

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS CAJAZEIRAS

TIAGO BARRETO DE LIMA

**AVALIAÇÃO DE FERRAMENTAS DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA
COMO SUPORTE AO MANUAL DO PROPRIETÁRIO**

Cajazeiras-PB
2022

TIAGO BARRETO DE LIMA

**AVALIAÇÃO DE FERRAMENTAS DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA
COMO SUPORTE AO MANUAL DO PROPRIETÁRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-*Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil, sob Orientação do Prof. Antônio Gonçalves de Farias Júnior

Cajazeiras-PB
2022

IFPB / Campus Cajazeiras
Coordenação de Biblioteca
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva
Catalogação na fonte: Suellen Conceição Ribeiro CRB-2218

L732a Lima, Tiago Barreto de

Avaliação de ferramentas de realidade virtual e aumentada como suporte ao manual do proprietário / Tiago Barreto de Lima. – Cajazeiras/PB: IFPB, 2022.

56f.:il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-IFPB, Campus Cajazeiras. Cajazeiras, 2022.

Orientador(a): Prof. Antônio Gonçalves de Farias Júnior.

1. Realidade Virtual. 2. Realidade Aumentada. 3. Proprietário.

I. Lima, Tiago Barreto de. II. Título.

CDU: 004 L732a

TIAGO BARRETO DE LIMA

**AVALIAÇÃO DE FERRAMENTAS DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA
COMO SUPORTE AO MANUAL DO PROPRIETÁRIO**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, *Campus* Cajazeiras, como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 23 de março de 2022.

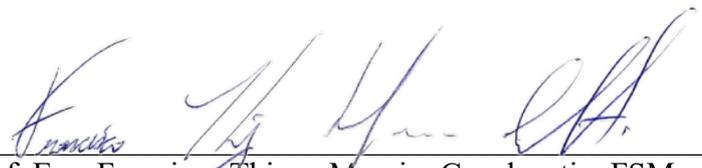
BANCA EXAMINADORA



Prof. Me. Antônio Gonçalves de Farias Júnior – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Orientador



Prof. Me. George da Cruz Silva – IFPB-*Campus* Cajazeiras
Examinador 1



Prof. Esp. Francisco Thiago Moreira Cavalcanti – FSM
Examinador 2

A Deus que me sustentou até aqui e a minha família o alicerce que geram a base de quem eu sou.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, autor da vida, que não é meramente uma figura, e sim um amigo, confidente. Força, consolo e amparo nas horas difíceis e vitória nas horas boas.

À minha família por sempre me apoiarem e me ajudarem a lutar por cada sonho. Aos meus pais, Francisco Barreto (Neto) e Maria Elisvanda (Vanda), que não mediram esforços dia e noite durante cada dia da minha vida para que eu pudesse ser a melhor versão de mim mesmo e conquistasse aquilo que almejava. E ao meu irmão, Venício Barreto, aquele que é a alegria que complementa a minha torcida particular.

Às minhas Vós, Maria Carmelita e Maria do Socorro, que durante a minha vida me educaram na fé e na fortaleza para vencer os desafios, gratidão. A minha madrinha e meu tio, Marina Elma e Daniel Costa, e neles a figura de todos os meus tios, tias, primos, primas e demais familiares que sempre serviram de apoio na caminhada.

Às minhas primas Viviane e Lidiane Pedrosa que sempre foram referência de amizade e apoio para mim, sonhando junto comigo, nelas a figura de todos os meus amigos do Araripe, Fabricio, Jennifer e tantos outros.

Aos amigos(as) conquistados através do curso: Deise, Leila, Malu, Laila, Jessica, Danyelle e Alan, que foram sem dúvidas uma força a mais para vencer as lutas.

A Mateus Moura e Francisco Edmilson, o AP 301, sem dúvidas vocês me proporcionaram muitas alegrias e me mostraram um lado ainda melhor da vida, além de sempre me incentivarem e acreditarem no meu potencial.

A Thacyla Milena que foi fortaleza, amparo, ombro amigo e parceira de tantas aventuras durante a faculdade, e hoje continua sendo meu grande exemplo de amizade.

À Comunidade Católica Shalom, em especial a obra de Sousa, que foram meu suporte de fé e esperança no tempo de graduação, sem vocês não teria chegado até aqui. Em especial cito as amizades feitas através da comunidade: Nataely, João Luiz, Sara, Elida e nestes a figura de todos os que fazem parte da comunidade de Aliança e da obra.

À I-Minerva Engenharia Civil, por todos os conhecimentos que me possibilitou adquirir através da experiência empresarial júnior. Em especial a minha Diretoria de Comercial: Camila, Helyda e Igor por embarcarem em todas as empreitadas.

A todos os amigos e familiares aqui não citados, os quais carrego no coração.

Ao meu orientador, Antônio Gonçalves, por seu incentivo e orientações para que esse trabalho pudesse ser desenvolvido, muito obrigado por todo apoio.

RESUMO

O manual do proprietário é um dispositivo de fornecimento obrigatório para o proprietário do imóvel, o qual visa auxiliá-lo no acesso às informações necessárias ao uso, operação e manutenção da edificação. Apesar de todo o avanço da tecnologia e de ferramentas de visualização com o advento das tecnologias virtuais, são poucos os avanços no que tange a esse documento que é entregue em sua maioria das vezes somente de maneira física e em uma linguagem que dificulta o entendimento do usuário. Dessa maneira este trabalho visa classificar e avaliar ferramentas de realidade virtual e aumentada, de forma que possam ser utilizadas por meio do celular a fim de dar suporte ao manual através do auxílio à visualização de alguns parâmetros que são de obrigatoriedade do documento. Logo, a realidade virtual e aumentada demonstram ser excelentes aparatos para complementarem o manual, de forma a possibilitarem a visualização do projeto e de características do edifício ao cliente de maneira interativa e ágil, potencializando a experiência do usuário com o manual bem como facilitando que os mesmos possam obter informações pertinentes de acordo com às suas necessidades. Portanto, através de pesquisa qualitativa e estudo de caso, foram analisadas ferramentas de realidade virtual e aumentada aplicadas à visualização do modelo 3D do projeto arquitetônico e avaliadas também características quanto ao tipo de imersão, interação e capacidade de aferir medidas, verificando que as ferramentas do presente estudo demonstraram atender aos requisitos mínimos para o que é pedido no manual do proprietário no que tange a esse aspecto específico, e alguns ainda possibilitam funções extras. Conclui-se que a utilização dessas ferramentas como suporte ao manual de uso, operação e manutenção, consegue auxiliar a interpretação dos usuários desse documento e que ainda existem várias outras áreas do manual às quais podem ser exploradas funcionalidades de realidade virtual e aumentada.

Palavras-chave: manual; realidade virtual; realidade aumentada.

ABSTRACT

The owner's manual is a mandatory supply device for the property owner, which aims to assist him in accessing the information necessary for the use, operation and maintenance of the building. Despite all the advances in technology and visualization tools with the advent of virtual technologies, there are few advances regarding this document, which is delivered most of the time only in physical form and in a language that makes it difficult to understand for the user. In this way, this work aims to classify and evaluate virtual and augmented reality tools, so that they can be used through the cell phone in order to support the manual by helping to visualize some parameters that are mandatory in the document. Therefore, virtual and augmented reality prove to be excellent devices to complement the manual, in order to enable the client to visualize the project and characteristics of the building in an interactive and agile way, enhancing the user experience with the manual as well as facilitating the they can obtain relevant information according to their needs. Therefore, through qualitative research and case study, virtual and augmented reality tools were analyzed, applied to the visualization of the 3D model of the architectural project, and characteristics regarding the type of immersion, interaction and ability to measure measurements were also evaluated, verifying that the tools of the present study demonstrated that they meet the minimum requirements for what is requested in the owner's manual regarding this specific aspect, and some even allow for extra functions. It is concluded that the use of these tools to support the use, operation and maintenance manual, can help users to interpret this document and that there are still several other areas of the manual which virtual and augmented reality functionalities can be explored.

Keywords: manual; virtual reality; augmented reality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sugestão de disposição dos conteúdos	17
Figura 2 - Organograma de aspectos importantes nos tópicos memorial descritivo e operação, uso e manutenção.....	18
Figura 3 - Composição do sistema gráfico da realidade aumentada	22
Figura 4 - Fluxograma do TCC	27
Figura 5 - Planta de Layout	29
Figura 6 - Classificação de possibilidades de interação com o modelo BIM.....	34
Figura 7 - Tipos de classificação quanto a medição.....	35
Figura 8 - Processo de modelagem no software BIM	36
Figura 9 - Modelo do projeto em perspectivas	37
Figura 10 - Publicação do modelo no sketchfab.....	38
Figura 11 - QR-Code para encaminhamento para a visualização no sketchfab	38
Figura 12 - Publicação do modelo no BIMx	39
Figura 13 - QR-Code para encaminhamento para visualização no BIMx.....	39
Figura 14 - Publicação do modelo no audodesk drive	40
Figura 15 - QR-Code para encaminhamento para visualização do modelo no Autodesk drive	40
Figura 16 - Publicação do modelo no AUGmentecture	41
Figura 17 - QR-Code para visualização do projeto no AUGmentecture.....	41
Figura 18 - Publicação do modelo no Augin.....	42
Figura 19 - Publicação do modelo no Dalux	43
Figura 20 - QR-Code para baixar o Dalux	43
Figura 21 - Publicação do modelo no XR+	44
Figura 22 - QR-Code para visualização do modelo no XR+.....	44
Figura 23 - Testes nas ferramentas– parte 1	46
Figura 24 - Teste nas ferramentas – parte 2	47
Figura 25 - Teste nas ferramentas – parte 3	47
Figura 26 - Ferramenta caminhar nas aplicações	48
Figura 27 - Testes no BIMx e Autodesk drive	49
Figura 28 - Testes no augin e Dalux Viewer	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Requisitos e obrigações do manual de uso, operação e ocupação segundo a NBR 14037	15
Quadro 2 - Responsabilidades dos envolvidos no manual do proprietário	16
Quadro 3 - Evolução da realidade virtual	19
Quadro 4 - Especificações do celular utilizado	30
Quadro 5 - Ferramentas encontradas	31
Quadro 6 - Classificação quanto ao tipo de imersão para ferramentas de RV	44
Quadro 7 - Classificação quanto ao tipo de imersão para ferramentas de RA	45
Quadro 8 - Classificação quanto as possibilidades de interação com o modelo BIM.....	45
Quadro 9 - Classificação quanto a precisão de aferição de medidas.....	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	OBJETIVO GERAL.....	14
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3	REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1	MANUAL DE USO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO EDÍFICIO.....	15
3.1.1	<i>Das responsabilidades</i>	16
3.1.2	<i>Da estrutura do manual</i>	16
3.2	REALIDADE VIRTUAL	18
3.2.1	<i>Histórico da Realidade Virtual</i>	19
3.2.2	<i>Realidade virtual imersiva e não imersiva</i>	20
3.2.3	<i>Técnicas de interação</i>	21
3.3	REALIDADE AUMENTADA	21
3.3.1	<i>Realidade misturada e classificação da realidade aumentada</i>	23
3.4	APLICAÇÕES DA REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	23
3.5	BUILDING INFORMATION MODELING (BIM).....	24
4	METODOLOGIA	27
4.1	PARAMÊTROS INICIAIS	28
4.2	MODELAGEM DO PROJETO.....	29
4.3	APLICATIVOS DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA	30
4.3.1	<i>Sketchfab</i>	31
4.3.2	<i>BIMx</i>	31
4.3.3	<i>Autodesk Drive</i>	32
4.3.4	<i>AUGmentecture</i>	32
4.3.5	<i>AUGIN</i>	32
4.3.6	<i>Dalux Viewer</i>	32
4.3.7	<i>XR+</i>	33
4.4	PARAMETROS DE CLASSIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO	33
4.4.1	<i>Classificação quanto ao tipo de imersão</i>	33
4.4.2	<i>Classificação quanto as possibilidades de interação com o modelo BIM</i>	33
4.4.3	<i>Avaliação quanto a possibilidade de aferição de medidas</i>	34
5	RESULTADOS E ANÁLISES	36

5.1	MODELAGEM BIM	36
5.2	ENVIO DA MODELAGEM PARA AS FERRAMENTAS E MANEIRAS DE SE UTILIZAR NO MANUAL.....	37
5.2.1	<i>Sketchfab</i>	37
5.2.2	<i>BIMx</i>	39
5.2.3	<i>Autodesk drive</i>	40
5.2.4	<i>AUGmentecture</i>	40
5.2.5	<i>AUGIN</i>	42
5.2.6	<i>Dalux Viewer</i>	42
5.2.7	<i>XR+</i>	43
5.3	CLASSIFICAÇÃO QUANTO A IMERSÃO	44
5.4	CLASSIFICAÇÃO QUANTO A INTERAÇÃO	45
5.5	TESTES DE AFERIÇÃO DE MEDIDAS	48
6	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

O manual de uso, operação e manutenção das edificações, também conhecido como manual do proprietário é uma ferramenta indispensável para proprietários e construtores para especificar as garantias do imóvel, bem como discorrer sobre os cuidados e ações necessários para manutenção e uso da edificação. A elaboração deste manual é regida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio da NBR 14037 (ABNT, 2014) que dispõe o conteúdo e recomendações para elaboração e apresentação do mesmo.

Ainda segundo a Lei Nº 8078, de 11 de setembro de 1990 (Brasil, 1990) que dispõe sobre o código do consumidor este documento é de disponibilização obrigatória neste caso por parte do construtor ao proprietário que está comprando o imóvel. Segundo a Câmara Brasileira de Indústria da Construção (CBIC) é de responsabilidade do construtor elaborar o manual contendo todas as informações delimitadas pelas normas regentes e do proprietário seguir o mesmo, implantar e executar o sistema de manutenção da edificação (CBIC, 2014).

Embora a grande importância desse instrumento para ambas as partes contratuais a utilização do dia-a-dia por parte do consumidor ainda é pouco difundida, seja pela dificuldade no entendimento do âmbito da construção ou por não conseguir vislumbrar bem o que está descrito.

A *Building Information Modelling* (BIM) é uma ferramenta cada vez mais difundida na construção civil que como o próprio nome diz, modelagem da informação da construção, cria não somente representações gráficas dos modelos da construção civil, mas também acopla aos mesmos uma série de informações e dados que possibilitam a parametrização do projeto. Segundo Eastman et al. (2007) quando completo o modelo gerado na forma computacional contém a geometria exata e os dados relevantes para dar suporte a construção, fabricação e fornecimento de insumos.

Com o advento da tecnologia surgem novas ferramentas que visam auxiliar o ser humano na aprendizagem e no desenvolvimento de atividades, bem como em visualizar projeções futuras. Essas características partem principalmente do advento do computador que propicia ao homem uma interação com uma nova interface que cria um ambiente virtual, e com o avanço dessas novas tecnologias, a exemplo da realidade virtual que propicia uma nova interface usando representações tridimensionais mais próximas da realidade do usuário, bem como a realidade aumentada que permite a sobreposição de objetos reais e virtuais (KIRNER; SISCOOTTO, 2007).

