



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ



LUCAS GREGORY GOMES DE ALMEIDA

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA CRIAÇÃO DE
METAVERSO IMERSIVO COM FOCO EM TREINAMENTOS
INDUSTRIAIS

CURITIBA
2023

LUCAS GREGORY GOMES DE ALMEIDA

DESENVOLVIMENTO DE METODOLOGIA PARA CRIAÇÃO DE
METAVERSO IMERSIVO COM FOCO EM TREINAMENTOS
INDUSTRIAIS

Projeto de dissertação apresentado como resultado parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Manufatura. Curso de Pós-graduação em Engenharia Manufatura, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Fontana Catapan
Coorientador: Prof. Dr. Pablo Deivid Valle

CURITIBA
2023

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Almeida, Lucas Gregory Gomes de

Desenvolvimento de metodologia para criação de metaverso
imersivo com foco em treinamentos industriais. / Lucas Gregory
Gomes de Almeida. – Curitiba, 2023. 1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de
Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Manufatura.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Fontana Catapan
Coorientador: Prof. Dr. Pablo Deivid Valle

1. Realidade virtual. 2. Treinamento. 3. Ambientes virtuais. I.
Catapan, Márcio Fontana. II. Valle, Pablo Deivid. III. Universidade
Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Manufatura. IV. Título.

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585



TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ENGENHARIA DE MANUFATURA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **LUCAS GREGORY GOMES DE ALMEIDA** intitulada: **MÉTODO PARA CRIAÇÃO DE METAVERSO IMERSIVO COM FOCO EM TREINAMENTOS INDUSTRIAIS**, sob orientação do Prof. Dr. MARCIO FONTANA CATAPAN, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 08 de Dezembro de 2022.

Assinatura Eletrônica

21/12/2022 15:17:07.0

MARCIO FONTANA CATAPAN
Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

21/12/2022 16:15:46.0

CRISTIANO VASCONCELLOS FERREIRA
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA -
ENGENHARIA AUTOMOTIVA)

Assinatura Eletrônica

21/12/2022 15:22:13.0

FERNANDO DESCHAMPS
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

21/12/2022 15:11:16.0

INGRID WINKLER
Avaliador Externo (CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC)

Assinatura Eletrônica

21/12/2022 15:02:29.0

PABLO DEIVID VALLE
Coorientador(a) (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

RESUMO

Nos últimos anos, o metaverso tem atraído enorme atenção de todo o mundo com o desenvolvimento de tecnologias relacionadas, como a realidade virtual (RV). Aplicações de metaverso em realidade virtual imersiva, proporcionam experiências compartilhadas onde os usuários podem comunicar e interagir no mesmo espaço virtual. Entretanto, o crescimento do metaverso ainda está começando, com grande potencial de melhoria. Quanto a isso, a indústria já chegou a avançar a discussão, acompanhada de investimento febril, mas há poucas discussões sobre este assunto no meio acadêmico para orientar cientificamente seu desenvolvimento, principalmente quando se trata na aplicação de treinamentos na indústria. Desta maneira, esta pesquisa propõe uma metodologia de desenvolvimento de metaverso em realidade virtual imersiva com foco em treinamentos industriais. Através da metodologia desenvolvida, foi elaborado um metaverso multiplataforma com o intuito de simular um treinamento industrial, validando a metodologia proposta. Foi criado um questionário para validar com outros desenvolvedores se a metodologia que foi desenvolvida nesta pesquisa está compreensível. A metodologia foi enviada junto com o questionário desenvolvido para 7 voluntários que trabalham utilizando motores de jogos. Como resultado, foi possível analisar que até os desenvolvedores com baixa experiência compreenderam o que foi passado na metodologia, demonstrando que com apenas 6 meses de contato com a ferramenta Unreal Engine já é possível desenvolver metaversos imersivos com foco em treinamentos industriais.

Palavras-chave: Metaverso. Realidade Virtual. Imersão. Interação. Treinamento.

