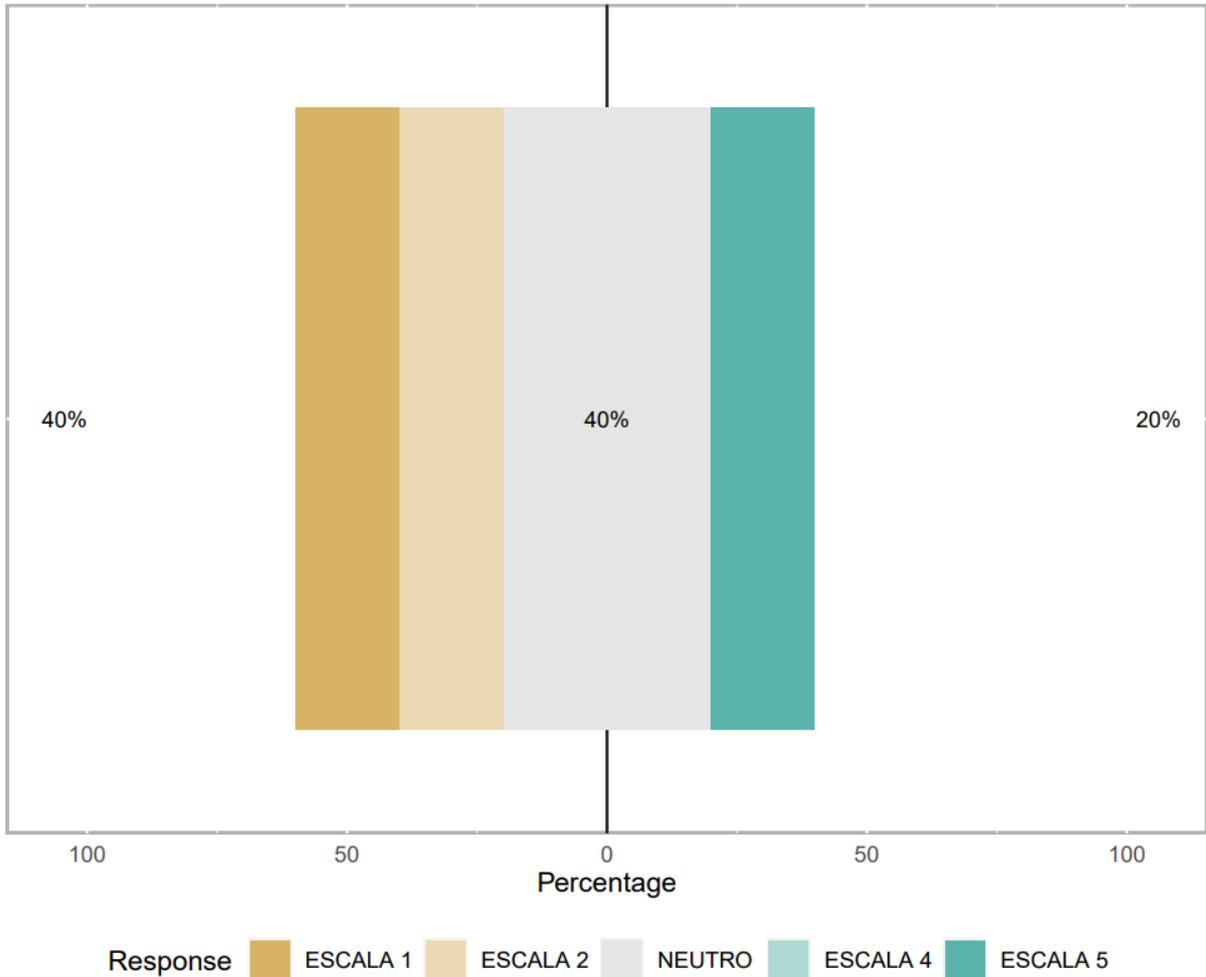


Fonte: a autora, 2022.

Em relação aos cálculos de projeto, quatro dos cinco respondentes (80%) afirmaram que o software BIM utilizado para a modelagem não dispõe de todas as funcionalidades necessárias para realização de cálculos do projeto, ou seja, há a necessidade de uso de outros softwares auxiliares ou cálculos realizados a parte pelo respondente. Nota-se que os profissionais da área de Elétrica/Telecom/SPDA apontam dificuldades para a realização de cálculos de projeto em softwares BIM, e dizem recorrer ao uso de planilhas eletrônicas – como o Excel – para a realização de cálculos no projeto. Pode-se dizer que os softwares BIM não disponibilizam recursos que auxiliem essa etapa de projeto, levando a dificuldades de interoperabilidade segundo os respondentes. A Figura 31 reafirma a discussão, ilustrando a

avaliação dos respondentes acerca da transferência dos dados na realização de cálculos de projeto através da escala de Likert.

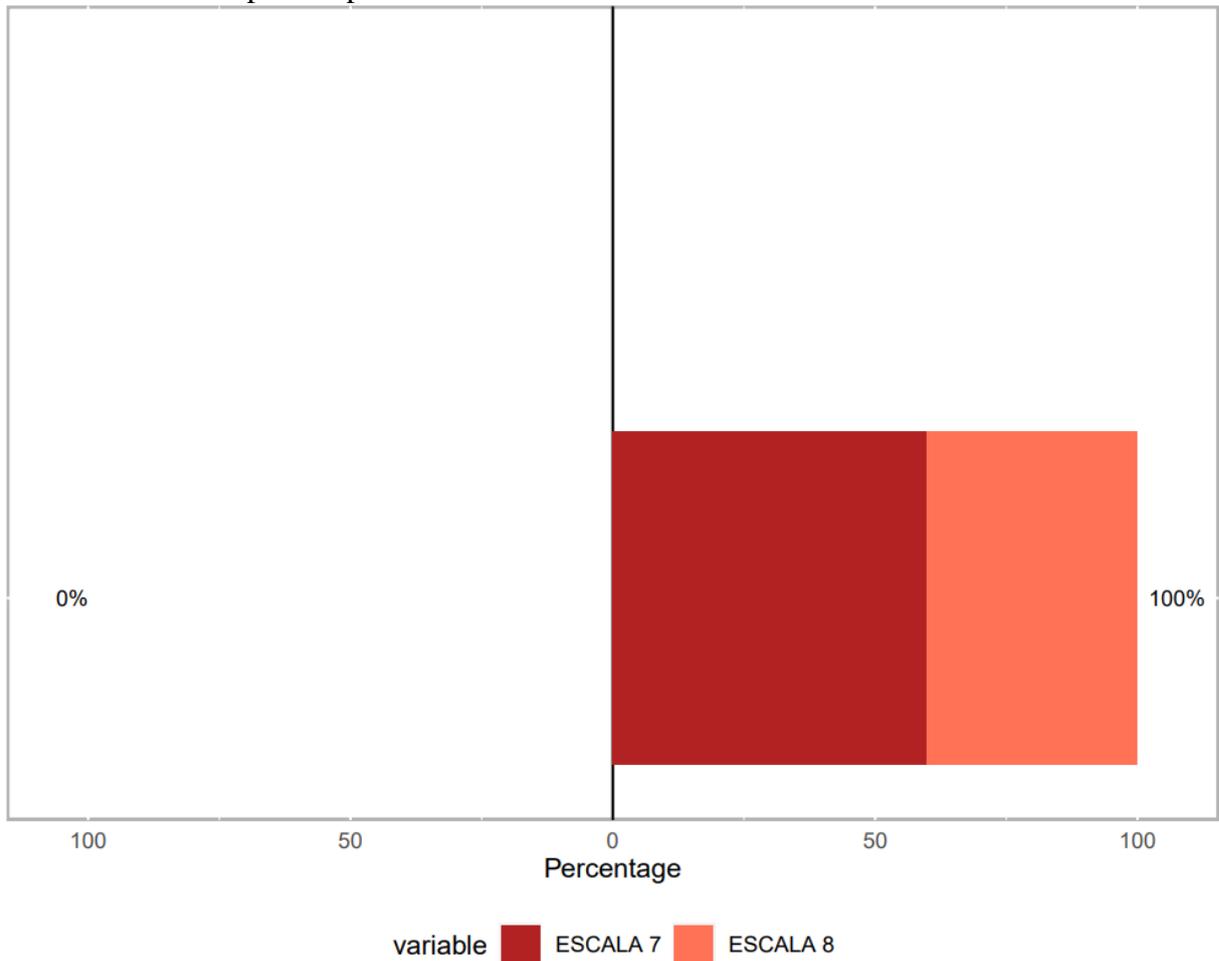
Figura 31 - Avaliação dos respondentes da área de Elétrica/Telecom/SPDA acerca da transferência dos dados de um software a outro na etapa de cálculos de projeto.



Fonte: a autora, 2022.

Em termos da interoperabilidade no momento da transferência de arquivos no formato IFC, as respostas dos profissionais da área da Elétrica/Telecom/SPDA foram tratadas graficamente pela escala de Likert e são ilustradas na Figura 32.

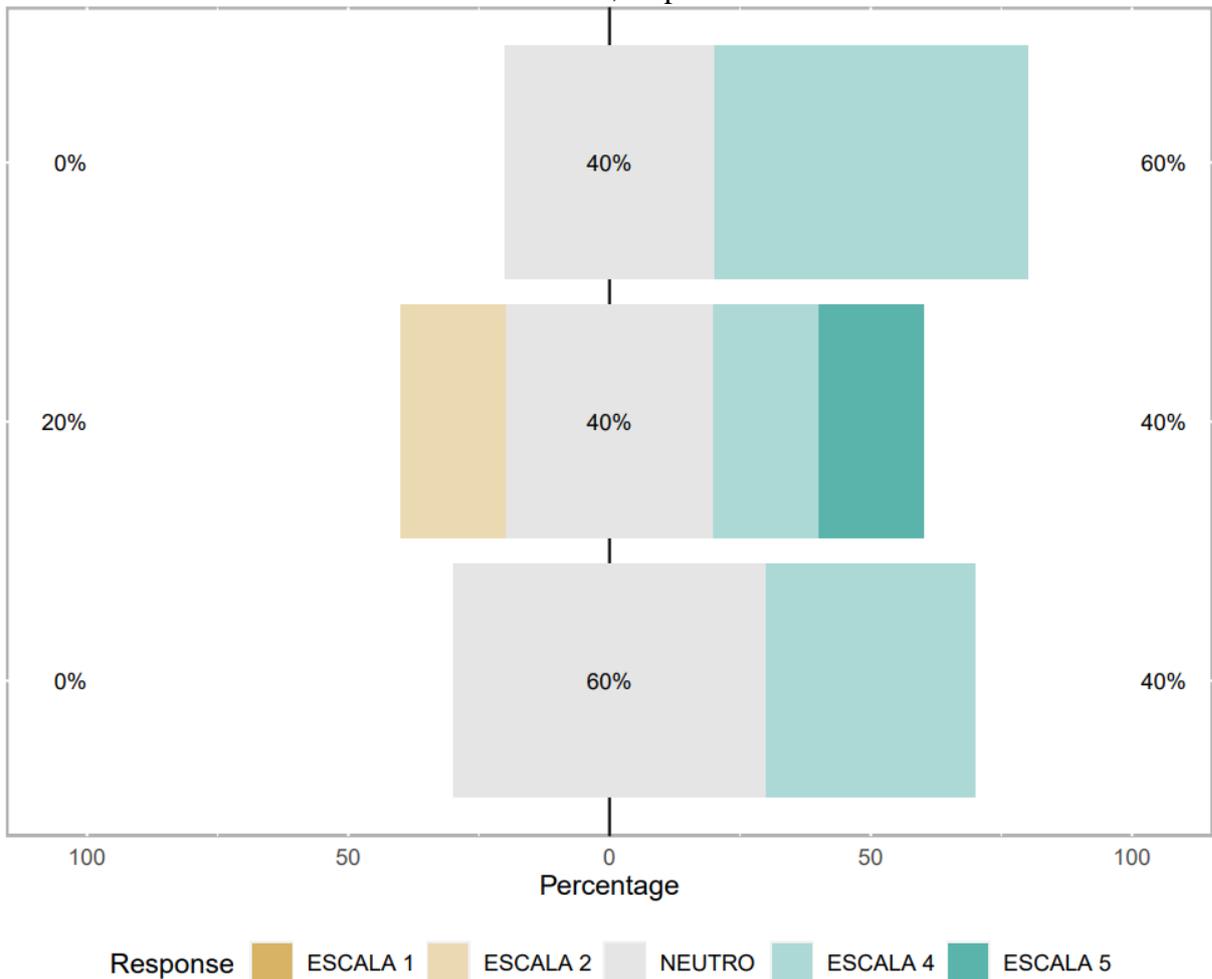
Figura 32 - Resultados indiretos obtidos pelo questionário em termos da interoperabilidade para os profissionais da área de Elétrica/Telecom/SPDA.