A Realidade Virtual (RV) representa realidades diferentes, alternativas, criadas artificialmente, mas que, no entanto, são percebidas pelos nossos sistemas sensoriais da mesma forma que o mundo físico à nossa volta (TORI; HOUNSELL; KIRNER, 2020). E a Realidade Aumentada (RA) é o enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais através da utilização de dispositivos tecnológicos em tempo real (KIRNER; TORI, 2006).

Em meio a transformações tecnológicas constantes a realidade virtual e aumentada são instrumentos cada vez mais eficientes nas mais diversas áreas para representação e contato da pessoa, podendo ser utilizada também na construção civil, embora como demonstram pesquisas representativas de Esteves Júnior e Martins (2020) menos de 40% dos arquitetos, engenheiros e construtores utilizem realidade virtual em seus projetos.

Desta maneira este trabalho pretende avaliar a utilização de diferentes ferramentas de realidade virtual e aumentada como apoio à consulta ao manual do proprietário, utilizando um modelo de projeto desenvolvido com tecnologia BIM para realização de testes que classifiquem essas ferramentas.

O capítulo 2 deste documento descreve os objetivos desse trabalho e o capítulo 3 descreve uma pesquisa bibliográfica criando um referencial teórico que será importante para entender e chegar aos objetivos. Já o quarto capítulo descreve a metodologia utilizada bem como os passos para o seu desenvolvimento, de forma que no quinto capítulo se demonstra os resultados obtidos a partir da utilização do que se foi proposto. Por fim temos no último capítulo a apresentação das conclusões obtidas após a realização dessa pesquisa.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o desempenho de diferentes ferramentas de realidade virtual e aumentada aplicadas ao Manual de uso, operação e manutenção do edifício.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Produzir o modelo de informações da construção do objeto de estudo;
- Definir os requisitos do manual a serem desenvolvidos às ferramentas de realidade virtual e aumentada;
- Caracterização dos parâmetros de usabilidade das ferramentas de realidade virtual e aumentada.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo apresenta a base teórica necessária para compreensão dos objetos de estudo deste trabalho e está dividido em 5 tópicos que delimitam temas importantes para o seu desenvolvimento, sendo eles: manual de uso, operação e manutenção da edificação; realidade virtual; realidade aumentada; aplicações de realidade virtual e aumentada na construção civil; *Building Information Model* (BIM).

3.1 MANUAL DE USO, OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO EDIFÍCIO

Segundo a NBR 15575-1 (ABNT, 2021) o manual de uso, operação e manutenção do edifício é o documento que reúne as informações necessárias para orientar as atividades de conservação, uso e manutenção da edificação e operação de equipamentos. Sendo assim é o documento que rege essas ações a serem tomadas em todas as fases do empreendimento desde o projeto, execução até a sua utilização.

O manual torna-se, portanto, um instrumento de direito do proprietário do imóvel (consumidor) e dever da construtora e/ou incorporadora (fornecedora) amparado pela Lei Nº 8.078 de 11 de setembro de 1990 (BRASIL, 1990) que dispõe sobre a proteção do consumidor e das outras providências, a qual no seu Art. 2 define consumidor como sendo toda pessoa física e jurídica que adquire ou utiliza produto ou serviço como destinatário final.

O Art. 50 ainda vai definir:

O termo de garantia ou equivalente deve ser padronizado e esclarecer, de maneira adequada em que consiste a mesma garantia, bem como a forma, o prazo e o lugar em que pode ser exercitada e os ônus a cargo do consumidor, devendo ser-lhe entregue, devidamente preenchido pelo fornecedor, no ato do fornecimento, **acompanhado de manual de instrução, de instalação e uso do produto em linguagem didática**, com ilustrações. (BRASIL, 1990, grifo nosso)

Para reger o manual existe a NBR 14037 (ABNT, 2014) que estabelece os requisitos mínimos necessários para a elaboração e apresentação dos conteúdos a serem inseridos nesse documento, conforme descreve o Quadro 1.

Quadro 1 - Requisitos e obrigações do manual de uso, operação e ocupação segundo a NBR 14037.

a)	informar aos proprietários e ao condomínio as características técnicas da edificação construída;
b)	descrever procedimentos recomendáveis e obrigatórios para a conservação, uso e manutenção da edificação, bem como para a operação dos equipamentos;
c)	em linguagem didática, informar e orientar os proprietários e o condomínio com relação às suas obrigações no tocante à realização de atividades de manutenção e conservação, e de condições de utilização da edificação;
d)	prevenir a ocorrência de falhas ou acidentes decorrentes de uso inadequado;

e)	contribuir para que a edificação atinja a vida útil de projeto.
----	---

Fonte: Adaptado da NBR 14037 (2014).

3.1.1 Das responsabilidades

A Câmara Brasileira de Indústria e Construção (CBIC) define em seu Guia nacional para elaboração do manual de uso, operação e manutenção de edificações (CBIC, 2014) a responsabilidade de cada agente envolvido no mesmo, conforme Quadro 2.

Quadro 2 - Responsabilidades dos envolvidos no manual do proprietário.

Construtores e/ou incorporadores	<ul style="list-style-type: none"> - elaborar manual das áreas comuns e manual do proprietário atendendo as normas; - informar os prazos de garantias; - apresentar sugestão para o sistema de gestão de manutenção; - informar como será realizado o atendimento ao cliente; - prestar o serviço de assistência técnica ao usuário e síndicos de edificações.
Projetistas	<ul style="list-style-type: none"> - dispor aos construtores, incorporadores e demais usuários as informações necessárias para elaboração dos manuais; - especificar componentes e sistemas em estrita observação aos critérios da norma de desempenho ABNT NBR 15575.
Usuário, proprietário e/ou síndico	<ul style="list-style-type: none"> - não usar a edificação fora das condições previstas e projetadas; - não realizar modificações na edificação sem conhecimento e prévia anuência do construtor e/ou projetistas; - seguir o manual de uso, operação e manutenção da edificação; - implantar e executar o sistema de gestão de manutenção; - garantir que as manutenções somente sejam realizadas pelos indicados no sistema de gestão e manutenção; - registrar as manutenções e inspeções realizadas; - atualizar o manual nos casos que ocorram modificações na edificação/unidade; - repassar o manual em caso de não ser o usuário da edificação e quando acontecer transição de usuário

Fonte: Adaptado do CBIC (2014).

Logo se mostra imprescindível que todos os que utilizarão ou são responsáveis pela elaboração do manual cumpram com suas obrigações, pois somente o bom cumprimento das responsabilidades de cada parte auxiliará para que a edificação tenha o seu bom desempenho dentro dos prazos estipulados para cada sistema.

3.1.2 Da estrutura do manual

A NBR 14037 (ABNT, 2014) explica que o conteúdo do manual deve orientar o proprietário e o condomínio na forma de obtenção de informações e para ajudar em uma melhor delimitação de como redigir e organizar o documento a norma dispõe de um exemplo de estruturação a ser seguido conforme demonstrado na tabela organizada pelo guia da CBIC na Figura 1.

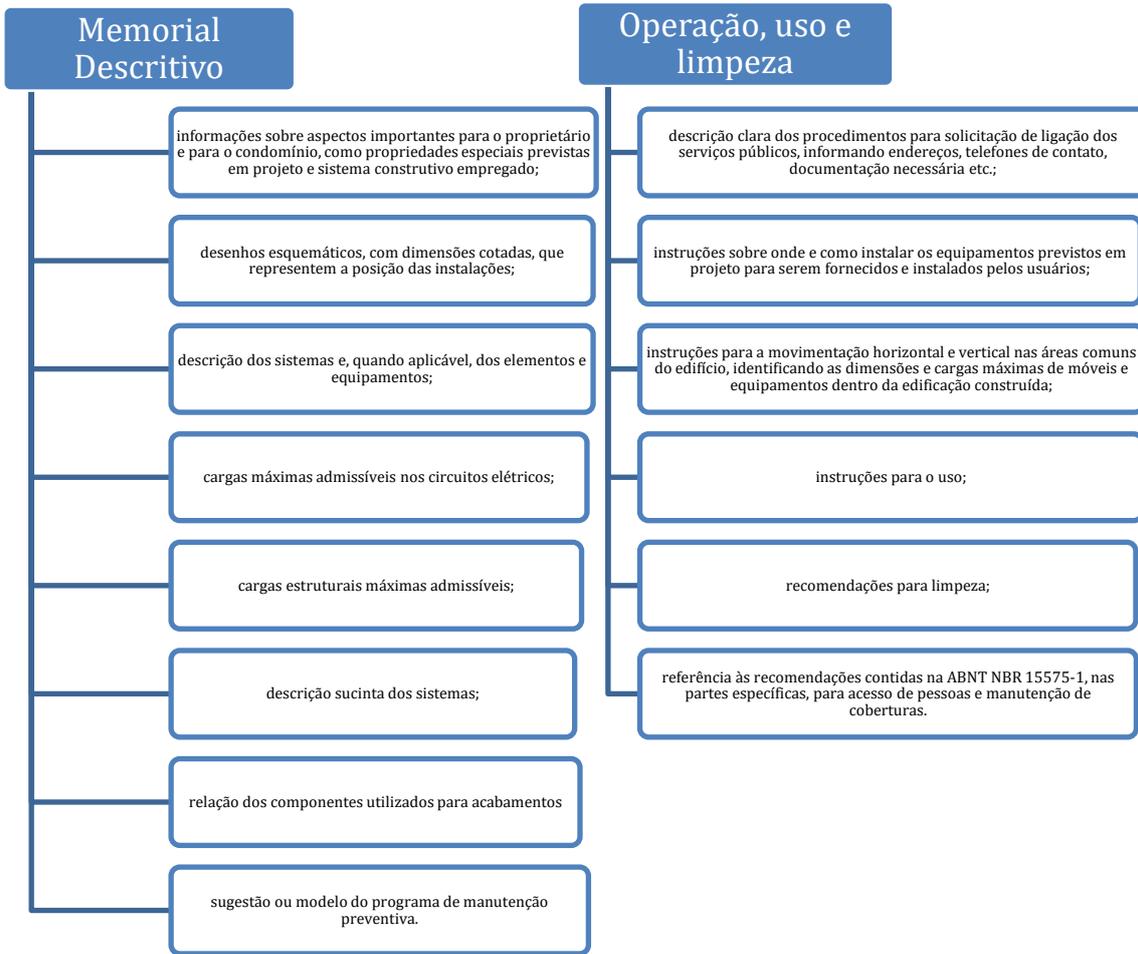
Figura 1 - Sugestão de disposição dos conteúdos.

Capítulo	Subdivisões
1. Apresentação	Índice
	Introdução
	Definições
2. Garantias e assistência técnica	Garantias e assistência técnica
3. Memorial descritivo	
4. Fornecedores	Relação de fornecedores
	Relação de projetistas
	Serviços de utilidade pública
5. Operação, uso e limpeza	Sistemas hidrossanitários
	Sistemas eletroeletrônicos
	Sistema de proteção contra descargas atmosféricas
	Sistemas de ar condicionado, ventilação e calefação
	Sistemas de automação
	Sistemas de comunicação
	Sistemas de comunicação
	Fundações e estruturas
	Vedações
	Revestimentos internos e externos
	Pisos
	Coberturas
	Jardins, paisagismo e áreas de lazer
	Esquadrias e vidros
	Pedidos de ligações públicas
6. Manutenção	Programa de manutenção preventiva
	Registros
	Inspecções
7. Informações complementares	Meio ambiente e sustentabilidade
	Segurança
	Operação dos equipamentos e suas ligações
	Documentação técnica e legal
	Elaboração e entrega do manual
Atualização do manual	

Fonte: CBIC (2014).

É importante salientar entre outros tópicos a serem abordados o do memorial descritivo, e a seção de operação, uso e limpeza os quais trazem informações essenciais para a boa utilização da edificação e os procedimentos necessários no dia-a-dia para que se evite patologias ou problemas antes do tempo previsto de vida útil de cada componente de sistemas individuais. A NBR 14037 (ABNT, 2014) esclarece mais a fundo o que deve conter em cada um desses tópicos conforme detalha a Figura 2

Figura 2 - Organograma de aspectos importantes nos tópicos memorial descritivo e operação, uso e manutenção.



Fonte: Adaptado da NBR 14037 (ABNT, 2014).

3.2 REALIDADE VIRTUAL

Segundo Boas (2012) realidade virtual (RV) é o campo da computação que tem o objetivo de criar um mundo virtual, sendo o usuário imerso nele e dando-lhe a capacidade de interagir com este mundo, na maneira que utiliza dispositivos específicos para simular o ambiente e provocar estímulo.

Tori, Kirner e Siscouto (2006) definem RV como “uma interface avançada para aplicações computacionais, que permite ao usuário a movimentação (navegação) e interação em tempo real, em um ambiente tridimensional podendo fazer uso de dispositivos multissensoriais, para atuação ou feedback.”.

Freitas e Ruschel (2010) trazem ainda que se trata de uma tecnologia que possibilita ao ser humano a capacidade de vivenciar mundos não existentes fisicamente por meio de equipamentos que o fazem ter a impressão de estar no ambiente gerado em computador. Dessa maneira a RV é uma importante ferramenta a ser utilizada nas mais diversas áreas com a

capacidade de oferecer ao usuário novas ferramentas de interação com conteúdo e atividades de seu campo de atuação.

Segundo Pinho e Kirner (1997) pode-se dizer que esta tecnologia é uma técnica avançada de interface, onde o usuário pode realizar imersão, interação e envolvimento em um ambiente sintético tridimensional gerado por computador, utilizando canais multissensoriais. Logo a imersão está relacionada ao sentido de se está dentro do ambiente, a interação com a capacidade do computador detectar as entradas, modificando instantaneamente o mundo virtual e as ações sobre ele (capacidade reativa), e o envolvimento com a grau de motivação para o engajamento da pessoa a uma determinada atividade específica.

3.2.1 Histórico da Realidade Virtual

Embora aparente ser algo novo a história da realidade virtual surge antes mesmo de seu conceito ser formalizado, pois como exemplifica a *Virtual Reality Society* (2019) considerando que o objetivo da RV é enganar o cérebro de alguém para acreditar que algo é real, mesmo quando não é, pode-se inferir que muito antes do surgimento dos primeiros equipamentos conhecidos a utilizarem essa ferramenta surgirem, a humanidade já utilizava essa tecnologia de forma direta ou indireta.

O sensorama criado por Morton Heilig é reconhecido como uma das primeiras máquinas a possibilitar ao usuário a tecnologia multissensorial imersiva, sendo o mesmo um gabinete de teatro que estimulava os sentidos. Boas (2012) explicita que o mesmo usava 3D visual, áudio, estímulos hápticos, olfativos e até mesmo vento para fornecer a pessoa que estava a utilizar uma experiência imersiva.