ABSTRACT

In recent years, the metaverse has attracted enormous attention from around the world with the development of related technologies such as virtual reality (VR). Metaverse applications in immersive virtual reality, provide shared experiences where users can communicate and interact in the same virtual space. However, the growth of the metaverse is just beginning, with enormous potential for improvement. As for this, the industry has already advanced the discussion, accompanied by feverish investment, but there are few discussions on this subject in academia to scientifically guide its development, especially when it comes to the application of training in the industry. Thus, this research proposes a methodology for developing a metaverse in immersive virtual reality with a focus on industrial training. Through the methodology developed, a multiplatform metaverse was elaborated with the purpose of simulating an industrial training, validating the proposed methodology. A questionnaire was created to validate with other developers if the methodology that was developed in this research is understandable. The methodology was sent along with the developed questionnaire to seven volunteers who work using game engines. As a result, it was possible to analyze that even developers with little experience understood what was passed in the methodology, demonstrating that with only 6 months of contact with the Unreal Engine tool it is already possible to develop immersive metaverses focused on industrial training.

Keywords: Metaverse. Virtual Reality. Immersion. Interaction. Multi-user.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – AMBIENTE MULTIUSUÁRIO	7
FIGURA 2 – METAVERSO ZEPETO.....	11
FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO DA TECNOLOGIA RV/RA ATÉ 2025	13
FIGURA 4 – SISTEMA DE LOCOMOÇÃO: TELETRANSPORTE	14
FIGURA 5 – INTERAÇÃO DO PROFESSOR COM UM QUADRO BRANCO.....	15
FIGURA 6 – PROJEÇÃO DE RECURSOS MULTIMÍDIA NO AMBIENTE IMERSIVO	15
FIGURA 9 – ILUSTRAÇÃO PARA RELAÇÃO ENTRE SERVIDOR/CLIENTE.....	18
FIGURA 10 – ARQUITETURA SERVIDOR/CLIENTE	19
FIGURA 11 – QUATRO USUÁRIOS INTERAGINDO EM UM AMBIENTE MULTIUSUÁRIO EM RV	19
FIGURA 12 – VISÃO DE DENTRO DE UMA APLICAÇÃO MULTIUSUÁRIO IMERSIVA	19
FIGURA 13 – EXEMPLO DE AVATARES	21
FIGURA 14 – FUNÇÕES INTERATIVAS QUE SÃO POSSÍVEIS NA RV	22
FIGURA 15 – SISTEMA DE VOZ	24
FIGURA 16 – FLUXO DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA	25
FIGURA 17 – FLUXOGRAMA DE ESTUDO DA SINTAXE DO TEMA DE PESQUISA.....	26
FIGURA 18 – FILTRAGEM DE DADOS	27
FIGURA 19 – MAPEAMENTO DE DADOS	31
FIGURA 20 – MAPEAMENTO DE DADOS EM RELAÇÃO A TREINAMENTOS	31
FIGURA 21 – MAPA DE DADOS PELO ANO DE PUBLICAÇÃO.....	32
FIGURA 22 – CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	34
FIGURA 23 – MÉTODO PARA A CONDUÇÃO DA DSR.....	34
FIGURA 24 – PASSOS DA DSR APLICADOS A ESTA PESQUISA	35
FIGURA 25 – FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA PROPOSTA.....	39
FIGURA 26 – PROJETO EM REALIDADE VIRTUAL EXECUTADO NO UNREAL ENGINE .	41
FIGURA 27: ESCANEAMENTO 3D A PARTIR DE FOTOGRAMETRIA.....	42
FIGURA 28 – ESTRUTURAS MECÂNICAS POR HARD SURFACE.....	43