Fonte: a autora, 2022.

A interoperabilidade semântica parece ainda constituir-se um desafio – ou seja, são apontadas dificuldades na transferência de arquivos em todos formatos, principalmente em termos de ficha técnica e lista de materiais de Objetos BIM, assim como suas cores, texturas e formas e visibilidade 3D (gráficos da Figura 33). A interoperabilidade na transferência de arquivos IFC entre os softwares BIM para os profissionais respondentes pode ser caracterizada como uma interoperabilidade sintática, baseada na visão dos respondentes, o que acarreta dificuldades na elaboração de projetos, bem como em erros e necessidade de retrabalho.

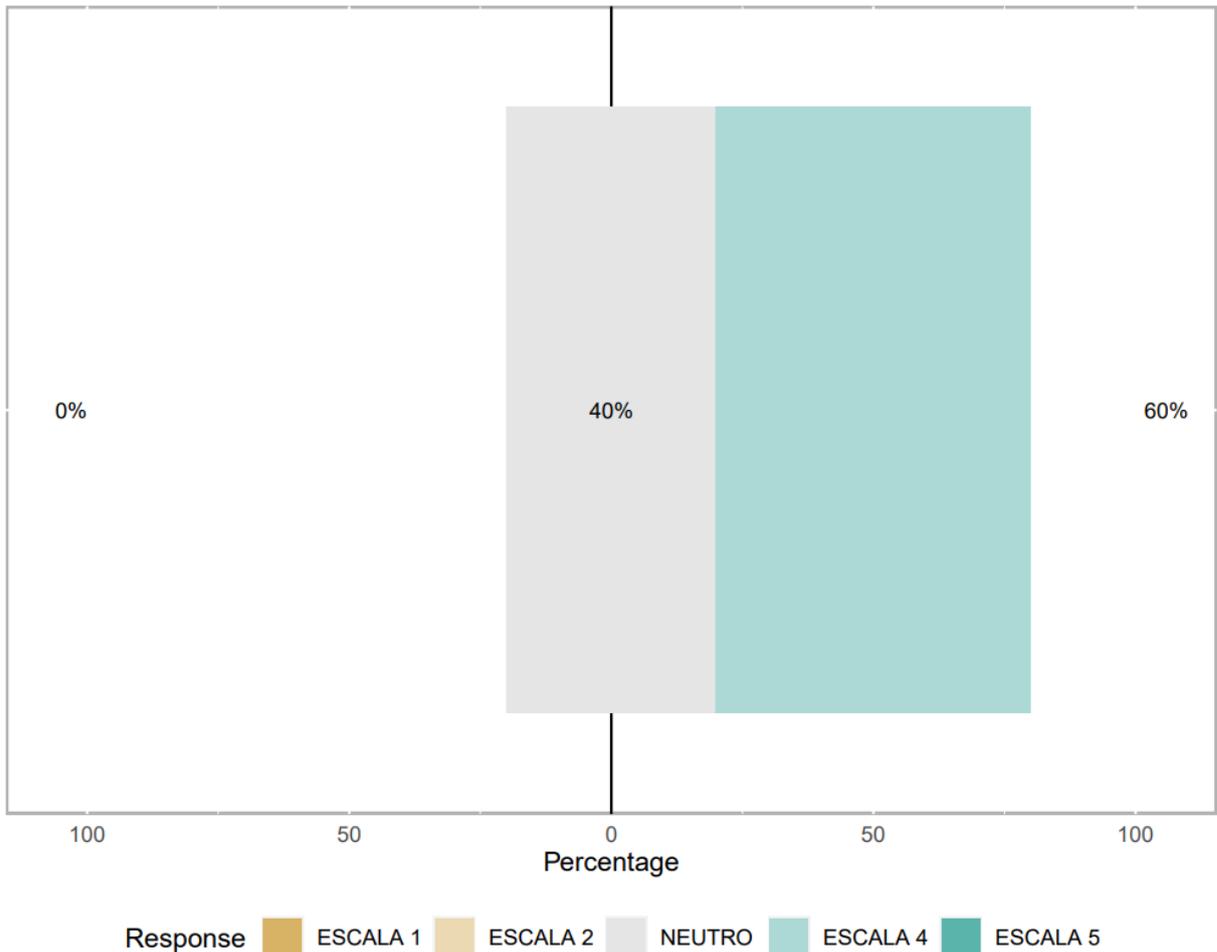
Figura 33 – Avaliação dos respondentes da área de Elétrica/Telecom/SPDA para a transferência de arquivos no formato IFC com relação às cores texturas e formas, visibilidade 3D e ficha técnica, respectivamente.



Fonte: a autora, 2022.

Por fim, os respondentes da área também compartilharam suas percepções acerca da transferência de dados no momento da exportação de arquivos para demais formatos, como DWG e PDF. Pela Figura 34, percebe-se que os respondentes acreditam que a transferência dos dados ainda não atingiu seu nível ideal, podendo ocasionar em perdas de dados e, conseqüentemente, retrabalho ou erros no projeto.

Figura 34 – Avaliação dos respondentes da área de Elétrica/Telecom/SPDA acerca da transferência de dados no momento da exportação de arquivos para demais formatos, como DWG e PDF.

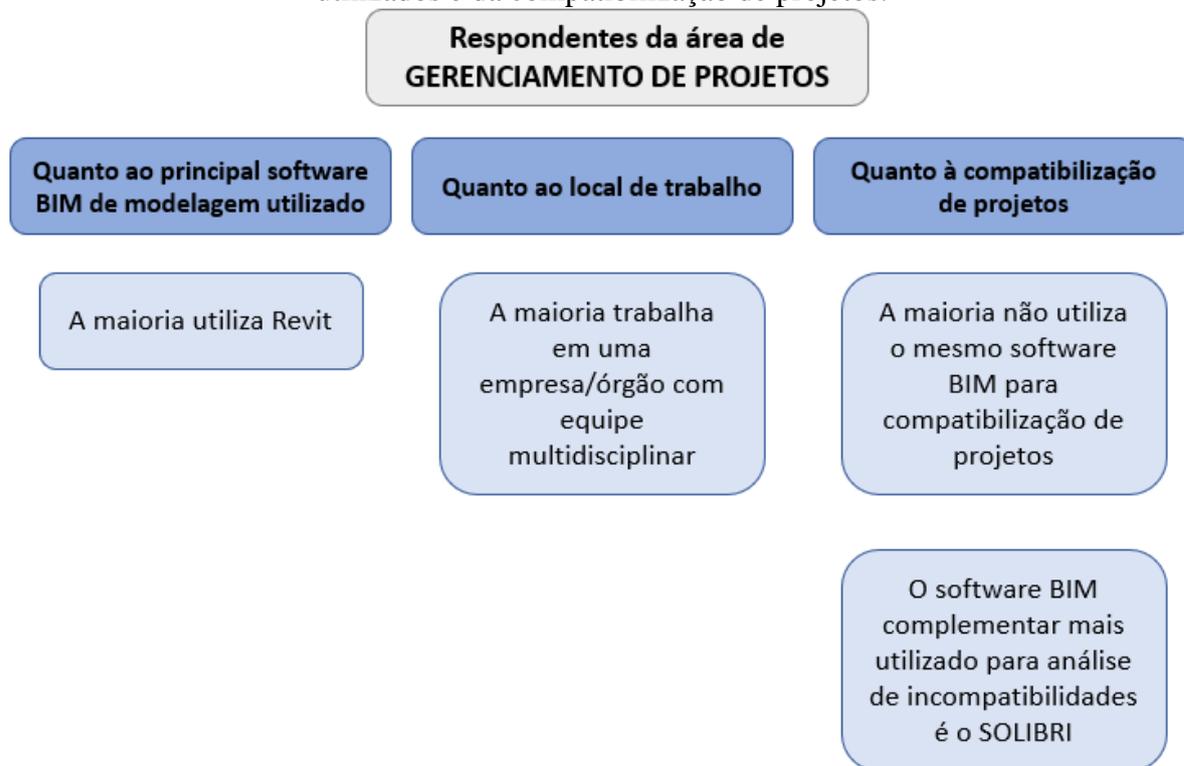


Fonte: a autora, 2022.

4.2.2 Área de Gerenciamento de Projetos

O questionário obteve seis respostas de profissionais que atuam na área de Gerenciamento de Projetos, onde a maioria dos respondentes possui experiência de um a quatro anos com projetos em metodologia BIM. A Figura 35 ilustra de forma esquemática os resultados obtidos pelo questionário em termos dos softwares BIM utilizados pelos referidos profissionais e da compatibilização de projetos.

Figura 35 - Resultados indiretos obtidos pelo questionário em termos dos softwares BIM utilizados e da compatibilização de projetos.