Ademais desde a ficção científica que previu o VR, passando pelo monitor montado na cabeça, pelo surgimento de luvas, de capacetes e chegando aos dias atuais, são inúmeras as evoluções nessa tecnologia como nós mostra o Quadro 3.

Quadro 3 - Evolução da realidade virtual

Tecnologia	Ano	Tecnologia	Ano
Pinturas panorâmicas	Século XIX	NASA entra em VR	1989
Fotos estereoscópicas e visualizadores	1938	Máquinas de arcade do grupo de virtualidade	1991
Link Trainer - O Primeiro simulador de voo	1929	VR Mars Rover da Medina	1991
História de ficção científica previu VR	1930	O homem do cortador de grama	1992

Tecnologia	Ano	Tecnologia	Ano
Sensorama de Morton Heilig	1950	SEGA anuncia novos óculos VR	1993
O primeiro monitor montado na cabeça VR	1960	O Sega VR-1	1994
Headsight – Primeiro HMD de rastreamento de movimento	1961	Nintendo Virtual Boy	1995
A exibição final de Ivan Sutherland	1965	Tratamento de TEPT com RV Landmark	1997
Simulador de Voo de Furness	1966	A Matriz	1999
Espada de Dâmocles	1968	Google traz-nos o Street View	2007
Realidade Artificial	1969	Street View se torna 3D e o óculos é prototipado	2010
GE constrói um simulador de voo digital	1972	O Oculus Kickstarter	2012
VIDEOPLACE de Krueger	1975	Facebook compra Óculos e Sony anunciou seu projeto VR	2014
O McDonnell-Douglas HMD	1979	O HMD Half-dome é anunciado	2018
Furness inventa o Super Cockpit	1986	VR autônomo aumenta, VR móvel morre	2018
Realidade virtual nasceu o nome	1987	VR está mudando rapidamente com o avanço de novos conceitos e ferramentas como o metaverso	2022

Fonte: Adaptado de VRS (2019)

3.2.2 Realidade virtual imersiva e não imersiva

Os autores dividem a RV em dois parâmetros imersiva e não imersiva. Segundo Pinho e Kirner (1997) a imersiva é baseada no uso de capacete ou de salas de projeção nas paredes, enquanto a não imersiva baseia-se no uso de monitores.

Tori e Kirner (2006) mostram que essa classificação se dá em função do senso de presença do usuário, logo:

A realidade virtual é **imersiva**, quando o usuário é transportado predominantemente para o domínio da aplicação, através de dispositivos multissensoriais, que capturam seus movimentos e comportamento e reagem a eles (capacete, caverna e seus dispositivos, por exemplo), provocando uma sensação de presença dentro do mundo virtual. A realidade virtual é categorizada como **não-imersiva**, quando o usuário é transportado parcialmente ao mundo virtual, através de uma janela (monitor ou projeção, por exemplo), mas continua a sentir-se predominantemente no mundo real. (TORI; KIRNER, 2006, grifo nosso)

Logo esse parâmetro é importante para conseguir classificar as mais diversas ferramentas para realidade virtual como luvas, óculos estereoscópicos, capacetes, rastreadores, telas panorâmicas, mesa virtual e etc. de acordo com a sua capacidade de imergir a pessoa que está utilizando nesse novo mundo criado pela ferramenta.

3.2.3 Técnicas de interação

Sendo que as experiências vivenciadas são baseadas em um mundo 3D, Laviola *et al* (2017) determina que as interações do usuário abrangem 4 eixos, sendo eles:

- Seleção: referente a escolha de um objeto virtual para ser manipulado, a qual envolve três passos necessários, sendo indicação do objeto, confirmação e realimentação;
- Manipulação: corresponde a alteração da posição de um determinado objeto através de translação ou rotação, ou manipulação de suas características, além de envolver a possibilidade de apagar, copiar, duplicar, deformar ou alterar;
- Navegação: está refere-se à movimentação que o usuário pode realizar dentro e ao redor do ambiente virtual, também denominada de viagem, inclui o controle da posição e da orientação de seu ponto de vista, entre outros fatores;
- Controle de sistema: este aborda a alteração do modo ou estado do sistema, na sua maioria das vezes por meio de comandos ou menus.

3.3 REALIDADE AUMENTADA

Segundo Azuma (1997) a Realidade Aumentada (RA) permite que o usuário veja o mundo real, com objetos sobrepostos ou compostos com o mundo real, sendo assim ela complementa a realidade em vez de substituí-la completamente. Azuma *et al* (2001) define ainda algumas propriedades dessa tecnologia: combina objetos reais e virtuais em um ambiente real, é executado de forma interativa e em tempo real, registra objetos reais e virtuais com cada um dos outros.

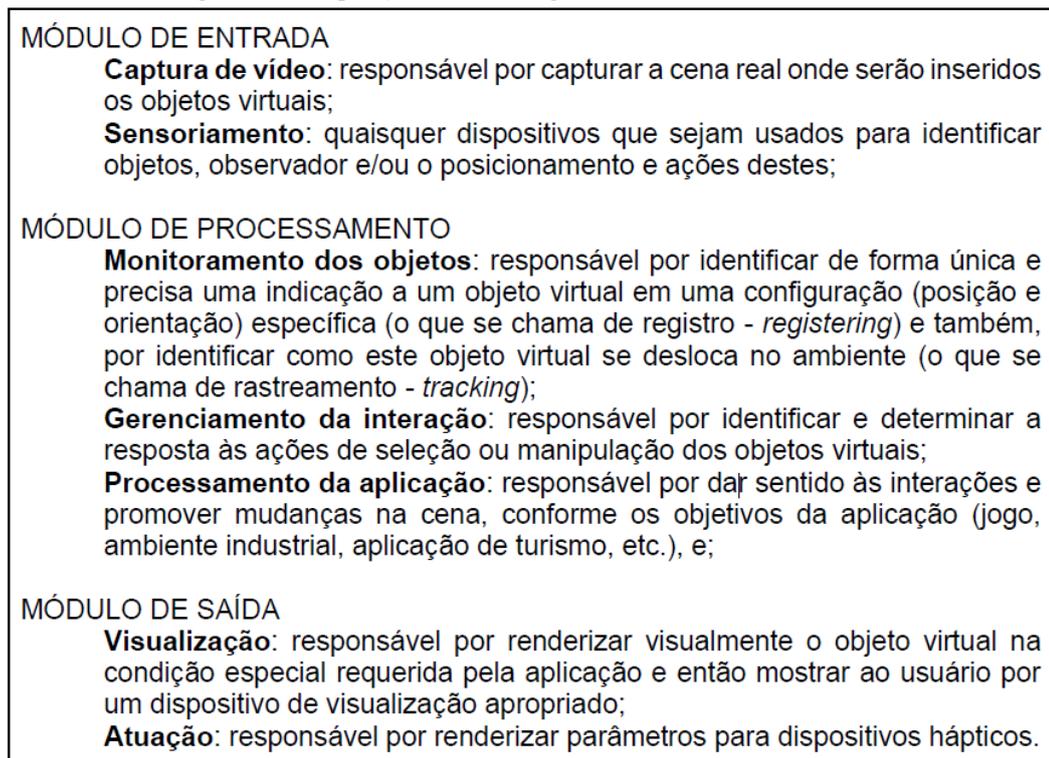
Hounsell, Tori e Kirner (2018) definem ainda que a RA enriquece o ambiente físico com objetos sintetizados computacionalmente, permitindo a coexistência de objetos reais e virtuais, podendo ser considerada uma vertente da RV. Logo a RA visa aprimorar a percepção sensorial, podendo ser entendida como uma forma de interface homem máquina de quarta geração a qual não tem um único foco de atenção, de forma que a interação se dá com o meio de forma global e ampliada. (BOTEGA; CLUVINEL, 2009).

Moreira (2018) complementa que a RA necessita de dispositivos que possibilitem

avaliar a posição (rastreamento e registro) e criar elementos virtuais (modelos geométricos e outros tipos de informações) para integrá-los ao ambiente real por meio de tecnologias de exibição e interação.

Para que se consiga produzir realidade aumentada é necessário um sistema gráfico o qual é tipicamente composto de módulos de entrada, processamento e saída de informações, e esses se dividem em outras tarefas (HOUNSELL; TORI; KIRNER, 2020), como mostra a Figura 3.

Figura 3 - Composição do sistema gráfico da realidade aumentada.



Fonte: HOUNSELL; TORI; KIRNER, 2020.

Dentre as diversas possibilidades de dispositivos de entrada de dados uma das que mais se destaca para o celular são os marcadores que segundo Costa, Kayatt e Bogoni (2020) são dispositivos “que identificam e seguem objetos marcados no ambiente real, para depois reproduzir essas informações no AV”. Dentre os diversos tipos de marcadores existentes vale destacar os ópticos, inerciais e fiduciais, o primeiro se utiliza do conjunto de câmeras para na base que filma o ambiente conseguir rastrear os objetos presentes, o segundo utiliza-se de dispositivos como giroscópios, acelerômetros e inclinômetros para conseguir determinar a inclinação e direção, por fim os fiduciais são marcadores passivos que não necessitam de uma fonte de energia, que servem como ponto de referência, os quais possuem em sua maioria uma forma geométrica fixa e algum identificador exclusivo.

3.3.1 Realidade misturada e classificação da realidade aumentada

Para se entender mais profundamente a RA se faz necessário o conceito de realidade misturada, Kirner e Kirner (2011) definem como sendo uma interface baseada na sobreposição de informações virtuais geradas por computador (imagens, dinâmicas, sons especiais e sensações hápticas) com o ambiente físico do usuário, percebida através de dispositivos tecnológicos.

A realidade aumentada pode ser dividida em duas vertentes a depender da maneira como o usuário vê o mundo misturado. Quando o mesmo vê o mundo misturado apontando os olhos diretamente para as posições reais com cena óptica ou por vídeo, falamos de realidade aumentada imersiva ou de visão direta. Quando o usuário vê o mundo misturado em algum dispositivo, a exemplo do monitor ou projetor, não alinhado com as posições reais, está é de visão indireta (não imersiva). (KIRNER; TORI, 2006).

Segundo Wang *et al* (2016) é possível ainda classificar quanto a tarefa de entrada de dados, pela forma de rastreamento, sendo dividido em:

- RA baseada em visão: nesse caso são utilizados recursos para o processamento da imagem captura de modo a fazer o rastreamento dos objetos virtuais, logo esta forma se torna robusta, precisa, flexível e de maior facilidade de uso, o que a torna mais utilizada, um exemplo desse caso são os marcadores;

- RA baseada em sensores: se dá quando os objetos virtuais são associados a um sensor, desta forma é mais precisa e tem menor latência, menor *jitter* e se torna mais robusta para uma série de limitações dos ambientes;

3.4 APLICAÇÕES DA REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A realidade virtual e aumentada vem sendo utilizada como auxílio as mais diversas áreas do conhecimento, sendo aplicada em áreas como saúde, medicina, indústria, ciências, artes, educação, visualização e controle de informação, entretenimento, treinamento, comércio eletrônico, simuladores, estudos virtuais, e também na indústria da Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO).

Na construção civil essas ferramentas já se demonstram eficientes com sua utilização nas mais diversas fases sendo no projeto, planejamento, execução e/ou manutenção. Tori e Kirner (2006) afirmam que como esse ramo se utiliza principalmente de CAD (*Computer-aided design*) pode ser complementado pela realidade virtual para “projetos de artefatos;

planejamento da obra; inspeção tridimensional em tempo real; interação em tempo real; decoração de ambientes; avaliação acústica; etc.”.

Salgado *et al* (2020) analisam através de revisão sistemática da literatura a utilização da RV e RA na indústria da engenharia, arquitetura e construção obtendo entre outras conclusões que dentre três motivações de estudo (segurança, qualidade e produtividade) a segurança é o motivo que mais leva os pesquisadores a realizarem estudos nessa área, com 35% dos artigos analisados tendo esse aspecto. Moreira e Ruschel (2017) também realizaram uma revisão sistemática de literatura com foco em observar a utilização de RA para a montagem, manutenção e operação da edificação concluindo que a visualização é um dos fatores mais recorrentes nessa área, principalmente para visualização de dados *in loco*.

Oliveira *et al* (2019) em pesquisa que analisa a viabilidade e economia que a utilização de RV e RA podem causar em empresas da construção civil demonstram como a adesão para substituir por exemplo apartamentos modelos por apartamentos virtuais pôde gerar economia de 5 milhões, além de possibilitar alcançar um número de pessoas em um número variados de lugares.

Batista, Mota e Moreira (2021) testaram a utilização de realidade aumentada para visualização de componentes em auxílio ao manual de uso, operação e manutenção obtendo como resultado que a RA pode auxiliar na compreensão dos experimentos que simulam a fase de projeto e a fase de operação e manutenção.

3.5 BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)

O Ministério da Infraestrutura (BRASIL, 2021) estabelece que o BIM ou modelagem da informação da construção na sua tradução para o português, é um processo criado para gerenciar informações dentro de um projeto de construção em todo o seu ciclo de vida. Obtendo assim como principal resultado o modelo de informações de construção que é a descrição digital de cada aspecto do sistema construído.

Em um cenário que se trabalha cada vez mais com dados o BIM se torna essencial para aplicações nas mais diversas áreas e aspectos da arquitetura e engenharia. No Brasil a metodologia e tecnologia já vem sendo implantada mesmo que de forma gradual como mostra a pesquisa de Ruschel, Andrade e Morais (2013) que analisa o desenvolvimento desse modelo de trabalho nas universidades brasileiras e conclui que embora tenha avançado, o país ainda se encontra muito aquém de outras nações.

Em contrapartida o governo tem dado passos para a disseminação dessa ferramenta,

através do Decreto Nº 10.306, de 2 de abril de 2020 (BRASIL, 2020) o mesmo “Estabelece a utilização do *Building Information Modelling* na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal”. Definindo assim através de fases que até 2028 a ferramenta esteja completamente em uso em todas as fases e para todos os envolvidos com obras do setor público.

Dentre as diversas áreas que o BIM pode ser utilizado para auxiliar na construção civil, Moreira (2018) destaca a possibilidade da utilização desta tecnologia para modelagem de projetos e objetos que integrados a realidade aumentada podem auxiliar os usuários do manual do proprietário a assimilar as informações contidas neste de forma mais interativa.

Kensek (2014) enfatiza que esta tecnologia também pode melhorar os resultados do proprietário, promovendo desde reduções nos custos do ciclo de vida do empreendimento até melhorias no cronograma de entrega e atuação operacional. Desta maneira a utilização dessa ferramenta eleva o poder de conhecimento do proprietário a respeito de sua propriedade, facilitando que o mesmo possa tomar decisões assertivas quanto a manutenções e outras ações.

Monteiro e Martins (2011) trazem a divisão das funcionalidades do modelo BIM em 7 características, sendo elas:

- Dimensão do modelo: o âmbito dimensional vai além das três dimensões do espaço euclidiano, incrementando a quarta dimensão que é referente ao fator tempo, a quinta dimensão que é referente a associação de custos, e embora essas sejam as mais divulgadas atualmente ainda se tem a sexta dimensão referente a sustentabilidade e a sétima referente a gestão e manutenção;
- Concepção: a modelagem vai além da simples concretização de esboços, tornando-se possível utilizar a aplicação para testar diferentes tipos de soluções;
- Visualização: no modelo BIM os processos de visualização são automáticos, sendo que o utilizador define que vistas deseja e o modelo gera, isso permite também uma melhor percepção do modelo global, possibilitando ser retratado as mais variadas fases da construção;
- Quantificação: como a modelagem é por elementos torna-se obrigatório a especificação de parâmetros para cada um dos elementos, o que facilita a extração de quantitativos do modelo;
- Colaboração: como as ferramentas permitem ter um número significativo de informações em um único modelo, as plataformas BIM permitem também a partilha desses modelos com vários colaboradores a partir da mesma plataforma, minimizando assim erros provenientes de interpretação e tradução deficiente;
- Documentação: um dos aspectos mais burocráticos na construção sem dúvida é a

documentação, e automatização de processos de produção destes através do BIM, agiliza essas tarefas. Algumas aplicações são em peças desenhadas, mapas de quantidades, listagens e etc.;

- Integração com software de análise de performance energética: um bônus que cresce no mercado são as aplicações capazes de através do modelo analisar a performance energética do edifício.

4 METODOLOGIA

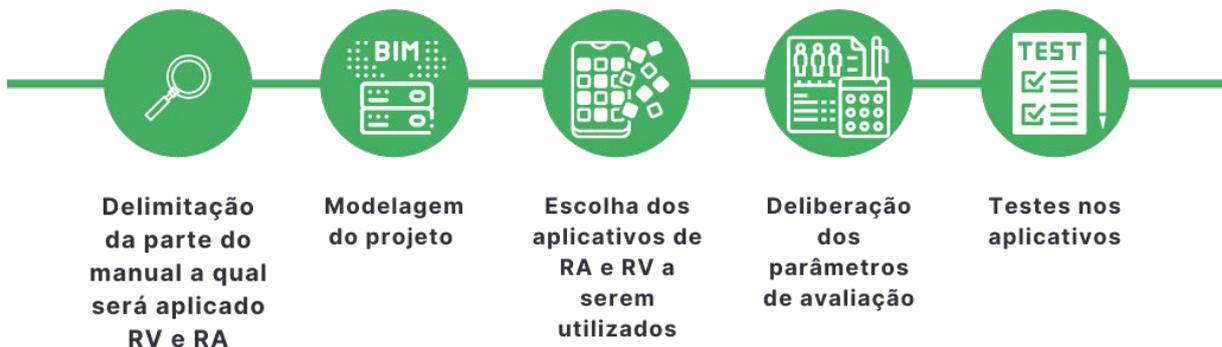
O presente trabalho é um uma pesquisa de abordagem qualitativa ao passo que analisa de forma subjetiva as ferramentas de realidade virtual e aumentada e quantitativa visto que expressa resultados das ferramentas. Para se desenvolver melhor os procedimentos também e utiliza de pesquisa bibliográfica a fim de analisar como a realidade virtual e aumentada é utilizada hoje nos ramos da engenharia e arquitetura e como pode ser utilizada no manual do proprietário, além de ser feito um estudo de caso aplicando as ferramentas descobertas a um projeto específico.

De início foi realizado a análise bibliográfica, de modo a estudando o manual do proprietário, compreender qual sua utilidade e quais são suas exigências, e estudando a temática de RV e RA entender como a mesma pode ser aplicada na indústria de Arquitetura, Engenharia, Construção e Operação (AECO), de forma que ao unir as duas temáticas pesquisadas possa se chegar ao ponto de propor em qual aspecto e de que maneira pode se aplicar essas tecnologias no manual de uso, operação e manutenção.

Definido os pontos que serão aplicadas as tecnologias no manual, parte-se para um estudo de caso no qual utilizando um projeto feito com tecnologia BIM e escolhido alguns aplicativos de realidade virtual e aumentada e utilizando alguns parâmetros de avaliação, foi realizado a análise desses aplicativos.

A Figura 4 demonstra os passos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho.

Figura 4 - Fluxograma do TCC



Fonte: Autoria própria (2022)

4.1 PARAMÊTROS INICIAIS

Para início de pesquisa foi necessário a definição de quais parâmetros à RV e RA iriam prestar suporte ao manual do proprietário. O primeiro passo foi analisar a viabilidade de utilizar essas ferramentas para o manual, com o estudo da NBR 14037 (ABNT, 2014) foi possível concluir que estas tecnologias podem sim ser inclusas visto que a nota relacionada a alínea 4.1.5 diz: “O uso de meios eletrônicos é permitido desde que sejam de fácil operação e entendimento e que possuam alternativa de reprodução dos conteúdos em meios impressos, sendo facultada ao usuário a solicitação de via impressa, por ocasião da entrega da obra”.

Por conseguinte, ainda analisando a mesma norma foi delimitado que os aplicativos e ferramentas irão ser testados em vista de mostrar aos usuários do documento o projeto arquitetônico de maneira 3D, o que vai de encontro com o que é pedido no manual de uso, operação e manutenção na alínea 5.3 a) e 5.7.4.2 a), que deliberam sobre requisitos a serem contidos no manual, as quais pedem respectivamente:

- 5.3 a) informações sobre aspectos importantes para o proprietário e para o condomínio, como propriedades especiais previstas em projeto e sistema construtivo empregado;

- 5.7.4.2 a relação dos documentos técnicos descritos em 5.7.4.1 deve conter no mínimo os seguintes projetos: a) arquitetura;

Ainda de forma a atender a alínea 4.1.5 da norma referente ao manual do proprietário, o meio escolhido para utilização dos aplicativos e consequente visualização do modelo será equipamento móvel, mais especificamente um celular, tendo em vista atender o pré-requisito de fácil operação exigido pela norma e em conformidade com um mundo cada vez mais globalizado e conectado, assim o celular se torna uma potente ferramenta. Como mostra o relatório Ericsson Mobility Report (ERICSSON, 2021) a tecnologia 5G que vai aumentar a interconectividade dos equipamentos e a agilidade da internet está se expandindo rapidamente, de forma que em 2026 serão 7,69 bilhões de celulares ativos mundialmente e só na América Latina 240 milhões destes terão acesso ao 5G, e isso se torna primordial também para a construção civil porque como o mesmo relatório traz, o 5G já foi testado em uma empresa do ramo e ajudou na visualização holográfica do edifício, na segurança do trabalho, na exibição do design em tempo real, entre outras funções.

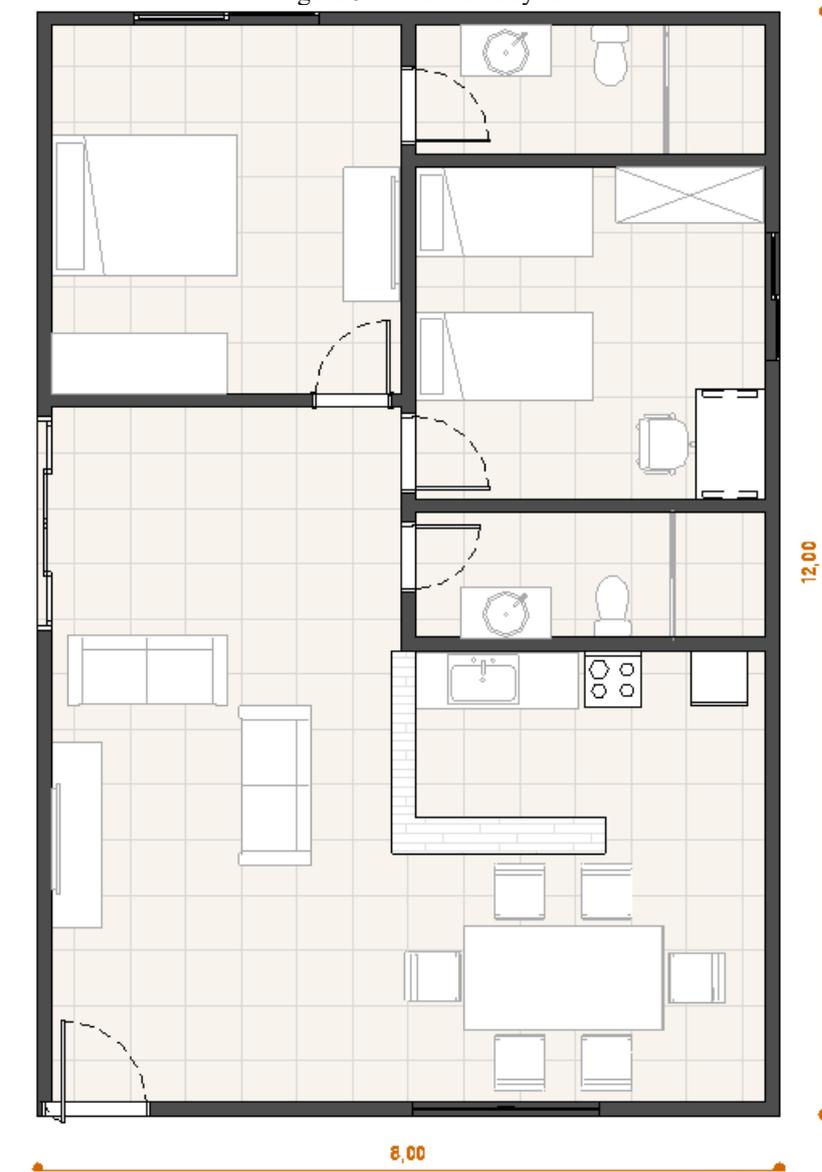
Desta maneira o teste das ferramentas através do celular se mostra uma excelente forma de ver a viabilidade de em um futuro próximo os usuários do manual poderem ter recursos necessários nas palmas de suas mãos.

4.2 MODELAGEM DO PROJETO

Para visualização nas ferramentas a serem escolhidas, é necessário um arquivo de modelagem padrão, o qual servirá de entrada para os aplicativos e para serem gerado os modelos da realidade virtual e aumentada. Para isso foi escolhido o software Revit da empresa Autodesk, na sua versão 2021, este é um software de modelagem BIM para projetos de arquitetura, urbanismo, engenharia e design.

O projeto desenvolvido foi uma residência térrea unifamiliar de autoria própria. A casa possui 2 quartos (sendo 1 suíte), banheiro social, cozinha e sala, e tem as dimensões 8 x 12 metros como demonstra a Figura 5.

Figura 5 - Planta de Layout



Fonte: Autor (2022)

É importante salientar que como o objetivo é a visualização do projeto arquitetônico, esta modelagem não incluiu os projetos complementares (elétrico, hidrossanitário e estrutural).

Outro fato interessante é que o próprio REVIT pode ser considerado uma ferramenta de realidade virtual, por atender aos requisitos de imersão e outros que conceituam à RV, entretanto para o estudo de caso desse trabalho, se delimita que sejam aplicações que gerem custos zero para a visualização por parte do consumidor final, que é o proprietário da edificação, podendo no entanto gerar custos para o vendedor que é a construtora, e ainda se faz necessário que essas aplicações sejam acessíveis para a visualização em RV e/ou RA por meio de QR Code visto que o acesso é para se dá através deste que se encontraria impresso no manual do proprietário.

4.3 APLICATIVOS DE REALIDADE VIRTUAL E AUMENTADA

Tendo em vista que o instrumento a ser utilizado para visualização será um celular com especificações descritas no Quadro 4, foi levantado aplicativos e ferramentas que deem suporte a essas tecnologias no google e na play store e outros de referência de alguns autores como Silva e Groetelaars (2021), Cuperschmid e Freitas (2013), Oliveira et al (2019), Silva e Heidrich (2015).

Quadro 4 - Especificações do celular utilizado

Marca	POCO
Modelo	POCO M3 (M2010J19CG)
Memória RAM	4 GB + 2GB (estendido)
CPU	Octa-core Max2.0GHz
Sistema Operacional	Android 11 + MIUI 12.5.4

Fonte: Autor (2022)

Após a busca foi feito a listagem das ferramentas encontradas e qual o tipo de realidade que a mesma comporta (Quadro 5), para ser feita a primeira triagem na qual foi observado dentre as aplicações quais dão suporte a visualização no instrumento escolhido. E qual o tipo de licença da aplicação, sendo gratuita (G) e paga (P).

Quadro 5 - Ferramentas encontradas

Aplicativo	Tipo de aplicação	Licença de Uso
Sketchfab	RV	G + P
BIMx	RV	G
Autodesk Drive	RV	G
AUGmentecture	RA	P*
AUGIN	RA	P
Dalux Viewer	RV	G + P*
XR+	RA	P*
SightSpace	RV	P*
SentioVR	RV	P*
IrisVR	RV	P*
Fuzor	RV/RA	P*
BIMXplorer	RV	P*
Augument	RV/RA	P*

Fonte: Autor (2022)

Logo após a análise das ferramentas, algumas foram descartadas para efeito desse estudo, por não se encaixarem nos pré-requisitos de aplicabilidade na ferramenta de visualização que será utilizada, o celular. Sendo IrisVR, SentioVR, Fuzor que são aplicações direcionadas a utilização em óculos de realidade virtual, o que não é o objeto de estudo desse trabalho.

Também não foram utilizadas as plataformas Augumented e SightSpace, pois o aplicativo da primeira não é compatível para o instrumento de visualização em uso nesse trabalho, e o da segunda apresentou bug impossibilitando de ser feito o estudo.

A seguir será feito uma breve apresentação de cada uma das ferramentas escolhidas para serem estudadas.

4.3.1 Sketchfab

O Sketchfab é uma plataforma livre na qual se pode publicar, compartilhar, descobrir, comprar e vender conteúdo em 3D, RV e RA. A mesma possibilita o upload de arquivos em formato FBX, OBJ, DAE, BLEND, STL, entre outros formatos. Para visualização dos modelos essa plataforma oferece a possibilidade de utilizar o seu aplicativo para iOS e Android, bem como o próprio navegador da internet.

4.3.2 BIMx

O BIMx é um software da GRAPHISOFT com um conjunto de ferramentas para desktop e dispositivos móveis que pode ser utilizado para apresentação interativa do modelo 3D e da

P* - Aplicativos com versão paga, mais que, no entanto, possuem versão gratuita de testes.

P = Pago / G = Gratuito

documentação 2D dos modelos de informações da construção criados. Por ser da GRAPHISOFT ele aceita formatos de arquivo somente de aplicações do grupo, como o ARCHICAD. Possuindo a disponibilidade para visualização no computador ou em aplicativo móvel disponível para iOS e Android.

4.3.3 Autodesk Drive

O Autodesk drive é um sistema de armazenamento em nuvem da Autodesk que possibilita a visualização dos projetos tanto por meio do site, como no aplicativo presente para iOS e Android. Por ser de uma empresa específica esse sistema também aceita arquivos nos formatos de todos os softwares da empresa em questão.