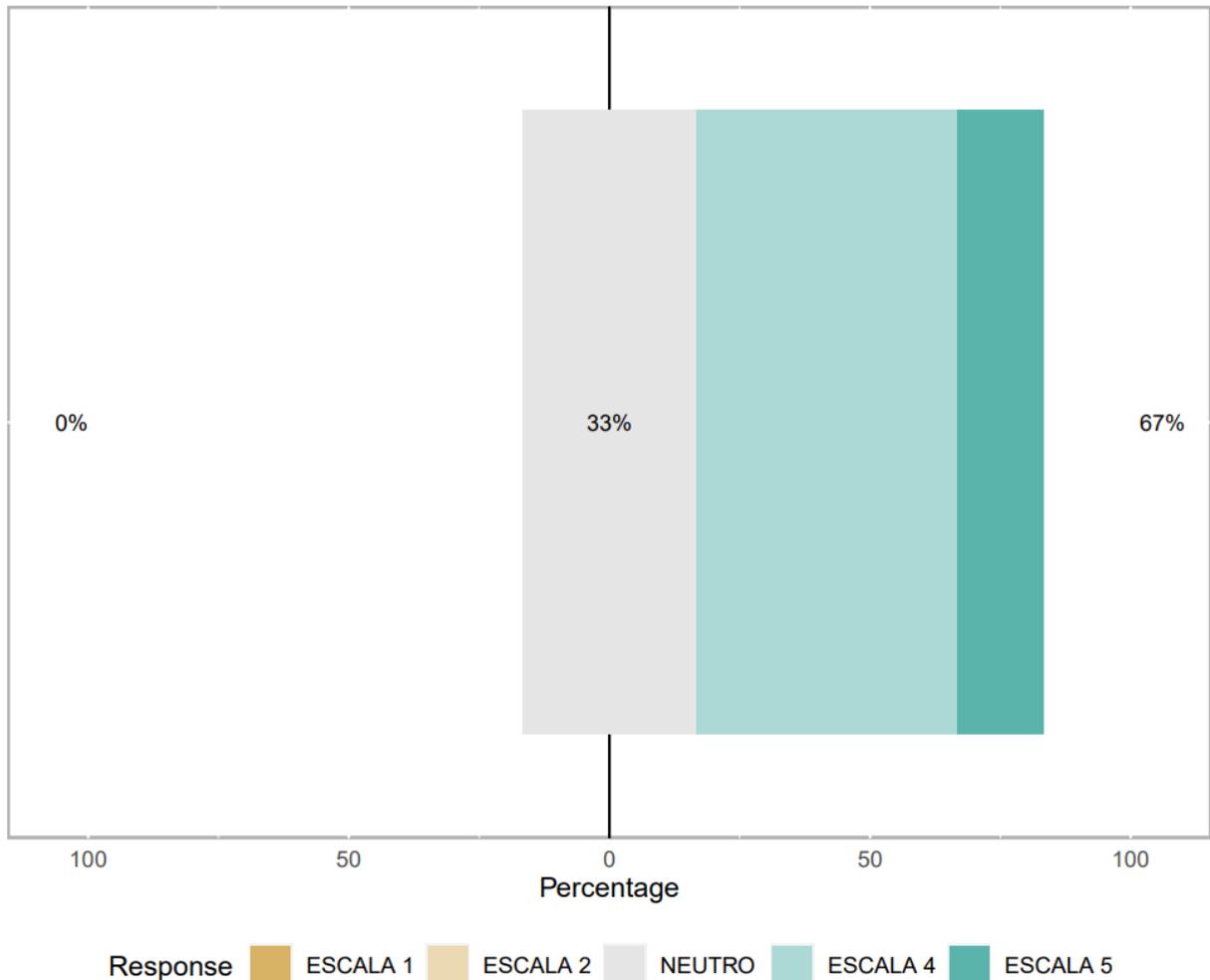


Fonte: a autora, 2022.

Percebe-se uma predominância do uso do software BIM Revit para modelagem de projetos entre os respondentes da área de Gerenciamento de Projetos, os quais também indicam a necessidade do uso de softwares BIM auxiliares para a análise de interferências de projeto, citando assim o software SOLIBRI.

A Figura 36 apresenta a escala de Likert com a análise dos respondentes para a transferência dos dados no momento de análise de compatibilização de projetos em softwares auxiliares. Fica evidente que a interoperabilidade no momento de transferência de dados para compatibilização de projetos ainda não atingiu seu modelo ideal pela percepção dos respondentes da área de Gerenciamento de Projetos.

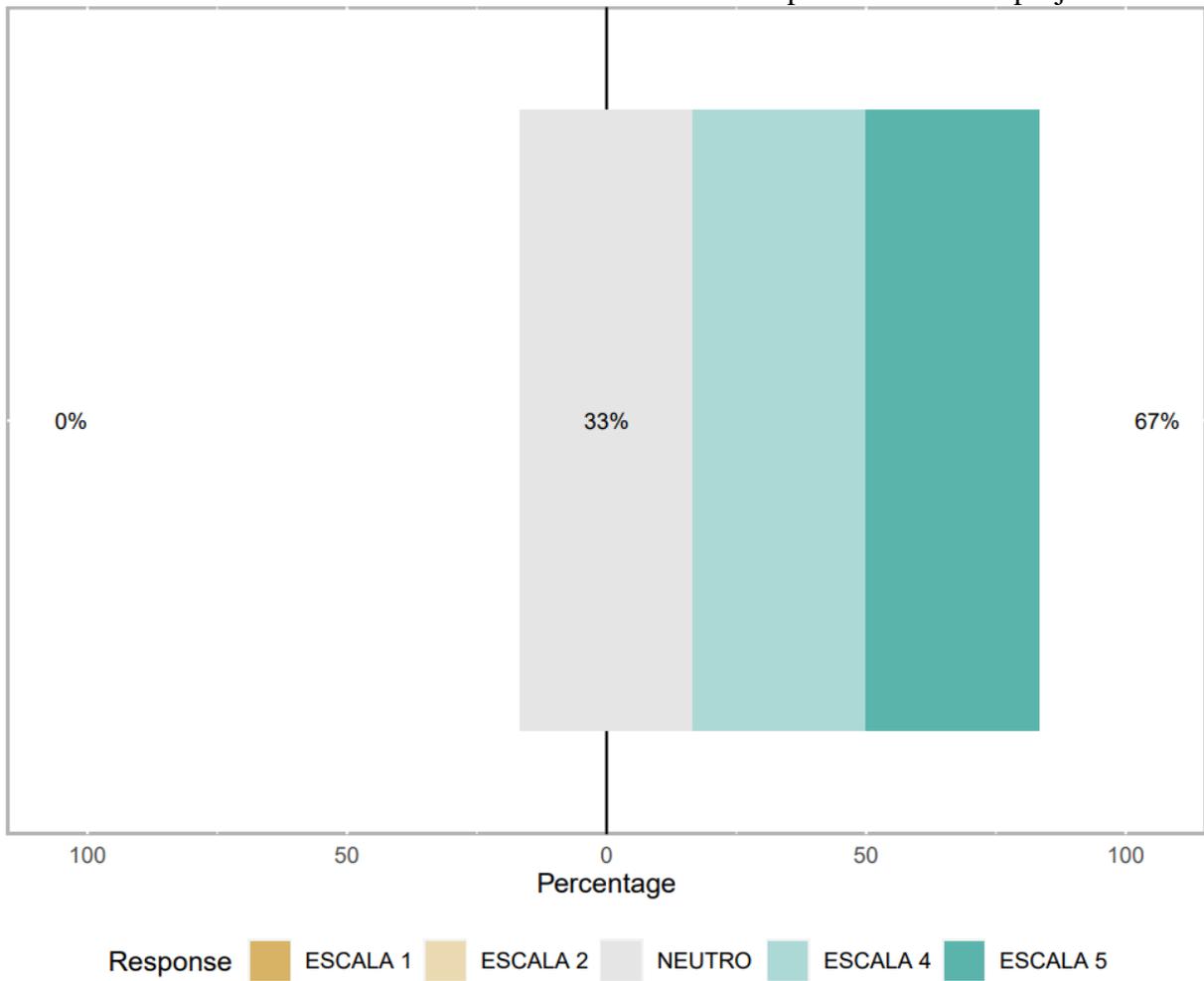
Figura 36 - Avaliação pelos respondentes da área de Elétrica/Telecom/SPDA da transferência dos dados no momento de análise de *clashes* (interferências de projeto) de um software a outro.



Fonte: a autora, 2022.

Três (3) dos seis (6) respondentes totais afirmaram que realizam cálculos de projetos. Destes todos indicaram que o software BIM utilizado para a modelagem não dispõe de todas as funcionalidades necessárias para realização de cálculos do projeto, ou seja, há a necessidade de uso de outros softwares auxiliares ou cálculos realizados a parte. Os softwares auxiliares utilizados pelos respondentes incluem planilhas eletrônicas, CypeCAD e Robost Structural Analysis. Sendo assim, pode se deduzir que os softwares BIM não apresentam todas as funcionalidades necessárias aos usuários, trazendo problemas de interoperabilidade aos respondentes. A Figura 37 reafirma a discussão, ilustrando a avaliação dos respondentes acerca da transferência dos dados na realização de cálculos de projeto através da escala de Likert.

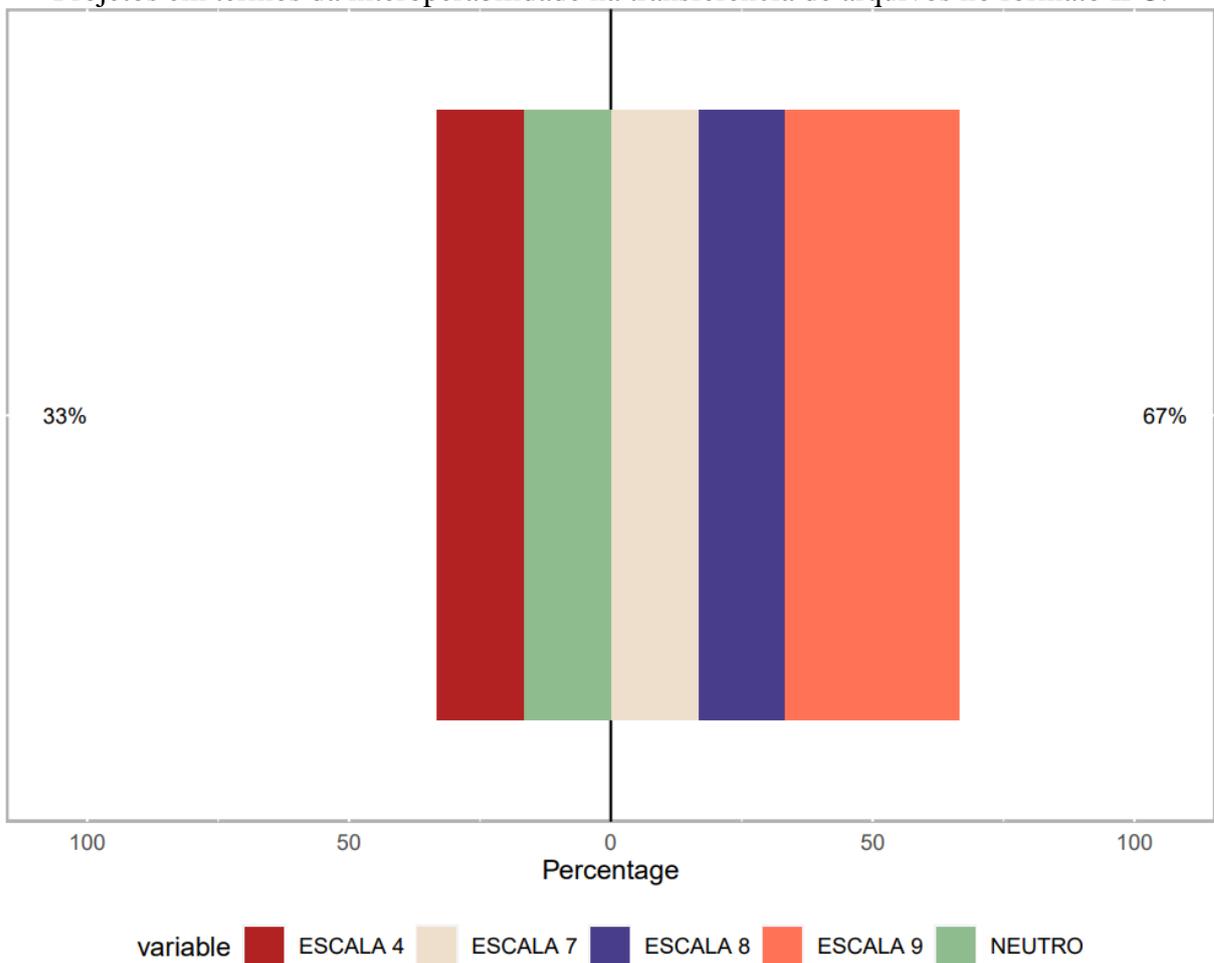
Figura 37 - Avaliação dos respondentes da área de Gerenciamento de Projetos acerca da transferência dos dados de um software a outro na etapa de cálculos de projeto.