4.3.4 AUGmentecture

O AUGmentecture é uma plataforma de auxílio a realidade aumentada que permite a colaboração dos designs para a visualização de seus modelos 3D em formato RA. Possibilitando a visualização em dispositivos móveis através de seu aplicativo para iOS ou Android, o upload é feito através de plug-in disponível para exportar o modelo do REVIT ou do Sketchup.

4.3.5 AUGIN

O AUGIN é uma plataforma que possibilita a criação de um ambiente imersivo de colaboração para os projetos do usuário, possibilitando armazenamento em nuvem, interação com a equipe, e possibilidade de utilizar realidade virtual e aumentada. O mesmo funciona através de upload do arquivo em sua plataforma, permitindo o recebimento em formato ifc, ou através dos plug-in disponíveis que possibilitam o upload direto dos softwares específicos como o REVIT, Archicad, Tekla, sketchup, entre outros.

4.3.6 Dalux Viewer

Dalux Viewer é uma ferramenta de comunicação gratuita que permite utilização de um visualizador móvel gratuito para todos os arquivos BIM, combinando desenhos 2D com modelagem 3D, permitindo a utilização em qualquer lugar através de computador, celular ou tablet, acessando aplicativo disponível para iOS e Android. O upload do arquivo pode ser feito através da sua plataforma para arquivos IFC, PDF ou DWG, ou através de plug-in para softwares como REVIT, Archicad, NAVISWORKS.

4.3.7 XR+

O XR+ é uma solução por meio de plataforma na web que possibilita criar, publicar e gerenciar modelos para experiência de realidade aumentada, focado nas mais diversas áreas. O mesmo permite fazer o upload direto de seu site em diversos formatos como OBJ, FBX, GLB. Para visualizar estes arquivos a plataforma utiliza seus recursos diretamente dos sistemas da internet, podendo ser visto utilizando qualquer navegador.

4.4 PARÂMETROS DE CLASSIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO

Para efeito de melhor escolha entre ferramentas esse trabalho visa classificar e avaliar as ferramentas em estudo com foco a encontrar as que tem melhor desempenho para uso do cliente (proprietário do imóvel). Para isso se é utilizado alguns conceitos de RV e RA, bem como algumas ações que o usuário venha a fazer na ferramenta que está utilizando.

4.4.1 *Classificação quanto ao tipo de imersão*

Como primeiro parâmetro de classificação será utilizado o tipo de imersão da ferramenta, tanto para tecnologias de realidade virtual quanto para as de realidade aumentada, classificando as em imersiva e não-imersiva, entretanto, o sentido dessa classificação para cada tipo de realidade é diferente como explicado no referencial teórico desse trabalho, portanto será utilizado os conceitos de Tori e Kirner (2006) e Tori, Kirner e Siscouto (2006) para a realização dessa classificação.

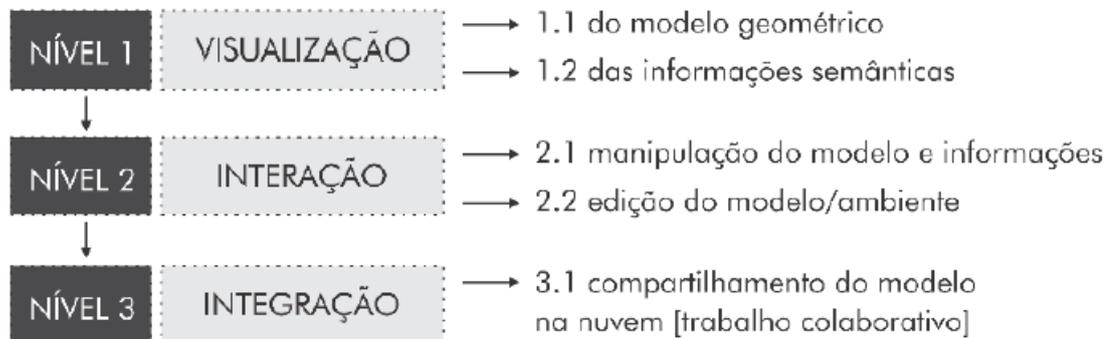
De maneira sucinta para RV as tecnologias categorizadas como imersivas tendem a levar o usuário totalmente para o mundo digital, fazendo com que o mesmo se sinta e viva um novo mundo, já as não-imersivas transportam o usuário somente de maneira parcial de modo que o mesmo ainda percebe o mundo real a sua volta. Já para a RA a classificação é a depender de como se vê a realidade misturada que a mesma provocará, sendo imersiva se os objetos estão nas posições reais a qual deveriam estar ou estarão, e não imersiva se a visualização se dá por meio de um dispositivo não alinhado com as posições reais.

4.4.2 *Classificação quanto as possibilidades de interação com o modelo BIM*

O segundo parâmetro de classificação é baseado no trabalho de Silva e Groetelaars (2021) e visa mapear as aplicações e ferramentas quanto as possibilidades que a mesmas tem de o usuário interagir com o modelo BIM, as autoras fazem essa classificação conforme a Figura 6, analisando quanto ao aplicativo no total, nesse trabalho, no entanto essas características serão

classificadas e avaliadas já analisando quanto a interação com o modelo BIM específico de objeto de estudo desse trabalho.

Figura 6 - Classificação de possibilidades de interação com o modelo BIM.



Fonte: Silva e Groetelaars (2021).

De forma a adaptar a metodologia das autoras a realidade de estudo desse trabalho, as ferramentas serão classificadas:

Visualização (nível 1): aqui se avalia se o aplicativo permite a visualização interativa do modelo geométrico, possibilitando rotacionar, selecionar partes, seccionar e/ou ocultar (1.1) e se além disso permite também visualizar as informações semânticas dos componentes do modelo, por exemplo, tipo de telhado, parede, porta (2.2).

Interação (nível 2): neste nível avalia-se se a aplicação permite além da visualização a alteração do modelo, ou seja, modificações em suas características e informações (2.1) e também se permite a alteração de ambientes e etc. (2.2).

Integração (nível 3): neste nível será avaliado se a aplicação permite o compartilhamento do modelo na nuvem, podendo assim realizar-se um trabalho colaborativo em todas as fases do empreendimento.

4.4.3 Avaliação quanto a possibilidade de aferição de medidas

Essa característica visa avaliar as aplicações quanto a possibilidade de tirar medidas do modelo 3D e quanto as precisões dessas medidas, sendo distinguidas as classes de divisão conforme Figura 7.

A ação de poder realizar medições no modelo 3D é algo com muito valor pois consegue abranger mais uma característica do que é pedido pela norma que rege o manual do proprietário, bem como oferece uma flexibilização ao usuário que está sendo estudado, no caso o proprietário, de obter informações a partir do que o mesmo ver que é necessário para cada tempo.

Figura 7 - Tipos de classificação quanto a medição.



Fonte: Autor (2022).

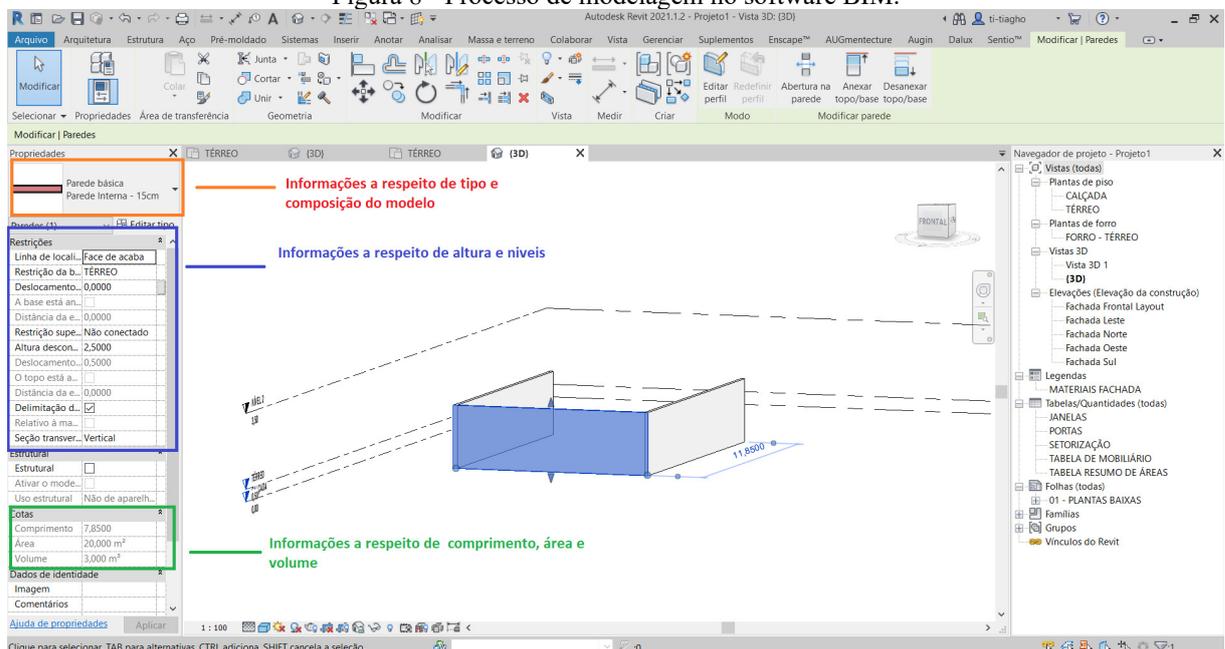
5 RESULTADOS E ANÁLISES

Nesse capítulo é apresentado os resultados obtidos a partir dessa pesquisa. De início é demonstrado como se deu a modelagem do projeto, por seguinte como foi a publicação do modelo em cada plataforma e por fim os resultados quanto as classificações e avaliações feitas nas ferramentas.

5.1 MODELAGEM BIM

Como descrito anteriormente nesse trabalho a modelagem do projeto conforme demonstrado na planta baixa, foi realizada no software Revit. A importância de se trabalhar em software de modelagem BIM é a possibilidade de que todos os parâmetros que estão sendo construídos carregam informações consigo, como tipo, comprimento, área, composição e etc., como demonstrado na Figura 8, o que permite que ao ser importado para alguns tipos de aplicações um usuário diferente tenha mais do que a simples visualização, mas também a possibilidade de obter informações a partir do modelo.

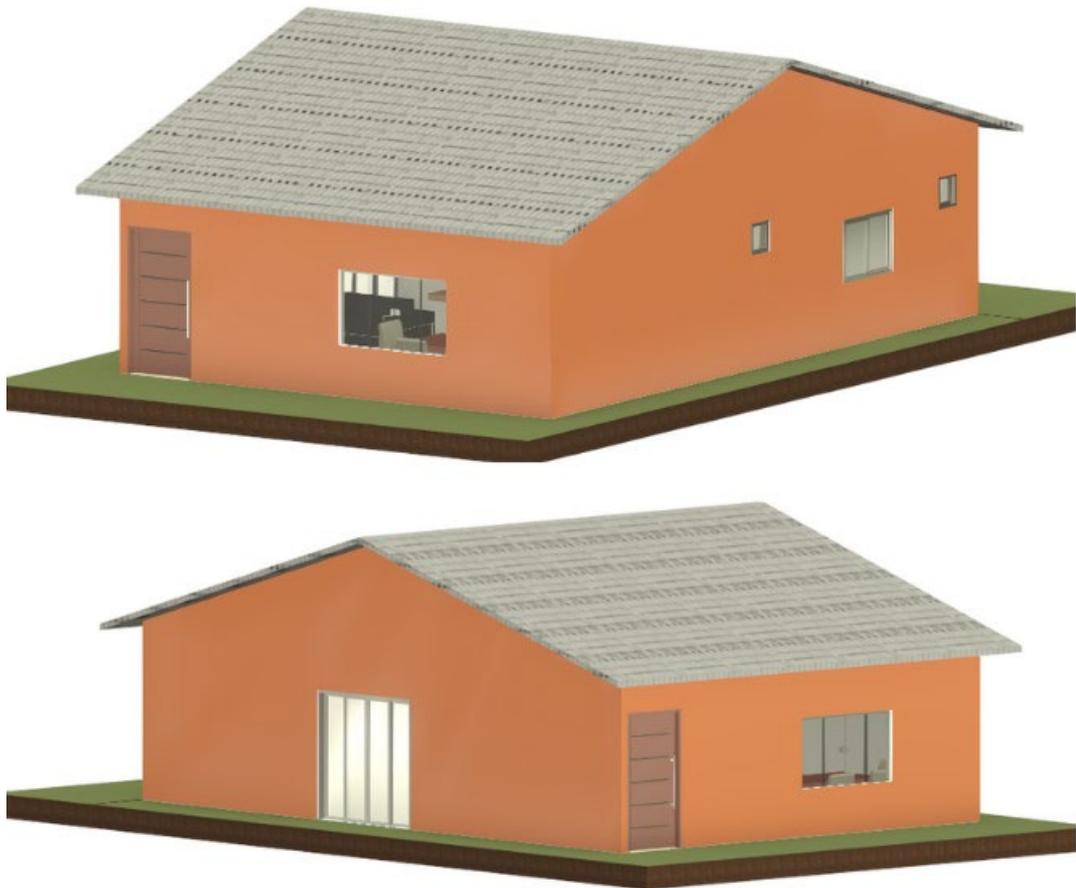
Figura 8 - Processo de modelagem no software BIM.



Fonte: Autor (2022).

Após todo o processo de modelagem, fazendo-se também uma pré-disposição de mobílias, o modelo 3D ficou como na Figura 9.

Figura 9 - Modelo do projeto em perspectivas.



Fonte: Autor (2022).