Fonte: a autora, 2022.

Em termos da interoperabilidade no momento da transferência de arquivos no formato IFC, a escala de Likert disponível graficamente na Figura 38 traz um resumo da avaliação dos respondentes da área de Gerenciamento de Projetos.

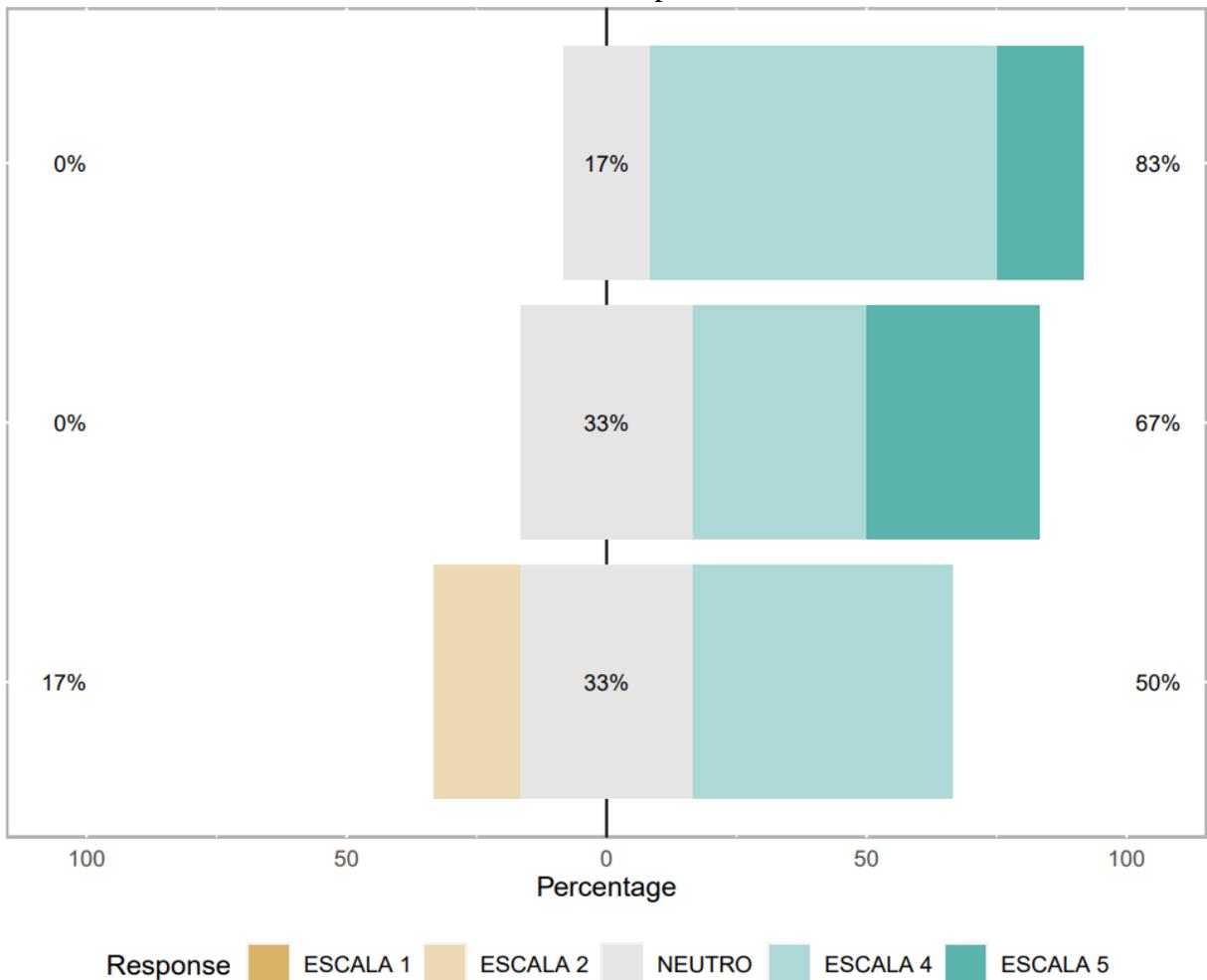
Figura 38 - Resultados indiretos obtidos pelos respondentes da área de Gerenciamento de Projetos em termos da interoperabilidade na transferência de arquivos no formato IFC.



Fonte: a autora, 2022.

Entende-se, portanto, que nível de interoperabilidade sintática ainda apresenta melhorias a serem implementadas para tornar mais efetiva a transferência de arquivos em todos formatos, principalmente em termos de transferência de lista de materiais, cores, texturas e formas e visibilidade 3D (gráficos da Figura 39). A interoperabilidade na transferência de arquivos IFC entre os softwares BIM, segundo os profissionais respondentes, pode ser classificada como uma interoperabilidade sintática, o que leva a dificuldades na elaboração de projetos e, em alguns casos, a erros e necessidade de retrabalho.

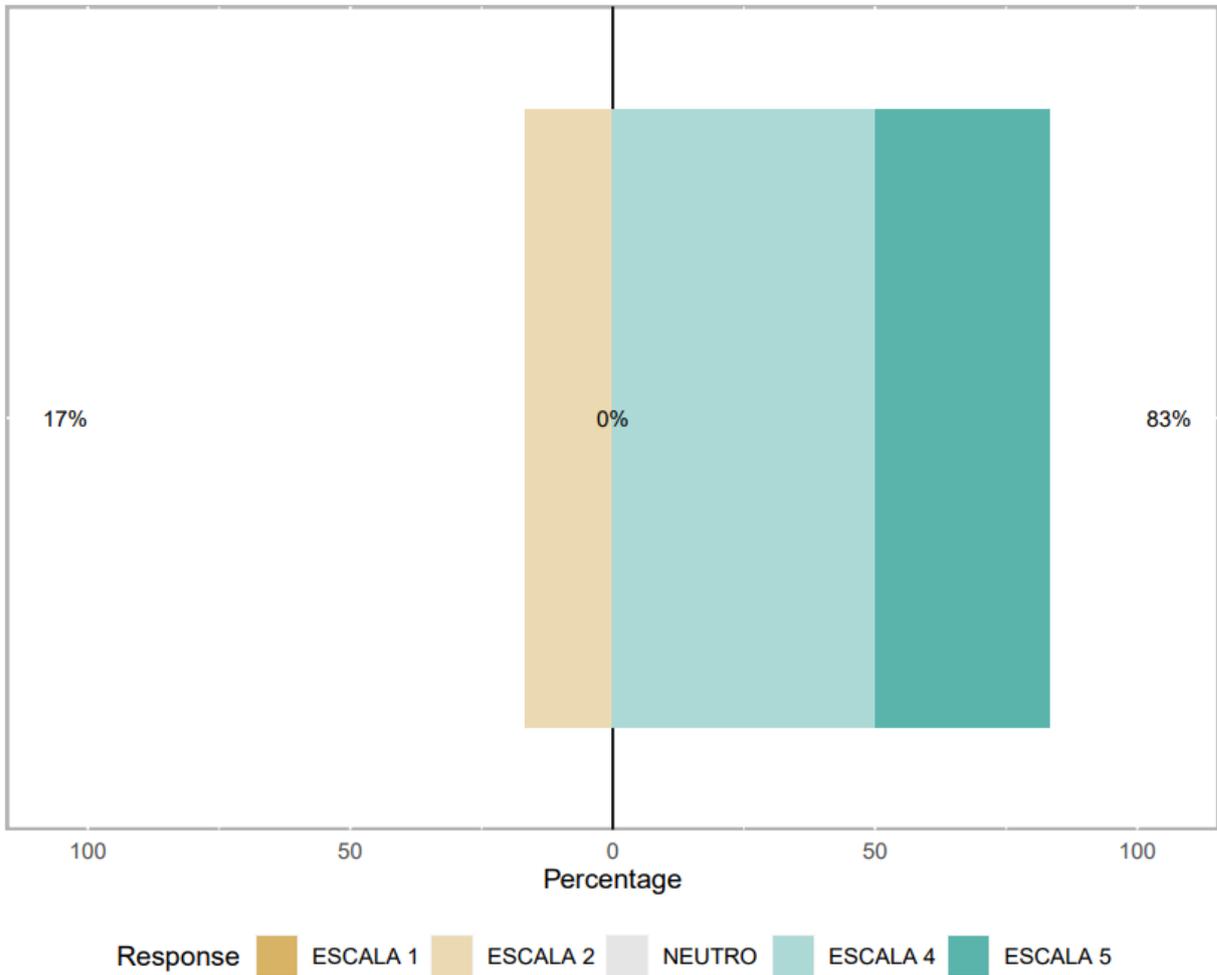
Figura 39 - Avaliação dos respondentes da área de Gerenciamento de Projetos para a transferência de arquivos no formato IFC com relação à visibilidade 3D, ficha técnica e cores, texturas e formas, respectivamente.



Fonte: A autora, 2022.

Finalmente, a Figura 40 ilustra graficamente as percepções dos respondentes da área acerca da transferência de dados no momento da exportação de arquivos para demais formatos, como DWG e PDF. Assim, fica possível perceber que os respondentes acreditam que a transferência dos dados ainda não atingiu seu nível ideal, reafirmando as discussões anteriormente apresentadas.

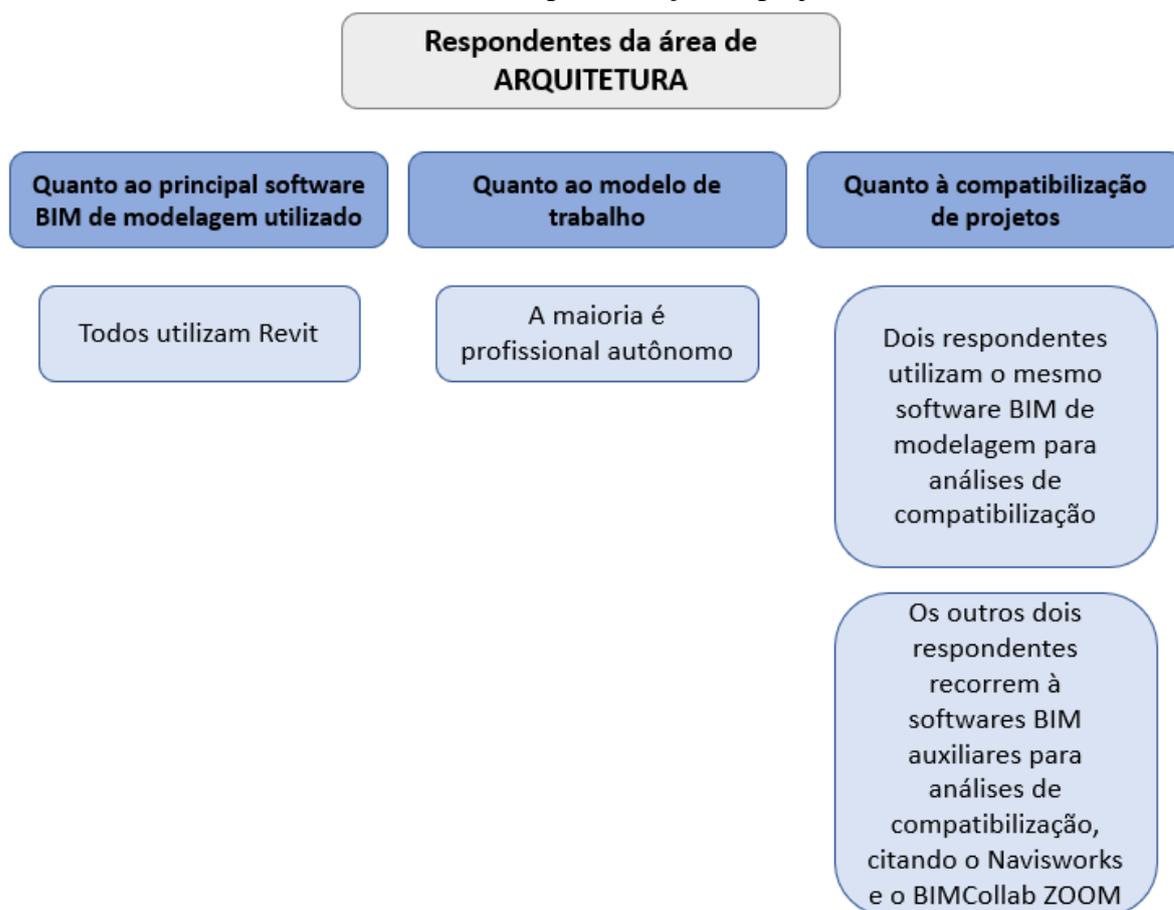
Figura 40 - Avaliação dos respondentes da área de Gerenciamento de Projetos acerca da transferência de dados no momento da exportação de arquivos para demais formatos, como DWG e PDF.