5.2 ENVIO DA MODELAGEM PARA AS FERRAMENTAS E MANEIRAS DE SE UTILIZAR NO MANUAL

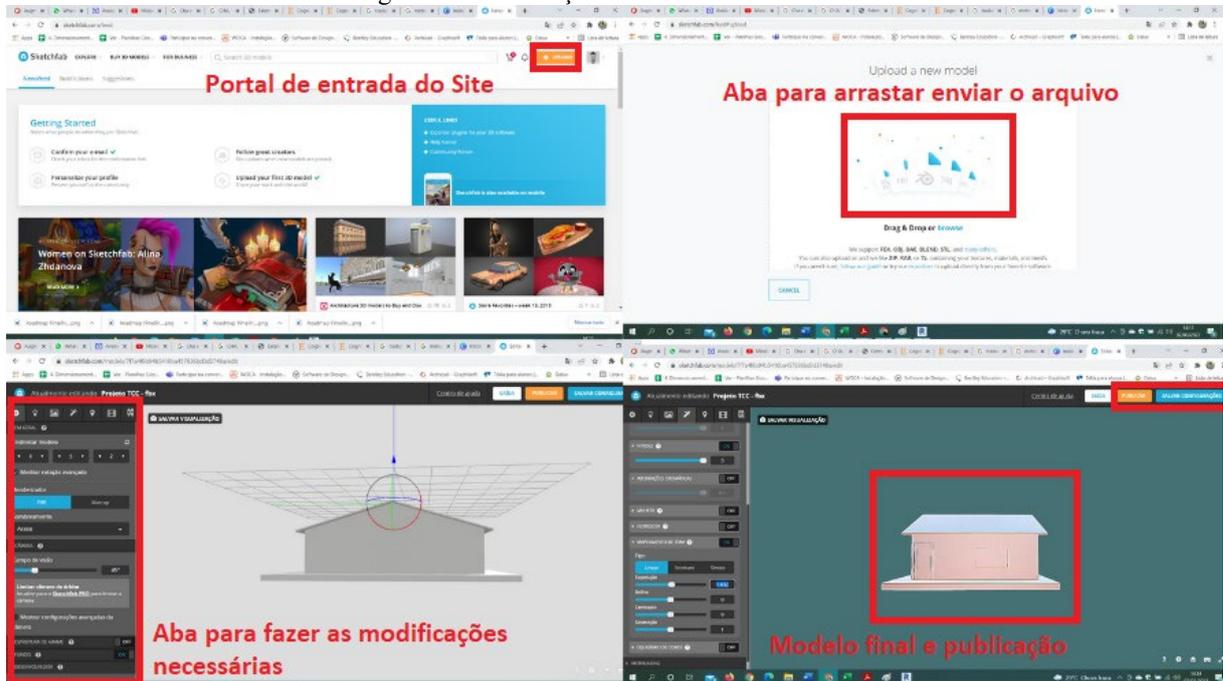
A maneira que se é utilizada para depositar o modelo BIM criado de forma a ser utilizado em cada ferramenta e ou aplicação também é muito importante, pois isso também se associara ao nível de dificuldade que a construtora terá para realizar esse processo. Nesse tópico serão abordadas a maneira como se é realizado o depósito para cada aplicação trabalhada.

5.2.1 Sketchfab

Para a ferramenta Sketchfab foi necessário exportar o arquivo do Revit no formato FBX, já que a mesma não aceita o formato normal de saída do Revit que é o rvt. Após a exportação no formato designado é realizado o upload no site de maneira prática e simples, arrastando o arquivo para a aba do site, após o envio se faz necessário alterar as configurações de cena, iluminação, materiais, filtros de pós-processamento e visualização, conforme mostrado na Figura 10. Com a mudança de formato do arquivo muitas configurações de detalhamento de

materiais, texturas, pinturas são perdidos, chegando-se a nova plataforma somente o modelo 3D em si sem os parâmetros de cada item do projeto, por isso a necessidade de ajustes.

Figura 10 - Publicação do modelo no Sketchfab.



Fonte: Autor (2022).

Após publicado na plataforma do Sketchfab o mesmo gera um link (o qual pode ser público ou privado) para que aqueles que desejarem ver o projeto possam acessar tanto por um navegador da internet, como pelo aplicativo disponível para celular. Pensando na melhor forma de ser visualizado pelo usuário o formato escolhido para ser colocado essa aplicação dentro do manual do proprietário é através de QR Code que foi gerado no site nuvemshop, ao qual o usuário poderá acessar com a câmera do seu celular, e será levado para o site para a visualização em realidade virtual. A Figura 11 traz o código para a modelagem desse estudo.

Figura 11 – QR Code para encaminhamento para a visualização no Sketchfab.

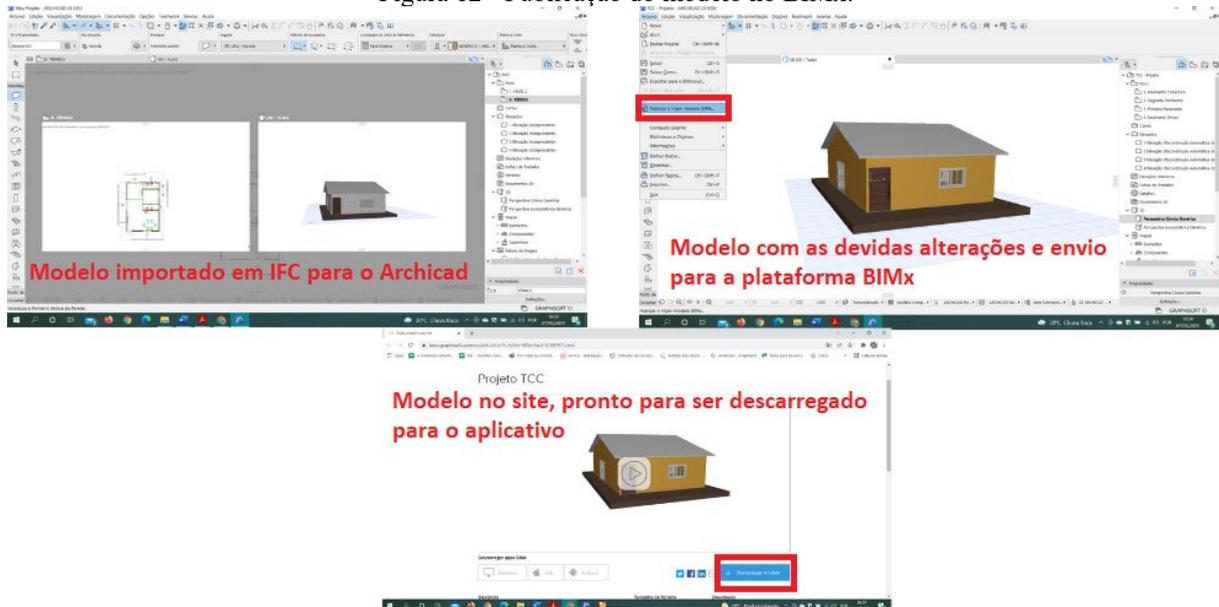


Fonte: Autor (2022).

5.2.2 BIMx

A plataforma BIMx aceita arquivos somente no formato dos arquivos obtidos em seus softwares. Logo para a publicação foi primeiro exportado do Revit o modelo em arquivo IFC, o qual foi repassado para o software Archicad e feito as devidas alterações e logo após através do próprio Archicad é feito o upload para a plataforma do BIMx, gerando assim um link ao qual o usuário pode acessar e dele descarregar o modelo no aplicativo do celular, conforme demonstrado na Figura 12.

Figura 12 - Publicação do modelo no BIMx.



Fonte: Autor (2022).

O BIMx trabalha sua visualização através do seu aplicativo para celular ou pelo desktop, como o foco desse trabalho é o uso do celular, o modo escolhido para implantação dentro do manual do proprietário é através de QR Code o qual leva ao site de descarregamento do modelo, e clicando em descarregar o usuário será redirecionado a baixar o aplicativo, sem necessidade de fazer conta no aplicativo. Além disso caso o usuário deseje ele pode visualizar o modelo no próprio site ao qual já é direcionado pelo código. A Figura 13 traz o QR Code para o BIMx gerado através do site nuvemshop.

Figura 13 – QR Code para encaminhamento para visualização no BIMx.

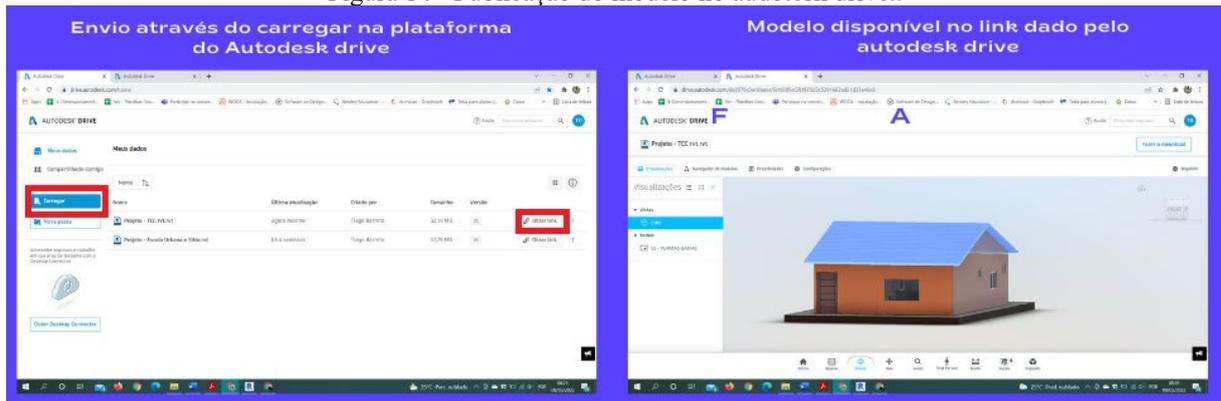


Fonte: Autor (2022).

5.2.3 Autodesk drive

O Autodesk drive é ao mesmo tempo uma plataforma para guardar os projetos feitos em softwares da Autodesk na nuvem, bem como abre a possibilidade de visualização no navegador. Para enviar o arquivo a plataforma basta fazer o upload pela ferramenta existente na plataforma e assim o modelo já estará disponível para visualização e para envio para qualquer pessoa por meio de link, como demonstra a Figura 14.

Figura 14 - Publicação do modelo no Autodesk Drive..



Fonte: Autor (2022)

Para inclusão dessa ferramenta ao manual do proprietário foi escolhido a geração de QR Code através do site nuvemshop, o qual contém o link que já é disponibilizado pela plataforma e redireciona direto para o uso da aplicação na internet do celular. O código para entrada no modelo pelo Autodesk drive se encontra na Figura 15.

Figura 15 – QR Code para encaminhamento para visualização do modelo no Autodesk drive.

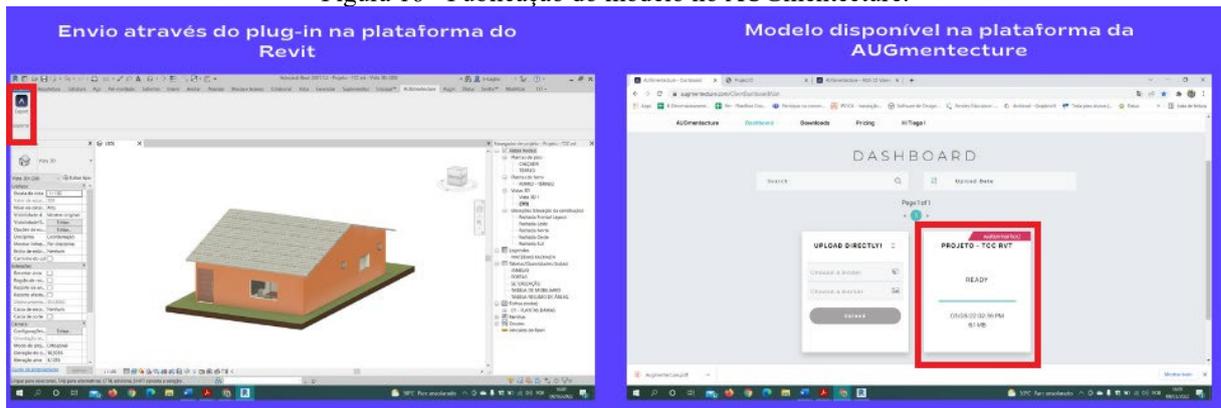


Fonte: Autor (2022).

5.2.4 AUGmentecture

A ferramenta AUGmentecture utiliza-se de plug-in para a exportação do projeto, logo utilizando o mesmo, o projeto foi enviado diretamente do Revit, preservando assim todas as características e ficando disponível automaticamente no site da plataforma, conforme Figura 16.

Figura 16 - Publicação do modelo no AUGmentecture.



Fonte: Autor (2022).

Esta ferramenta já fornece através de função na sua plataforma a geração do QR-Code o qual poderá ser incluído no corpo do manual e assim o cliente poderá ter a visualização do modelo. O código para visualização do projeto de estudo desse trabalho no AUGmentecture se encontra na Figura 17.

Figura 17 - QR-Code para visualização do projeto no AUGmentecture.



[Open In Mobile Application](#)



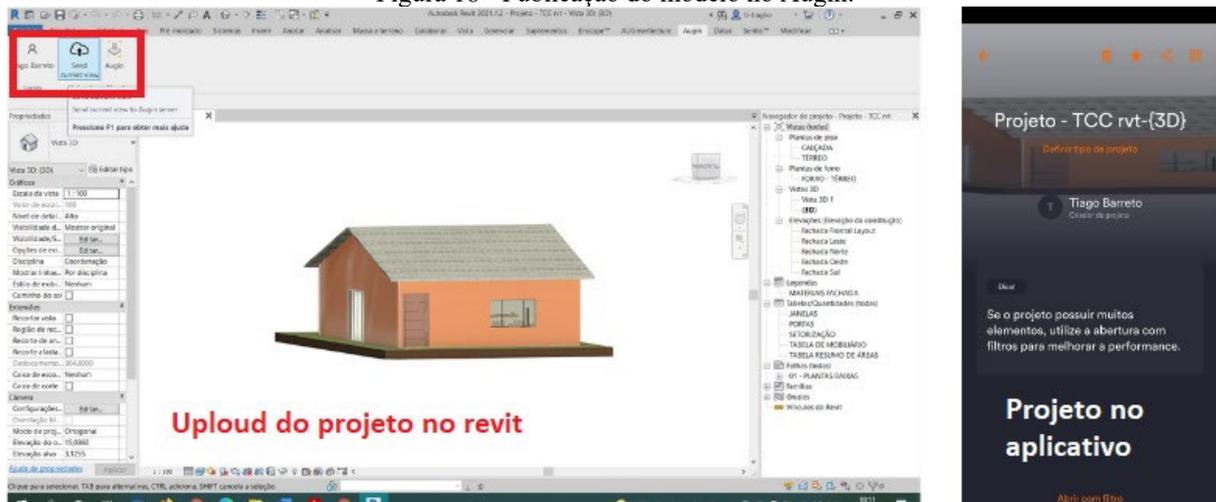
Fonte: Autor (2022).

Para que o usuário consiga reproduzir a visualização em realidade aumenta necessitará além do QR Code, do marcador para posicionamento para reprodução do modelo, que é essa malha ao lado do QR Code, o mesmo também já pode ser colocado junto ao manual, entretanto vale ressaltar que a necessidade do marcador causa uma limitação, pois só é possível ver o modelo acima do mesmo, logo ele sempre precisará está na cena para que haja a interação.

5.2.5 AUGIN

Para que o projeto seja enviado para o augin é necessário que seja baixado o plug-in disponível na plataforma da aplicação, feito isso a partir do próprio software do Revit é possível enviar o projeto, e automaticamente o mesmo estará disponível para visualização no aplicativo para celular da ferramenta, como demonstra a Figura 18.

Figura 18 - Publicação do modelo no Augin.



Fonte: Autor (2022).