4.2.3 Área de Arquitetura

O questionário obteve quatro (4) respostas de profissionais da área de Arquitetura, que realizam projetos de edificações com metodologia BIM, com a maioria dos respondentes contando com experiência em BIM de um a quatro anos. A Figura 41 traz um resumo dos resultados obtidos pelo questionário. Todos os respondentes indicaram que não realizam cálculos em seus projetos, ou seja, a seção de Cálculos no Desenvolvimento de Projeto de uma Disciplina foi desconsiderada por todos.

Figura 41 – Resultados indiretos obtidos pelo questionário em termos dos softwares BIM utilizados e da compatibilização de projetos.

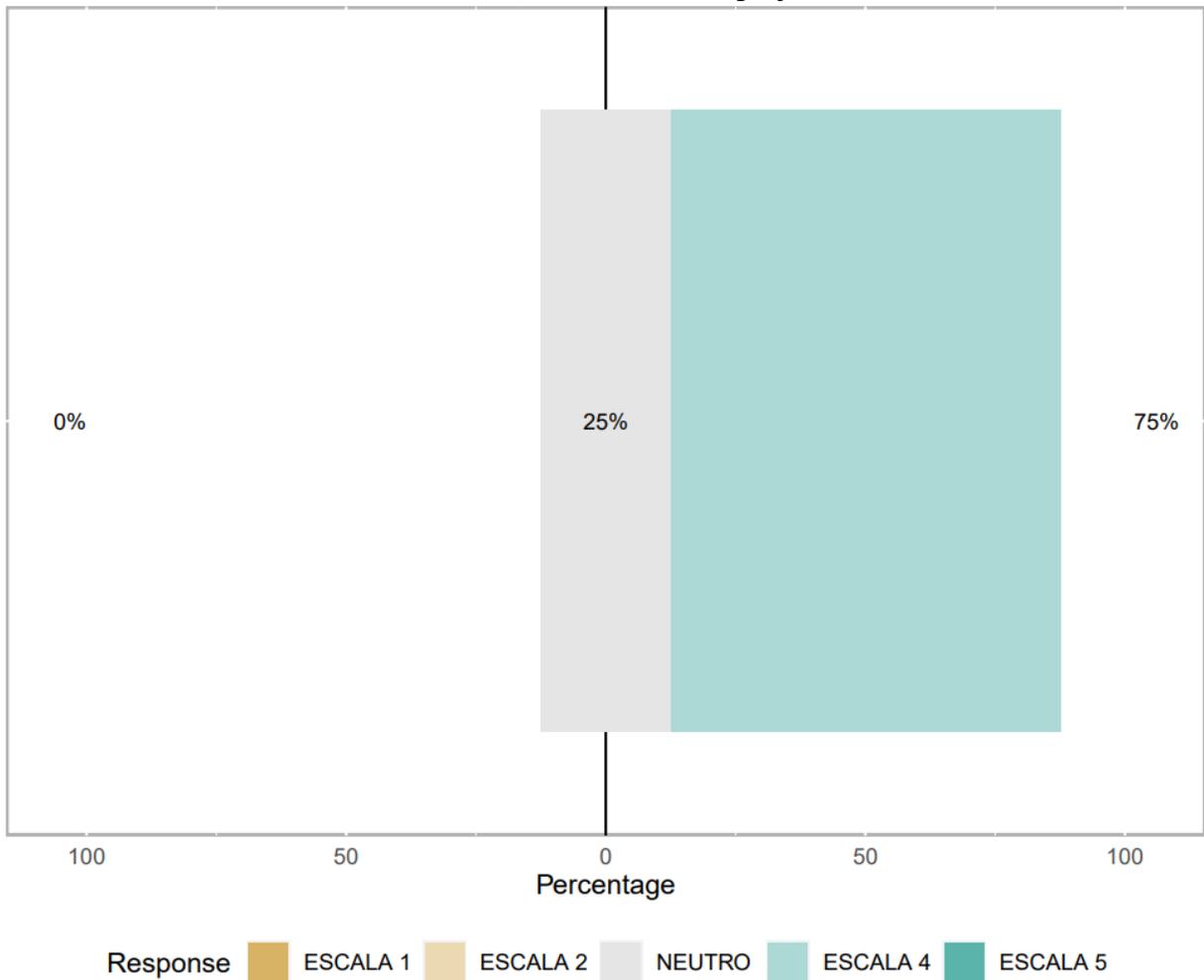


Fonte: a autora, 2022.

Os resultados indicam a predominância do uso do software BIM Revit para modelagem de projetos entre os arquitetos respondentes. Os respondentes afirmaram que há necessidade do uso de softwares BIM auxiliares para a análise de interferências de projeto, indicando assim o uso do Navisworks e BIMCollab ZOOM.

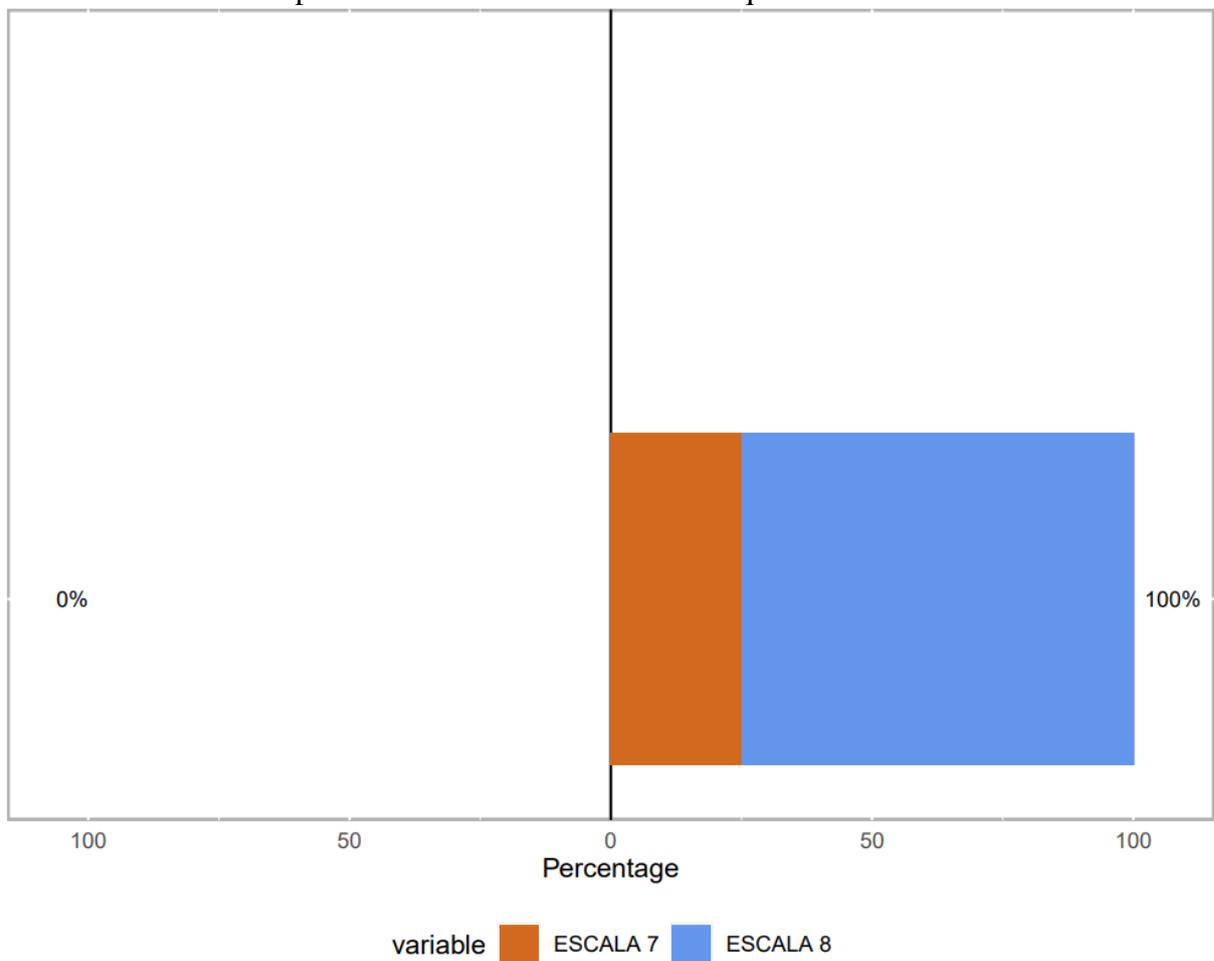
A Figura 42 ilustra graficamente a percepção dos respondentes da área acerca da transferência de dados no momento de análise de *clashes* nos projetos. Fica assim evidente que a interoperabilidade no momento de transferência de dados para compatibilização de projetos ainda não atingiu seu modelo ideal.

Figura 42 - Avaliação pelos respondentes da área de Arquitetura da transferência dos dados no momento de análise de *clashes* (interferências de projeto) de um software a outro.



Em termos da interoperabilidade no momento da transferência de arquivos no formato IFC, a Figura 43 traz um resumo da avaliação dos respondentes da área da Arquitetura através da escala de Likert.

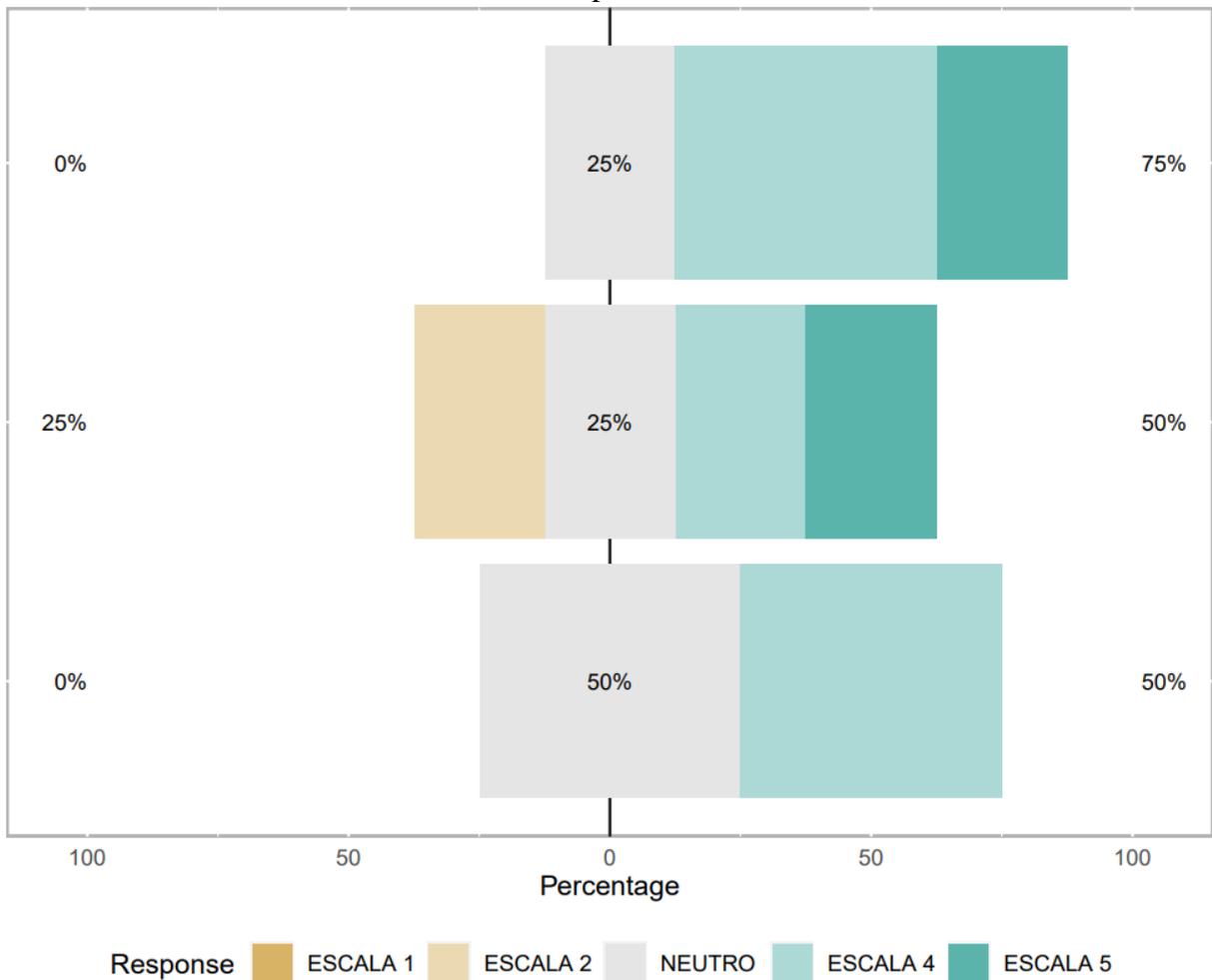
Figura 43 - Resultados indiretos obtidos pelos respondentes da área de Arquitetura em termos da interoperabilidade na transferência de arquivos no formato IFC.



Fonte: a autora, 2022.

A interoperabilidade, como indicada pelos respondentes, ainda apresenta problemas no momento de transferência de arquivos em todos formatos, principalmente em termos de ficha técnica e lista de materiais de Objetos BIM, assim como suas cores, texturas e formas e visibilidade 3D (respectivamente na Figura 44). Pode-se indicar que a interoperabilidade na transferência de arquivos IFC entre os softwares BIM é classificada como interoperabilidade sintática.

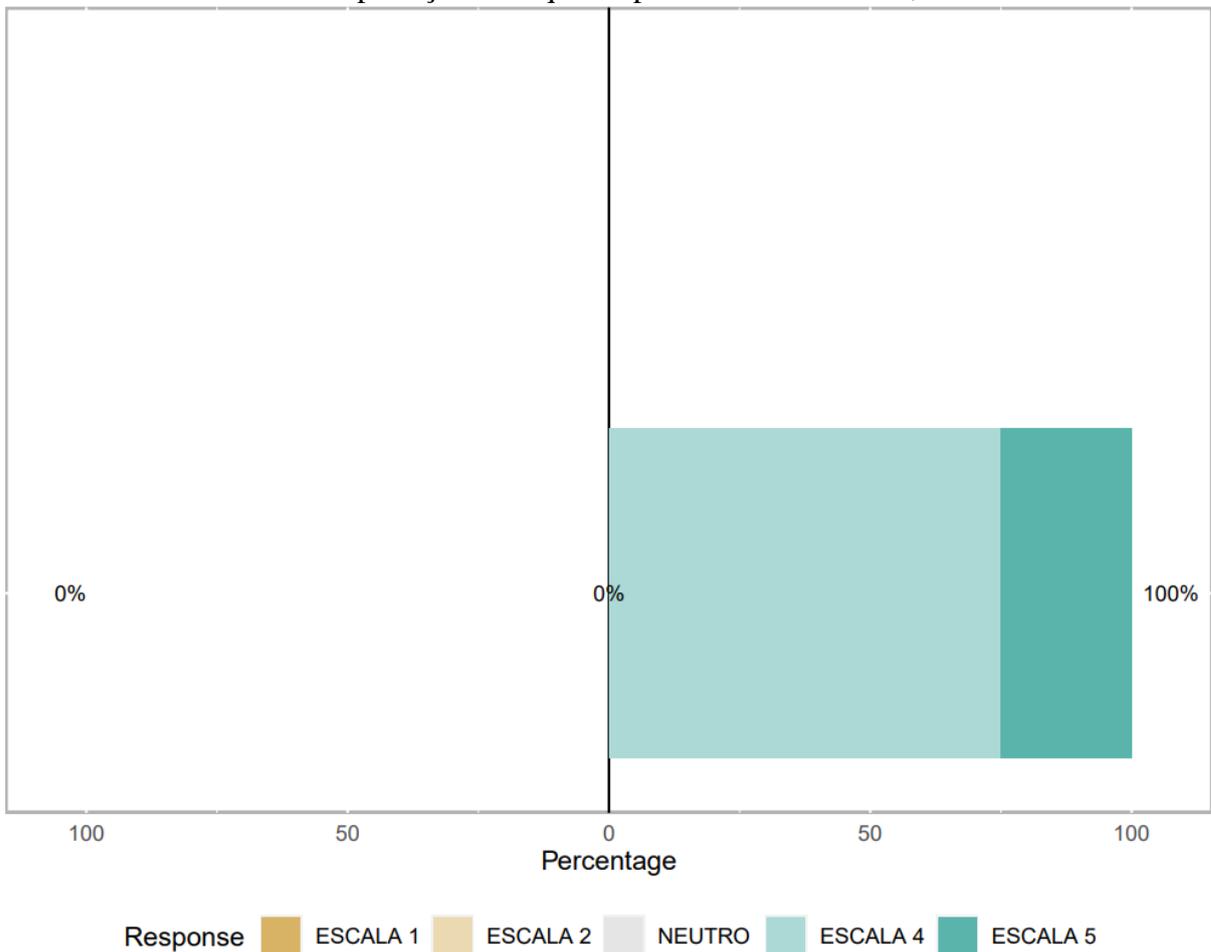
Figura 44 - Avaliação dos respondentes da área de Arquitetura para a transferência de arquivos no formato IFC com relação à visibilidade 3D, cores texturas e formas e ficha técnica, respectivamente.



Fonte: a autora, 2022.

A última análise realizada se dá pela avaliação dos respondentes acerca da transferência de dados no momento de exportação de arquivos para demais formatos, como DWG e PDF (Figura 45). Fica evidente, portanto, que a transferência dos dados ainda não atingiu seu nível ideal pela percepção dos respondentes, podendo ocasionar em perdas de dados e, conseqüentemente, retrabalho ou erros no projeto.

Figura 45 - Avaliação dos respondentes da área de Arquitetura acerca da transferência de dados no momento da exportação de arquivos para demais formatos, como DWG e PDF.



Fonte: a autora, 2022.

4.2.4 Síntese Geral das Áreas de Projetos

Com os resultados obtidos, fica-se evidente, portanto, que todas as três áreas analisadas (Elétrica/Telecom/SPDA, Gerenciamento de Projetos e Arquitetura) acreditam que a transferência de arquivos ainda apresenta problemas em todos os modelos de exportação citados no presente trabalho. Todas as três áreas analisadas acreditam também que a transferência de arquivos ainda apresenta perda de dados na transferência de Objetos BIM em termos de ficha técnica, cor e forma e visibilidade 3D – ou seja, apresentam perdas de informações em todos requisitos questionados pela presente pesquisa, sugerindo que ainda existem problemas na realização de projetos em termos da interoperabilidade que podem afetar a produtividade e a confiabilidade dos projetos executados.

Por fim, todas as três áreas analisadas acreditam que a interoperabilidade está caracterizada como sintática, indicando que a interoperabilidade semântica ainda equivale à um modelo ideal não presente no dia a dia dos respondentes, propondo que existem problemas na elaboração de projetos que podem acarretar na necessidade de retrabalho ou diminuir a sua confiabilidade.

5 CONCLUSÕES

O BIM vem ganhando destaque dentre os profissionais que atuam na elaboração de projetos e há políticas públicas que visam ao desenvolvimento e adoção dessa metodologia para que se torne uma das principais metodologias no desenvolvimento de projetos de edificações das áreas da AEC. Para o uso do BIM é imprescindível que os mecanismos de troca de informações e dados – a interoperabilidade dos sistemas – funcionem de forma eficiente e efetiva, para que a metodologia BIM alcance o êxito esperado na elaboração de projetos de edificações na área da AEC. O presente trabalho apresenta, portanto, a problemática da interoperabilidade para os softwares BIM e sua definição.

O objetivo principal do trabalho é avaliar, sob a perspectiva dos profissionais que atuam na elaboração de projetos de edificações das áreas da AEC com metodologia BIM, a interoperabilidade dos softwares BIM. Um *survey* foi realizado para obter dados sobre esse tema usando questionário elaborado a partir de uma revisão da literatura sobre interoperabilidade. No que se tange à classificação proposta por Singh e Huhns (2005 apud MENZEL et al., 2022) – interoperabilidade técnica, interoperabilidade sintática ou interoperabilidade semântica –, a interoperabilidade nas ferramentas digitais BIM no momento da exportação de arquivos em IFC é classificada pela maioria dos respondentes como uma interoperabilidade sintática, ou seja, os softwares BIM garantem a transmissão dos dados com sua estrutura e as informações são transferidas, mas ainda apresentam perdas em seu processo – ou seja, os resultados obtidos parecem indicar que a interoperabilidade nos softwares BIM ainda não alcançou o nível de interoperabilidade ideal, a semântica. De fato, os profissionais indicam falhas e perdas de dados nas etapas de modelagem, compatibilização e cálculos de projetos e no momento de exportação de arquivos para formatos como DWG e PDF, manifestando que existem problemas de interoperabilidade em todas etapas propostas pelo presente trabalho e em todos modelos de transferência de dados.