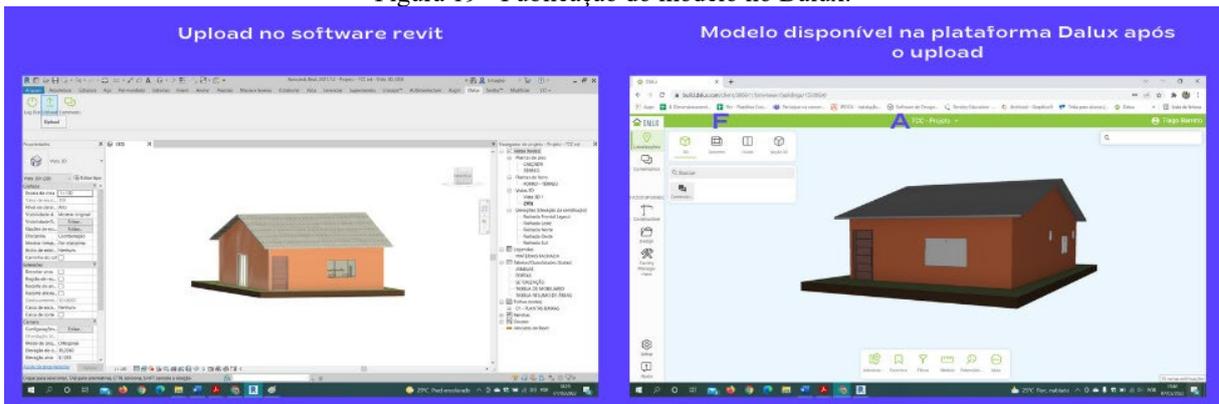
Para visualização por parte do cliente o próprio aplicativo já oferece o suporte a gerar um QR Code que pode ser enviado para o mesmo e ele conseguirá visualizar com o aplicativo sem ter que se cadastrar, ou no caso da metodologia desse projeto, colocado no corpo do manual do proprietário. Entretanto para ter acesso a gerar esse código é necessário assinar o plano pro, como para esse trabalho só foi utilizado a versão gratuita, não será demonstrado neste documento o QR-Code para o augin.

Para visualização por meio do augin no celular o qual foi utilizado nesse trabalho ainda se faz necessário a utilização de um marcador fiducial – que é disponibilizado no site para impressão – o que acarreta numa restrição de localização de uso. Esse problema, porém, é resolvido em celulares com tecnologia AR Core, visto possuírem um sistema de localização mais preciso.

5.2.6 Dalux Viewer

O envio do modelo para a plataforma da Dalux também se dá por meio de plug-in que é obtido no site da mesma, após baixado e implementado o modelo pode ser enviado direto do Revit e assim automaticamente estará nas plataformas da Dalux, como mostra a Figura 19.

Figura 19 - Publicação do modelo no Dalux.



Fonte: Autor (2022).

A Dalux só oferece a geração automática de QR Code pôr o app se for baixado as versões pagas, como nesse trabalho se utiliza a versão gratuita, o método para implemento no manual de uso, operação e manutenção será através de QR Code que encaminha para baixar o aplicativo da ferramenta no celular, logo após o usuário terá que se cadastrar na plataforma e solicitar a construtora que compartilhe com seu e-mail o modelo. O modelo de código que pode ser utilizado para implementar no manual é demonstrado na Figura 20.

Figura 20 – QR Code para baixar o Dalux.

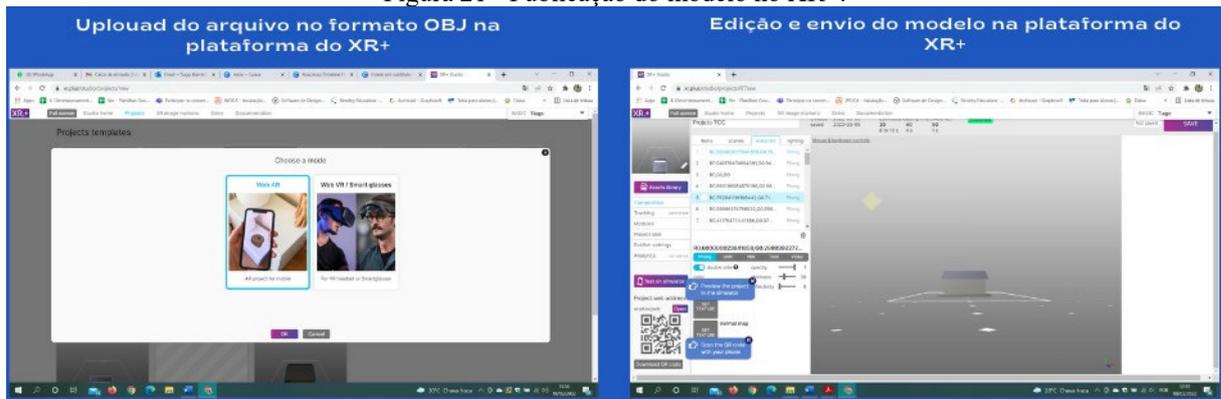


Fonte: Autor (2022).

5.2.7 XR+

A plataforma XR+ também aceita arquivos em OBJ portanto foi baixado o arquivo do Revit nesse formato através de um plug-in extra disponibilizado pela Autodesk para geração desse tipo de arquivo. Após isso é feito o upload no site da XR+, e nesse caso a plataforma preserva a divisão dos elementos do projeto, porém não a coloração dos materiais, sendo necessário fazer as devidas alterações de forma a melhor apresentar o projeto, a Figura 21 demonstra estes processos.

Figura 21 - Publicação do modelo no XR+.



Fonte: Autor (2022).

A própria plataforma já disponibiliza a opção de gerar um QR Code para visualização do modelo, portanto essa é a maneira escolhida para a inserção dessa ferramenta no manual. A Figura 22 apresenta o modelo do código gerado para o projeto de estudo desse trabalho.

Figura 22 - QR-Code para visualização do modelo no XR+.



Fonte: Autor (2022).

5.3 CLASSIFICAÇÃO QUANTO A IMERSÃO

A classificação quanto ao tipo de imersão é um dos primeiros passos para se compreender melhor de que forma trabalha as ferramentas, portanto utilizando os conceitos dos autores supracitados no referencial teórico e metodologia desse trabalho, conseguiu-se os seguintes resultados descritos no Quadro 6 e Quadro 7.

Quadro 6 - Classificação quanto ao tipo de imersão para ferramentas de RV.

Ferramenta	Classificação: Imersiva / Não imersiva
Sketchfab	Não imersiva
BIMx	Não imersiva
Autodesk Drive	Não imersiva
AUGIN	Não imersiva
Dalux Viewer	Não imersiva

Fonte: Autor (2022).

Quadro 7 - Classificação quanto ao tipo de imersão para ferramentas de RA.

Ferramenta	Classificação: Imersiva / Não imersiva
AUGmentecture	Não imersiva
AUGIN	Não imersiva
XR+	Não imersiva

Fonte: Autor (2022).

Como a ferramenta utilizada é um celular e não um óculos de realidade virtual o usuário estará embora sub imerso no ambiente virtual presente na tela do celular por meio da aplicação, plataforma e/ou ferramenta, porém ainda tendo contato com toda a realidade ao seu redor, por isso o fato de todas as ferramentas de RV serem classificadas como não imersivas.

Do mesmo modo como as ferramentas de RA aqui trabalhadas não oferecem suporte para que o modelo misturado seja replicado na posição exata do local ao que o mesmo existirá, são classificadas como não imersivas. Entretanto isso deve-se ao fato também das configurações do celular e suas limitações, visto que em celulares com tecnologia AR Core parte do problema pode ser resolvido.

5.4 CLASSIFICAÇÃO QUANTO A INTERAÇÃO

Depositado os modelos em cada plataforma a ser estudada foi realizado os testes para classificação das ferramentas quanto as possibilidades de interação que as mesmas oferecem para com o modelo BIM e os dados dos resultados foram compilados no Quadro 8, no qual os espaços marcados com X significam que a ferramenta possui aquele tipo de interação e com (-) não possuem.

Quadro 8 - Classificação quanto as possibilidades de interação com o modelo BIM

Ferramenta	Visualização		Interação		Integração
	Modelo Geométrico	Informações Semânticas	Manipulação do modelo	Edição do modelo	Compartilhamento na nuvem
Sketchfab	X	-	-	-	-
BIMx	X	X	X	-	-
Autodesk Drive	X	X	X	-	-
AUGmentecture	X	-	X	-	-
AUGIN	X	X	X	-	-
Dalux Viewer	X	X	X	-	-
XR+	X	-	-	-	-

Fonte: Autor (2022)

O Sketchfab e XR+ por não serem plataformas específicas para a construção civil oferecem menos formas de interação com o modelo BIM, além disso as mesmas recebem o modelo 3D por formatos FBX e OBJ que não carregam todas as informações da construção civil como os formatos aceitos nos outros aplicativos conseguem trazer.

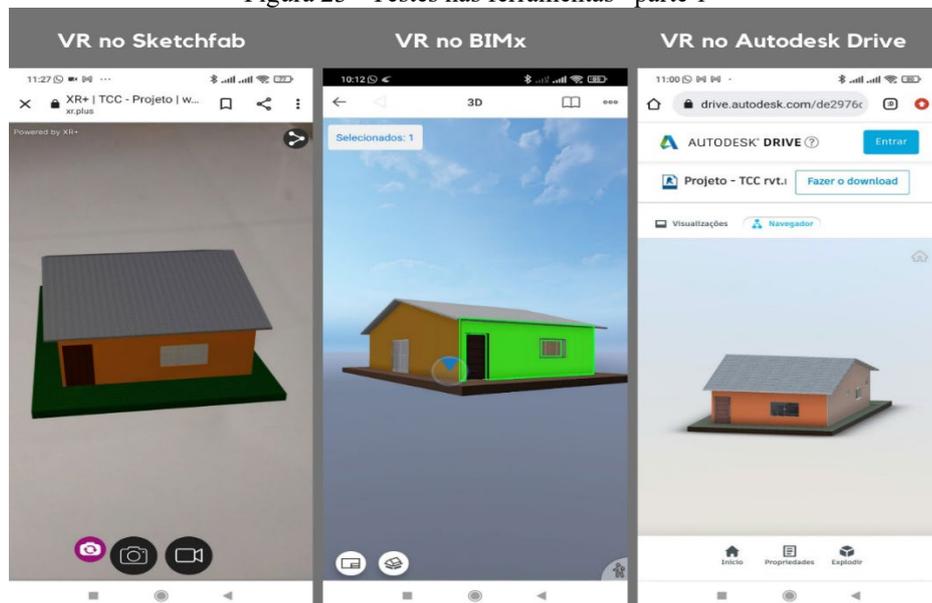
O BIMx, Autodesk Drive, AUGIN, Dalux Viewer são aplicações criadas especificamente para visualização em RV e/ou RA de modelos da construção civil, transferindo os modelos de forma a carregar as informações contidas neles também, dessa forma foram as aplicações que conseguiram realizar o maior número de interações com o modelo. Um dos recursos primordiais que esses aplicativos e plataformas oferecem é a possibilidade de conseguir informações de cada objeto do modelo construtivo, o que pode vim a auxiliar bastante o usuário, pois ele pode através disso captar informações necessárias para possíveis manutenções, reformas e etc.

O AUGmentecture embora seja uma ferramenta criada com o propósito de visualização em RA para a construção civil e oferecer algumas ferramentas para manipulação do modelo a exemplo de possibilidade de fazer corte, aumentar/diminuir a escala do modelo, não dá, no entanto, suporte a ver as informações de cada objeto do modelo construtivo.

Vale salientar que a classificação na tabela é feita de acordo com os recursos disponíveis nas versões que o autor do trabalho teve acesso para os devidos testes, sendo assim as aplicações que contém planos pró conseguem dar suporte a outros tipos de interação em suas versões pagas, porém essas não foram testadas.

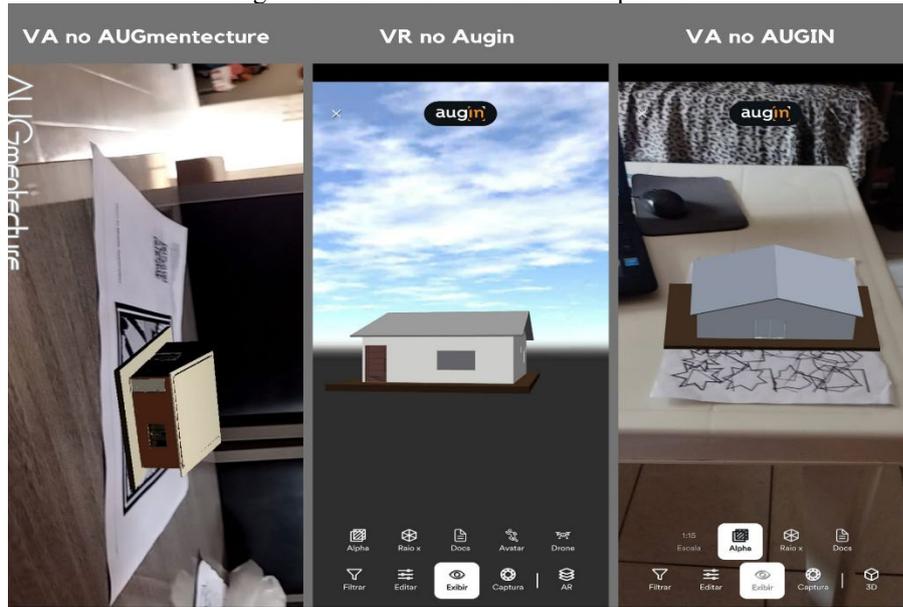
As Figuras 23, 24 e 25 demonstram os testes realizados nas ferramentas a fim de verificar os tipos de interação possíveis.

Figura 23 - Testes nas ferramentas– parte 1



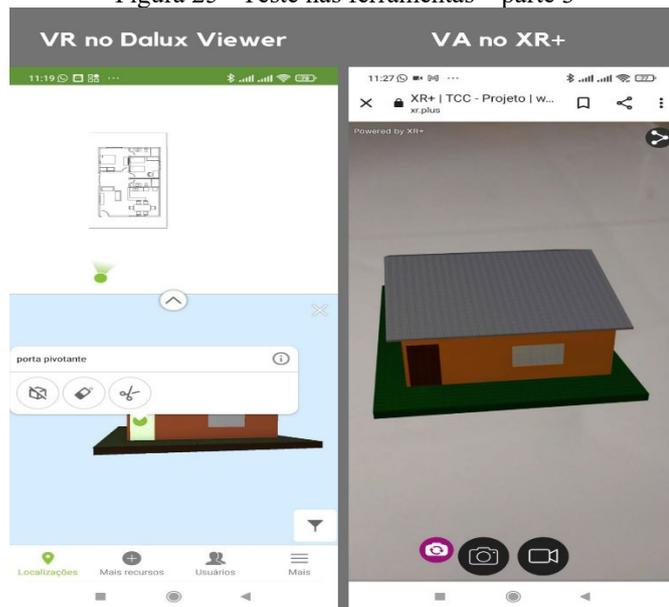
Fonte: Autor (2022)

Figura 24 - Teste nas ferramentas – parte 2



Fonte: Autor (2022)

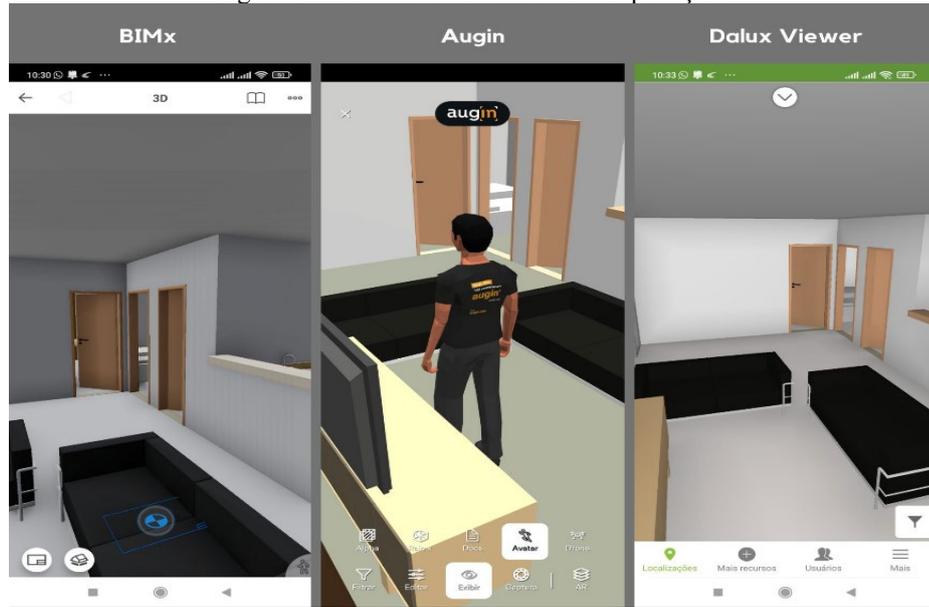
Figura 25 - Teste nas ferramentas – parte 3



Fonte: Autor (2022)

Dentre as ferramentas de interação que os aplicativos/ferramentas oferecem vale destacar uma, presente no BIMx, AUGIN e Dalux Viewer que é a possibilidade de passear por as áreas internas e externas do projeto e poder clicar nos objetos construtivos a exemplo de paredes, balcões, mobílias e etc., e conseguir informações, conforme visto na Figura 26. Isso é de grande valia para alcançar um dos pedidos da NBR 14037 (2014) quanto a oferecer ao usuário informações sobre aspectos importantes a exemplo de propriedades especiais previstas em projeto e sistema construtivo empregado, o que também é objeto de estudo deste trabalho. De forma que essas ferramentas conseguiram através dessa função vencer esse objetivo.

Figura 26 - Ferramenta caminhar nas aplicações



Fonte: Autor (2022)

5.5 TESTES DE AFERIÇÃO DE MEDIDAS

A avaliação de aferição de medidas foi realizada por meio de testes, de modo a verificar o comprimento da fachada frontal da casa - no projeto a mesma mede 8 metros - portanto foi verificado as medidas comparadas a esse parâmetro. Após a avaliação foi obtido os resultados compilados no Quadro 9.

Quadro 9 - Classificação quanto a precisão de aferição de medidas

Ferramenta	Não tira medidas	Medidas Precisas	Medidas relativamente precisas	Medidas pouco precisas
Sketchfab	X			
BIMx		X		
Autodesk Drive		X		
AUGmentecture	X			
AUGIN		X		
Dalux Viewer		X		
XR+	X			

Fonte: Autor (2022)

O Sketchfab, AUGmentecture e XR+ não possuem ferramenta para realizar medições o que os torna menos eficiente quanto a esse quesito que também é essencial ao que é pedido pela NBR 14037 (2014).

BIMx, Autodesk Drive, AUGIN, Dalux Viewer possuem essa ferramenta e com os testes foi captado as medidas de 7,99 m, 8,00 m, 8,002 m, 7,96 m, respectivamente, conforme mostra as Figuras 27 e 28. Nesse quesito o Autodesk drive mostrou-se mais eficiente por

conseguir aferir as medidas no valor exato, entretanto todas estas ferramentas mostraram uma boa eficiência quando vistos segundo os parâmetros de classificação dessa avaliação. Foi inferido também que a variação existente ao valor oficial nos outros aplicativos não decorre necessariamente de os mesmos terem cotas diferentes e sim da facilidade que o usuário pode ter ou não de traçar linhas retas ao medir de forma a conseguir as medidas de maneira exata.

Figura 27 - Testes no BIMx e Autodesk drive



Fonte: Autor (2022)

Figura 28 - Testes no augin e Dalux Viewer



Fonte: Autor (2022)

6 CONCLUSÃO

A realidade virtual e aumentada de fato demonstra seu potencial de ajuda as mais diversas áreas, inclusive a engenharia civil, e como visto mais especificamente ao manual de uso, operação e manutenção de edifícios. Embora existam diversos aplicativos, ferramentas e plataformas disponíveis no mercado para o trabalho do RA e RV, nem todas conseguem dar o devido suporte de qualidade as necessidades dessa área, por isso a importância de delimitar as melhores tecnologias que possam agregar valor ao uso por meio do proprietário da edificação.

Entre as diversas aplicações analisadas cabe destacar o Dalux Viewer como uma das melhores ferramentas disponíveis de forma gratuita, pois em sua versão sem custos consegue entregar um bom número de funções como: aferir medidas, visualizar planta baixa, visualização 3D, passear dentro do imóvel, entre outras. Entretanto, a sua dificuldade quanto ao uso se dá pelo fato de o usuário ter que se cadastrar e pedir a empresa dona do modelo que compartilhe com o mesmo o modelo, o que pode vir a possivelmente desmotivar o usuário, pelo nível de dificuldade exigido.

Para se vencer os problemas da ferramenta anterior, pode-se optar pelo uso da Autodesk drive que oferece também um bom número de funcionalidades e pode ser utilizado direto do navegador do celular, o que torna a ferramenta de uso mais ágil, ocasionando assim que o usuário tenha um interesse maior.

As ferramentas de RA em especial demonstram seu grande potencial de oferecer ao utilizador das mesmas a possibilidade de melhor interação com o mundo real, de maneira a alimentar o lúdico, entretanto, para que se tenha um melhor desempenho ainda se faz necessário a utilização de dispositivos com tecnologias mais avançadas, pois utilizando dispositivos intermediários (como é o caso do celular utilizado nessa pesquisa) se faz necessário a utilização de marcadores impressos para que se tenha uma experiência melhor, o que ao mesmo tempo também leva a uma limitação da ferramenta, visto que só poderá ser visualizada acima do marcador.

De maneira geral a utilização dessas ferramentas para visualização do projeto 3D por meio de realidade virtual e aumentada, demonstrou-se através das pesquisas e testes um atributo muito eficaz para utilização junto do manual do proprietário, visto a facilidade de implementação através de QR-Code - o qual é uma ferramenta já muito difundida e de fácil captação e utilização no celular. São encontradas ainda algumas dificuldades quanto a precisão de algumas ferramentas dos aplicativos, e também a necessidade muitas vezes de que o celular

tenha um suporte maior a algumas tecnologias recentes, isso de maneira geral para as ferramentas que funcionam por aplicativo e não diretamente pelo navegador da internet, porém são problemas menores que também serão resolvidos à medida que a tecnologia vai avançando.

Portanto se demonstrou de grande valia a utilização dessas tecnologias para incremento no manual de uso, operação e manutenção, pois as mesmas conseguem dar suporte a oferecer ao cliente a possibilidade de visualizar alguns recursos que são pedidos que se contenha no manual pela NBR 14037 (2014), e que podem ser dispostos de maneira virtual, oferecendo ao usuário a possibilidade de uma interação maior que a possível através do papel físico. Embora nesse trabalho tenham sido avaliadas especificamente para visualização 3D do projeto arquitetônico, essas ferramentas ainda demonstram poderem auxiliar em outras demandas exigidas pelo manual, como por exemplo, projetos complementares, instruções de manutenção, acesso a planta baixa, entre outras.

Com base nessa pesquisa se percebe o amplo espaço existente dentro do manual do proprietário e dos seus requisitos para aplicabilidade de RA e RV, não se limitando a visualização da modelagem 3D, mais sim possibilitando a retirada de dados de forma prática, bem como auxiliando para momentos de reforma, ou demonstração de outros projetos como o elétrico, hidrossanitário e estrutural, entre tantas outras funções e aplicabilidades que podem ser fonte de estudo de outras pesquisas. Sendo assim, essas tecnologias ainda oferecem suporte para trabalho nos mais diversos tipos de necessidades da construção civil.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 14037**: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações — Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. Rio de Janeiro, 2014.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS-ABNT. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais – Desempenho Parte1: Requisitos. Rio de Janeiro; ABNT, 2011.
- AZUMA, Ronald T. A Survey of Augmented Reality. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, v. 6, n. 4, p. 355-385, 1997. Disponível em: <https://www.cs.unc.edu/~azuma/ARpresence.pdf>. Acesso em: 14 de fev. de 2022.
- AZUMA, Ronald T. *et al.* Recent Advances in Augmented Reality. **IEEE Computer Graphics and Applications**, v. 21, n. 6, p. 34-47, nov/dez de 2001. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/963459>. Acesso em: 14 de fev. de 2022.
- BATISTA, D. T. T. C.; MOTA, P. P.; MOREIRA, L. C. de S. Do projeto ao manual do proprietário: aplicações em realidade aumentada. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 3., 2021, Uberlândia. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2021. p. 1-10. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/sbtic/article/view/630>. Acesso em: 3 ago. 2021.
- BOAS, Y. A. G. V. Overview of virtual reality technologies. *In*: **Interactive Multimedia Conference**. 2012.
- BOTEGA, Leonardo Castro; CRUVINEL, Paulo Estevão. Realidade virtual: histórico, conceitos e dispositivos. *In*: COSTA, Maria Rosa; RIBEIRO, Marcos Wagner S. (org.). **Aplicações de Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: Editora SBC, 2009.
- BRASIL. **Decreto nº 10.306**, de 2 de abril de 2020. Estabelece a utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de disseminação do Building Information Modelling – Estratégia BIM BR. Diário Oficial da União, Brasília, DF, v. 01, n 65, 2020.
- BRASIL. **Lei nº 8078**, de 12 de setembro de 1990. Dispõe sobre a proteção do consumidor e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, v. 01, n. 01, 1990.
- CÂMERA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO-CBIC. **Guia nacional para a elaboração do manual de uso, operação e manutenção das edificações**. Brasília: CBIC, 2014.
- COSTA, Rosa Maria; KAYATT, Pedro; BOGONI, Tales. Hardware. *In*: TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva (org.). **Introdução a Realidade Virtual e Aumentada**. 3. ed. Porto Alegre: Editora SBC, 2020.
- CUPERSCHMID, A.R.M; FREITAS, M. R. de. Possibilidades de uso de Realidade Aumentada Móvel para AEC. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO

PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3.; ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 6., 2013, Campinas. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2013. p. 1-12.

EASTMAN, Chuck *et al.* **Manual de BIM**: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores. Porto Alegre: Bookman, 2014.

ERICSSON. **Ericsson mobility report**. Stockholm: Ericsson, 2021. Disponível em: <https://www.ericsson.com/4a03c2/assets/local/reports-papers/mobility-report/documents/2021/june-2021-ericsson-mobility-report.pdf>. Acesso em 20 de fev. 2022.

ESTEVES JÚNIOR, Álvaro Ricardo Saez; MORAES, Roberta Moraes. Realidade virtual e aumentada em projetos de construção civil. **Revista Científica e-Locução**, v. 1, n. 17, p. 499-509, 10 jul. 2020. Disponível em: <https://periodicos.faex.edu.br/index.php/e-Locucão/article/view/255/199>. Acesso em: 13 dez. 2021.

FREITAS, Márcia Regina de; RUSCHEL, Regina Coeli. Aplicação de realidade virtual e aumentada em arquitetura. **Arquiteturarevista**, v. 6, n. 2, p. 127-135, 2010.

HOUNSELL, Marcelo da Silva; TORI, Romero; KIRNER, Claudio. Realidade Aumentada. *In*: TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva (org.). **Introdução a Realidade Virtual e Aumentada**. 1. ed. Porto Alegre: Editora SBC, 2018.

HOUNSELL, Marcelo da Silva; TORI, Romero; KIRNER, Claudio. Realidade Aumentada. *In*: TORI, Romero; HOUNSELL, Marcelo da Silva (org.). **Introdução a Realidade Virtual e Aumentada**. 3. ed. Porto Alegre: Editora SBC, 2020.

KENSEK, Karen. **Building information modeling**. 1º ed. Londres: Routledge, 17 de abr. de 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.4324/9781315797076>. Acesso em 17 de fev. 2022.

KIRNER, Claudio; KIRNER, Tereza Gonçalves. Evolução e Tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada. *In*: RIBEIRO, Marcos Wagner S.; ZORZAL, Ezequiel Roberto (org.). **Realidade Virtual e Aumentada: Aplicações e Tendências**. Uberlândia: Editora SBC, 2011.

KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson Augusto. Fundamentos de realidade virtual e aumentada. *In*: KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson Augusto (org.). **Realidade Virtual e Aumentada**: conceitos, projeto e aplicações. 1. ed. Porto Alegre: Editora SBC, 2007.

KIRNER, Claudio; TORI, Romero. Fundamentos de realidade aumentada. *In*: TORI, Romero; KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson (org.). **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. 1. ed. Porto Alegre: Editora SBC, 2006.

LAVIOLA, *et al.* 3D user interfaces: theory and practice. 2º Ed. Boston: Addison-Wesley Professional, 2017.

MINISTERIO DA INFRAESTRUTURA (Brasil). **Conceito BIM**. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/bim-no-dnit/o-que-e-o->

TORI, Romero; KIRNER, Claudio. Fundamentos de realidade virtual. *In*: TORI, Romero; KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson (org.). **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. 1. ed. Porto Alegre: Editora SBC, 2006.

VIRTUAL REALITY SOCIETY. History Of Virtual Reality., 2019. Disponível em: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>. Acesso em: 07 de fev. de 2022.

WANG, Xiangyu; ONG, Soh K.; NEE, Andrew YC. A comprehensive survey of augmented reality assembly research. **Advances in Manufacturing**, v. 4, n. 1, p. 1-22, 2016.

Documento Digitalizado Ostensivo (Público)

Trabalho de Conclusão de Curso - Tiago Barreto de Lima

Assunto: Trabalho de Conclusão de Curso - Tiago Barreto de Lima
Assinado por: Tiago Barreto
Tipo do Documento: Tese
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Ostensivo (Público)
Tipo do Conferência: Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- Tiago Barreto de Lima, ALUNO (201712200002) DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL - CAJAZEIRAS, em 03/05/2022 07:46:25.

Este documento foi armazenado no SUAP em 03/05/2022. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 504534

Código de Autenticação: 9e79411b9b