Com a identificação das ferramentas digitais BIM utilizadas pelos profissionais respondentes, observou-se que o software BIM de modelagem de projetos Revit é o mais usado, indicador por dezessete (17) dos vinte e três (23) respondentes – ou seja, cerca de 74% dos respondentes o utilizam. No que se refere à compatibilização de projetos, a maioria dos profissionais utiliza o Navisworks e, em alguns casos, mais um software BIM simultaneamente para a verificação de interferências de projeto. Na etapa de cálculos de projeto, a maioria dos respondentes recorre à softwares auxiliares – como Excel. A interoperabilidade semântica parece constituir um desafio, pois são apontadas dificuldades na transferência de arquivos em todos formatos, o que indica que a adoção da metodologia BIM somente alcançou o nível de interoperabilidade sintática, baseada na visão dos respondentes, o que acarreta dificuldades na elaboração de projetos, bem como em erros e necessidade de retrabalho.

A identificação de variáveis que permitem avaliar as ferramentas digitais BIM em termos da interoperabilidade, baseada em pesquisas na literatura técnica e acadêmica e *blogs* para elaboração do questionário, mostrou que a interoperabilidade pode ser estudada de diversas formas nas ferramentas digitais de projetos, inclusive da maneira proposta pelo presente trabalho, uma vez que foi possível questionar os respondentes acerca das problemáticas envolvidas nos processos de exportação de arquivos para formatos como IFC, DWG e PDF.

Para a presente pesquisa, a avaliação da interoperabilidade em softwares BIM limitou-se a aplicação de um questionário a profissionais de diversos setores que realizam projetos de edificações das áreas da AEC com o uso da metodologia BIM. Outros aspectos que envolvem a adoção do BIM não foram tratados nessa pesquisa como, por exemplo, a identificação de alguns setores da engenharia que possam estar mais avançados em termos da maturidade na adoção do BIM ou, ainda, a usabilidade dos softwares BIM.

Assim, propõe-se como tema de pesquisa futura a aplicação do questionário do presente estudo a setores específicos da engenharia, como construções de usinas hidrelétricas, por exemplo. Pesquisas que permitam entender as dificuldades de interoperabilidade dos softwares BIM, avaliando diferentes software BIM e as suas funcionalidades na transferência de dados também poderia auxiliar a identificação das dificuldades citadas pelos entrevistados.

APÊNDICE A

Para a versão inicial do questionário, o questionário foi dividido em seis seções: dados pessoais, modelagem, cálculos de projeto, compatibilização, comunicação e exportação de arquivos.

SEÇÃO 1 – DADOS PESSOAIS

A seção de Dados Pessoais buscou identificar os profissionais que trabalham com BIM e sua experiência com a metodologia, além da área de projetos a qual atuam. Sendo assim, as seguintes perguntas estavam presentes:

1. Qual seu nome?
2. Qual sua idade?
3. Qual sua profissão e formação?
4. Qual empresa trabalha?
5. Qual sua experiência com BIM (quantos anos trabalhando em BIM, projetos ou informações que julgar importante comentar)?

SEÇÃO 2 – MODELAGEM

As perguntas inseridas na seção de Modelagem de projetos buscaram identificar possíveis problemas nos modelos dos projetos e em sua execução, uma vez que essa é uma das principais diferenciações entre projetos elaborados em 2D para projetos com vistas em 3D. Com isso, as seguintes perguntas estavam presentes:

1. Qual software utiliza?
2. Ranqueie a dificuldade do software utilizado, onde 1 equivale a muito difícil e 5 a muito fácil.
3. Ranqueie a implementação do software utilizado na empresa, onde 1 equivale a muito mal implementado e 5 a muito bem implementado.
4. Como é a disponibilidade de material e conteúdo para o software? Há suporte disponível?

5. Ranqueie a automação das tarefas disponíveis no software utilizado, onde 1 equivale a nenhuma automação e 5 equivale a uma automação avançada.
6. Quais dificuldades existentes no software para modelagem?

SEÇÃO 3 – CÁLCULOS DE PROJETO

Na seção de Cálculos de Projeto, pretende-se entender a existência de automação nas tarefas no software utilizado e se ele é ou não o mesmo utilizado para a modelagem, pois mesmo que o BIM possibilite a utilização de vários softwares, ainda assim os custos e processos são maiores quando há a execução de tarefas em ferramentas complementares, aumentando também os problemas envolvidos em usabilidade e interoperabilidade. As perguntas eram:

1. O software para cálculos é o mesmo utilizado para modelagem? Se não, qual utiliza?
2. Quanto consegue/conseguiria desenvolver caso o software utilizado seja o mesmo da modelagem?
3. Ranqueie a dificuldade para recálculos caso haja alguma alteração no projeto, onde 1 equivale a muitas dificuldades e 5 equivale a nenhuma dificuldade.
4. Quais dificuldades existentes no software para cálculos de projeto?

SEÇÃO 4 – COMPATIBILIZAÇÃO

A seção de Compatibilização possui um objetivo semelhante à seção de cálculos de projeto, visando também a automação das tarefas e a necessidade de softwares auxiliares para a realização das atividades. Sendo assim, perguntou-se:

1. O software utilizado para visualização de possíveis incompatibilidades é o mesmo utilizado na modelagem? Se não, qual utiliza?
2. Ranqueie a implementação de visualizações de compatibilização na empresa, onde 1 equivale a muitas mal implementado e 5 equivale a muito bem implementado.
3. Ranqueie as dificuldades de visualização de incompatibilizações no software utilizado, onde 1 equivale a muito difícil e 5 equivale a muito fácil.
4. Ranqueie a eficiência na visualização de clashes no software, onde 1 equivale a nenhuma eficiência e 5 equivale a muito eficiente.

5. Ranqueie a disponibilidade de material e de conteúdo para análises de compatibilização, onde 1 equivale a nenhuma disponibilidade e 5 equivale a ampla disponibilidade.
6. Como é realizada a comunicação dos clashes do software de visualização de incompatibilizações com o software de modelagem, caso eles sejam diferentes?
7. Quais formatos de arquivo para leitura estão disponíveis no software utilizado para compatibilização?
8. O software utilizado para a visualização de incompatibilizações possui formato de arquivo próprio?
9. Quais dificuldades existentes no software visualização de incompatibilizações?

SEÇÃO 5 – COMUNICAÇÃO

Na seção de Comunicação, é questionado se os apontamentos gerados pelo contratante do projeto podem ser lidos diretamente no software utilizado para modelagem, visto que a identificação de eventuais clashes ou pendências de projeto torna-se mais apurada quando sim.

1. Qual software é utilizado para criação de apontamentos (entende-se por apontamento a anotação escrita para apontar um clash ou interferência de projeto)?
2. Quais dificuldades existentes?
3. Os apontamentos criados possuem compatibilidade para leitura no software BIM utilizado na modelagem?

SEÇÃO 6 – EXPORTAÇÃO

Por fim, é necessário compreender questões relativas à exportação e gestão de arquivos no que se referem à interoperabilidade, conforme questões abordadas ao longo deste trabalho, principalmente no que se tange à leitura de arquivos IFC e sua confiabilidade. Sendo assim, a seção de Exportação questiona:

1. Quais formatos estão disponíveis para exportação a partir do software utilizado para modelagem?
2. Qual formato de arquivo IFC é gerado na exportação (2x3 ou 4)?

3. Como é a informação gerada no IFC em relação ao modelo original? Totalmente fiel ou faltam algumas informações?
4. As informações geométricas são mantidas fielmente ao realizar a exportação dos elementos?
5. Os materiais são mantidos fielmente ao realizar a exportação dos elementos?
6. Qual a dificuldade de exportação? É um processo que gera trabalho?
7. Existem mais dificuldades?

APÊNDICE B

SEÇÃO 1 - PERFIL DO RESPONDENTE

1. Qual seu nome?
2. Em qual área de projetos atua?
 - a. Elétrica/Telecom/SPDA
 - b. Arquitetura
 - c. Estrutural
 - d. Hidrossanitário
 - e. Gerenciamento de Projetos
 - f. PCI
 - g. Climatização
 - h. Automação
 - i. Topografia
 - j. Outros
3. Quanto ao seu local de trabalho, você:
 - a. Trabalha em uma empresa/órgão com uma equipe multidisciplinar
 - b. Trabalha em uma empresa/órgão em uma área específica de projetos
 - c. É profissional autônomo, mas desenvolve projetos em parceria com outros profissionais/empresas
4. Qual sua experiência com projetos BIM?
 - a. Menos de 1 ano
 - b. 1-4 anos
 - c. 5-9 anos
 - d. Mais de 10 anos

SEÇÃO 2 – MODELAGEM E COMPATIBILIZAÇÃO

1. Qual o principal software BIM que você utiliza na modelagem dos projetos?
 - a. Revit
 - b. QiBuilder
 - c. SketchUp
 - d. Archicad

- e. AxeoBIM
 - f. PriMus IFC
 - g. BricsCAD BIM
 - h. Vectorworks
 - n. Outro
2. Caso a resposta for “Outro”, favor citar qual o principal software BIM que você utiliza.
 3. Quais formatos de arquivo estão disponíveis para exportação no principal software BIM que você utiliza?
 - a. RVT
 - b. IFC (x3)
 - c. IFC 4
 - d. DWG
 - e. PDF
 - f. NWC
 - g. XSL
 - h. .STEP
 - i. Outro(s)
 4. Caso a resposta seja "outro(s)", por favor, cite-o(s) abaixo.
 5. O software utilizado para a análise de compatibilização (interferências no projeto, como *clashes*) é o mesmo software utilizado para a modelagem?
 6. Caso a resposta seja "não", qual(is) ferramenta(s) utiliza?
 - a. Navisworks
 - b. BIMCollab ZOOM
 - c. Autodesk BIM 360
 - d. Outros(s)
 - e. Nenhum
 7. Caso resposta seja "outro(s)", liste-o(s) abaixo:
 8. Caso a resposta seja "nenhum", por quê?
 9. Como você avalia a transferência dos dados no momento de análise de clashes (interferências de projeto) de um software a outro?

SEÇÃO 3 – CÁLCULOS NO DESENVOLVIMENTO DE PROJETO DE UMA DISCIPLINA

Caso você não realize cálculos técnicos em seus projetos (como em setores de gestão, por exemplo) mas possua conhecimento acerca do tema, sinta-se à vontade para responder as questões dessa seção.

Caso você não realize cálculos técnicos e não possua conhecimento para responder às questões, favor sinalizar na caixa de pergunta abaixo e avançar para a próxima seção.

1. O software utilizado na modelagem dispõe de todas as funcionalidades necessárias para realização de cálculos do projeto (ou seja, dispensa o uso de outros softwares ou cálculos a parte?)
2. Caso você recorra a outros softwares (não necessariamente softwares BIM) para a realização dos cálculos de projeto, qual é o software usado?
3. Como você avalia a transferência dos dados de um software a outro?

SEÇÃO 4 – INTEROPERABILIDADE

Nessa seção, estarão presentes perguntas referentes ao processo de exportação de arquivos, visando a sua interoperabilidade.

A interoperabilidade no BIM é o que permite que softwares de diferentes fabricantes ou sistemas possam “conversar” entre si usando uma linguagem comum e aberta. Em termos técnicos, a interoperabilidade é classificada como:

1. Interoperabilidade técnica

que garante a simples conexão entre os sistemas, permitindo a transmissão de bites de um sistema ao outro, podendo ocorrer perda de informações. Ou seja, os arquivos são transferidos, mas na forma mais simples, podendo ocorrer perda de informações.

2. Interoperabilidade sintática

que garante a transmissão dos dados mantendo sua estrutura, ou seja, as informações transferidas são mantidas sem grandes perdas de informação. Os arquivos são então transferidos e suas informações, em maioria, são mantidas.

3. Interoperabilidade semântica

que garante que todos os termos usados nos dados (tipos de entidades, propriedades, tipos de dados e identificadores) são entendidos de forma semelhante pelos sistemas sem

nenhuma perda. Ou seja, há a total transferência dos arquivos, sem nenhuma perda e mantendo-se todas as informações e formas geométricas, sendo este o caso ideal da interoperabilidade.

A exportação de arquivos examina a confiabilidade das informações geradas na exportação do arquivo da modelagem para outros sistemas.

1. Quão fiel as informações se mantêm (em aspectos de ficha técnica, materiais, etc.) quando são gerados arquivos no formato IFC em relação ao formato do arquivo do modelo original do software de modelagem?
2. Quão fiel as informações se mantêm (em aspectos de cor, textura e forma) quando são gerados arquivos no formato IFC em relação ao formato do arquivo do modelo original do software de modelagem?
3. Quão fiel as informações se mantêm (em aspectos de detalhes 3D, como visibilidade no projeto) quando são gerados arquivos no formato IFC em relação ao formato do arquivo do modelo original do software de modelagem?
4. Como você classificaria a exportação dos arquivos em termos da interoperabilidade e suas classificações do software de modelagem utilizado?
5. Para exportação do arquivo original do software para demais formatos, como DWG ou PDF, por exemplo, as informações (forma, cor, especificações gerais) são mantidas?
6. Quais outras dificuldades presentes no processo de exportação de arquivos que você poderia citar?

REFERÊNCIAS

ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial) (2017). BIM na Quantificação, orçamentação, planejamento e gestão de serviços da construção. Disponível em: <https://mutual.com.br/wp-content/uploads/2018/01/GUIA-BIM03_20171101_web.pdf>

ALLEVANT ENGENHARIA (2018). Modelagem BIM é usada em apenas 9% das empresas brasileiras. Disponível em: <<https://allevant.com.br/modelagem-bim-usada-em-empresas/>>

AltoQI (2022). Como exportar os arquivos do AltoQi Builder. Disponível em: <<https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/115004561893-Como-exportar-os-arquivos-do-AltoQi-Builder>>

ANDRADE, M. L. V. X. de, RUSCHEL, R. C. (2009). Interoperabilidade de aplicativos BIM usados em arquitetura por meio do formato IFC. Disponível em: <<https://doi.org/10.4237/gtp.v4i2.102>>

AUTODESK (2022). Vantagens da BIM: quais são os benefícios da BIM? Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/solutions/bim/benefits-of-bim#:~:text=A%20BIM%20C3%A9%20usada%20para,para%20colabora%C3%A7%C3%A3o%20em%20tempo%20real.>>

AUTODESK (2022). Revit IFC Manual 2.0. Disponível em: <<https://blogs.autodesk.com/revit/wp-content/uploads/sites/110/2022/02/09/revit-ifc-open-bim-manual-pt-br.pdf>>

BARBOSA, Gilvam Ferreira (2020). Utilização da metodologia BIM para a criação e compatibilização de projetos de uma residência unifamiliar. Disponível em: <<https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/5071>>

BERALDI, Mateus (2018). O que significa interoperabilidade em um contexto BIM? Disponível em: <<https://estudiobim.com.br/o-que-significa-interoperabilidade-em-bim/>>

BibLus (2022). 21 softwares BIM mais usados em 2022. Disponível em: <<https://biblus.accasoftware.com/ptb/21-sofwarees-bim-mais-usados-em-2022/>>

BID e DODGE e FIIC (2020). Relevamiento BIM LATAM – Informes interactivos. Disponível em: <<http://fiic.la/blog/2020/11/03/relevamiento-bim-latam-informes-interactivos/>>

BIM DICTIONARY (2022). Disponível em: < <https://bimdictionary.com/>>

BLAIR, Gordon S., PAOLUCCI, Massimo, GEIRGANTAS, Nikolaos (2011). Interoperability in complex distributed systems. Disponível em: < https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-21455-4_1>

BRYDE, D., Broquetas, M., VOLM, J.M. (2013). The project benefits of Building Information Modelling (BIM). Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263786312001779>>

buildingSMART (2022). Industry Foundation Classes, Edition 3, Technical Corrigendum 1. Disponível em: <<http://www.buildingsmart.com>>

CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção) (2016). Coletânea BIM. Disponível em: <<https://cbic.org.br/faca-o-download-da-coletanea-bim-no-site-da-cbic/>>

CHAVES, Hugo (2021). A história do BIM: qual é a sua origem? Disponível em: <<https://neoipsum.com.br/historia-do-bim/>>

DARÓS, José (2021). Como exportar imagem do Revit facilmente. Disponível em: < <https://utilizandobim.com/blog/exportar-imagem-revit/>>

DERITTI, Marco Deouro (2017). A importância da interoperabilidade dos softwares BIM utilizando arquivos IFC. Disponível em: < <https://www.linkedin.com/pulse/bim-interoperabilidade-e-industry-foundation-classes-ifc-deritti/?originalSubdomain=pt>>

EASTMAN, C., TEICHOLZ, P., SACKS, R., LISTON, K. (2008). BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.

EPE (Escritório de Projetos Integrados de Engenharia) (2021). BIM: Tudo o que você precisa saber sobre esta metodologia. Disponível em: < <https://epe.ufc.br/index.php/blog/17-bim-tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-esta-metodologia>>

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) (2009). Service-oriented sensor data interoperability for IEEE 1451 smart transducers. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/5168607>>

FREITAS et al. (2000). O método de pesquisa survey. Disponível em: <http://www.clam.org.br/bibliotecadigital/uploads/publicacoes/1138_1861_freitashenriquerau.sp.pdf>

GOVERNO FEDERAL DO BRASIL. Decreto nº 9.377. Disponível em: <<https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2018/decreto-9377-17-maio-2018-786731-publicacaooriginal-155623-pe.html>>

GOVERNO DE SANTA CATARINA (2018). Caderno de Especificações de Projetos em BIM. Disponível em: <https://www.sie.sc.gov.br/webdocs/sie/doc-tecnicos/labim/Caderno%20de%20Especificaca%C3%A7%C3%B5es%20de%20Projetos%20em%20BIM_102018.pdf>

INBEC (2018). Uso do BIM será obrigatório a partir de 2021 nos projetos e construções brasileiras. Disponível em: <<https://inbec.com.br/blog/uso-bim-sera-obrigatorio-partir-2021-projetos-construcoes-brasileiras>>

MENZEL, K., TORMA, S., MARKKU, K., TSATSAKIS, T., HRYSHCHENKO, A., LUCKY, M. N. (2022). Linked Data and Ontologies for Semantic Interoperability.

MARTINS, A. L. G.; SANTOS, E. T.; CARDOSO, F. F. (2021). A digitalização das empresas de projetos com a adoção do BIM: oportunidades e barreiras. Disponível em: <<https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/616>>

MIETTINEN, R., PAAVOLA, S., 2014. Beyond the BIM utopia: approaches to the development and implementation of building information modeling. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926580514000612>>

MOURA, Isaac (2020). Digitalização e conversão de projetos. Disponível em: <<https://edificarse.com.br/digitalizacao-e-conversao-de-projetos/>>

O'BRIEN, James, MARAKAS, George (2011). Management Information Systems.

OLIVEIRA, Maxwell Ferreira de (2011). Metodologia científica: um manual para a realização de pesquisas em Administração Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/567/o/Manual_de_metodologia_cientifica_-_Prof_Maxwell.pdf>

ORAEE, M., HOSSEINI, M. R., PAPADONIKOLAKI, E., PALLIYAGURU R., ARASHPOUR, M. (2017). Collaboration in BIM-based construction networks: a bibliometric-qualitative literature review. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263786317300790>>

O TEMPO (2021). Impacto do BIM no mercado de trabalho da construção. Disponível em: <<https://www.otempo.com.br/opiniao/artigos/impacto-do-bim-no-mercado-de-trabalho-da-construcao-1.2557344>>

PAGANI, Talita (2011). O que é usabilidade? Disponível em: <<https://tableless.com.br/o-que-e-usabilidade/>>

PINI (2014). Palestra de Coordenação de Projetos com BIM. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/WiltonCatelani/coordenacao-de-projetos-com-bim-palestra-pini-abril-2014>>

QUALIFICAD (2022). Processo BIM 4D, o que é? Disponível em: <<https://qualificad.com.br/o-que-e-bim-4d/>>

QUESTIONPRO (2022). O que é escala Likert. Disponível em: <<https://www.questionpro.com/blog/pt-br/o-que-e-escala-likert/>>

RenderBlog (2022). Como exportar tabelas do Revit para o Excel. Disponível em: <<https://blog.render.com.br/revit/como-exportar-tabelas-do-revit-para-o-excel/>>

REVISTA CONSTRUA (2019). Qual a importância do BIM para a Engenharia? Disponível em: <<https://revistaconstrua.com.br/noticias/engenharia/qual-a-importancia-do-bim-para-a-engenharia/>>

ROMANO, Fabiane Vieira (2003). Modelo de referência para o gerenciamento do processo de projeto integrado de edificações. Disponível em: <https://nedip.ufsc.br/uploads/file/tese_fabiane.pdf>

SCHEER, S., SILVA, H. J. (2015). A utilização de modelos BIM na gestão de resíduos de construção e demolição. Disponível em: < <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/a-utilizacao-de-modelos-bim-na-gesto-de-resduos-de-construo-e-demolio-20532>>

SILVA, K. L.; MUSSI, A. Q.; SILVA, T. L.; ZARDO, P.; RIBEIRO1, L. A. (2019) Desenvolvimento de plug-ins voltados para a análise de requisitos da norma de desempenho brasileira. Gestão e Tecnologia de Projetos. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v14i2.147285>>

SIQUEIRA, S. A., DA SILVA, J. D. M., CÂNDIDO, L. F. (2020). Uso de ferramentas BIM no ensino de graduação de engenharia civil. Disponível em: < <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/58264>>

SPBIM (2021). Critérios para escolher o software BIM. Disponível em: <<https://spbim.com.br/criterios-para-escolher-o-software-bim/>>

SPBIM (2021). A história do BIM. Disponível em: < <https://spbim.com.br/a-historia-do-bim/>>

STEEL, J., DROGEMULLER, R., TOTH, B. (2010). Model interoperability in building information modelling. Disponível em: <<https://link.springer.com/article/10.1007/s10270-010-0178-4>>

TECLÓGICA (2022). O que é usabilidade? Disponível em: <<https://www.teclogica.com.br/o-que-e-usabilidade>>

THOMASSEN, M. (2011). BIM and Collaboration in the AEC Industry. Disponível em: < https://projekter.aau.dk/projekter/files/55376698/BIM_Collaboration_in_the_AEC_Industry_by_Mats_Thomassen.pdf>

THÓRUS ENGENHARIA (2020). Tudo sobre BIM: o que é, ferramentas e por onde começar. Disponível em: <<https://thorusengenharia.com.br/o-que-e-bim/>>

UNIFI Labs (2019). BIM Software: Which is the Most Popular? Disponível em: <<https://unifilabs.com/BIM-software>>

ZENG, M. L. (2018). Interoperability. Disponível em: <<https://www.isko.org/cyclo/interoperability>>

ZIGURAT GLOBAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY (2019). Digitalização na indústria da iluminação: a BIM e a visão do gêmeo digital. Disponível em: <<https://www.e-zigurat.com/blog/pt-br/industria-iluminacao-bim-visao-gemeo/>>

ZIGURAT GLOBAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY (2019). Software BIM: Ferramentas para todas as ocasiões. Disponível em: <<https://www.e-zigurat.com/blog/pt-br/software-bim-ferramentas/>>