FIGURA 29 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA DIGITALIZAÇÃO EM UMA PRENSA.....	43
FIGURA 30 – MODELAGEM DA PRENSA HIDRÁULICA	44
FIGURA 31 – SELEÇÃO DA MODELAGEM DA PRENSA HIDRÁULICA.....	44
FIGURA 32 – SISTEMA DE UNIDADES DO 3DS MAX.....	45
FIGURA 33 – MENU DE EXPORTAÇÃO FBX DO 3DS MAX.....	46
FIGURA 34 – MENU DE IMPORTAÇÃO DO FORMATO FBX PARA O UE4	47
FIGURA 35 – OPÇÕES DE COLISÃO DO UNREAL ENGINE 4	48
FIGURA 36 – CRIAÇÃO DE LOD.....	50
FIGURA 37 – MENU DE UTILIDADES DO 3DS MAX	51
FIGURA 38 – MODIFICADOR <i>LEVEL OF DETAIL</i>	51
FIGURA 39 – SOFTWARES QUE POSSUEM O PLUGIN DE EXPORTAÇÃO DO DATASMITH.....	52
FIGURA 40 – FLUXO DE TRABALHO DO DATASMITH.....	53
FIGURA 41 – FUNÇÃO PARA IMPORTAR ARQUIVOS DATASMITH NO UE4	53
FIGURA 42 – CENA DO UE4 APÓS IMPORTAÇÃO UTILIZANDO DATASMITH	54
FIGURA 43 – PLUGIN DE EXPORTAÇÃO DATASMITH	55
FIGURA 44 – TEMPLATES DO UE4	55
FIGURA 45 – INTERFACE DO UE4 COM CENÁRIO IMPORTADO	56
FIGURA 46 – MODELAGEM AJUSTADA E FINALIZADA NO UE4.....	57
FIGURA 47 – ADVANCED FRAMEWORK NO MARKETPLACE DO UE4	57
FIGURA 48 – INTRODUÇÃO AO ADVANCED FRAMEWORK	58
FIGURA 49 – PLATAFORMAS TESTADAS PELA HUMAN CODEABLE UTILIZANDO O ADVANCED FRAMEWORK	58
FIGURA 50 – EOSLINK.....	60
FIGURA 51 – INTERFACE DE USUÁRIO DO METAVERSO.....	60
FIGURA 52 – FERRAMENTA DE CRIAÇÃO DE IU DO UE4	61
FIGURA 53 – PROGRAMAÇÃO DAS IUS PARA CONEXÃO ONLINE	61
FIGURA 54 – PROGRAMAÇÃO DO SISTEMA DE VOZ VIVOX	62
FIGURA 55 – COMPONENTE <i>DRAG</i>	63

FIGURA 56 – COMPONENTE <i>SELECT</i>	63
FIGURA 57 – MODELO 3D COM CAIXA DE COLISÃO	64
FIGURA 58 – PLACA COM COMPONENTE <i>GRAB</i>	64
FIGURA 59 – IU DESENVOLVIDA PARA O SISTEMA DE AVATARES.....	65
FIGURA 60 – CRIAÇÃO DO SISTEMAS DE AVATARES NO UMG.....	65
FIGURA 61 – PROGRAMAÇÃO DO SISTEMA DE AVATARES	66
FIGURA 62 – <i>PACKAGE PROJECT</i> NO UNREAL ENGINE 4	66
FIGURA 63 – PROJETO PILOTO DE METAVERSO PARA TREINAMENTOS INDUSTRIAIS	68
FIGURA 64 – QUESTÃO 1 DO QUESTIONÁRIO	69
FIGURA 65 – QUESTÃO 2 DO QUESTIONÁRIO	70
FIGURA 66 – QUESTÃO 3 DO QUESTIONÁRIO	70
FIGURA 67 – QUESTÃO 4 DO QUESTIONÁRIO	71
FIGURA 68 – QUESTÃO 5 DO QUESTIONÁRIO	71
FIGURA 69 – QUESTÃO 6 DO QUESTIONÁRIO	72
FIGURA 70 – QUESTÃO 7 DO QUESTIONÁRIO	72

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - STRING DE BUSCA E A QUANTIDADE DE ARTIGOS EM SUAS RESPECTIVAS BASES DE DADOS.....	26
QUADRO 2 - CRITÉRIOS PARA INCLUSÃO E EXCLUSÃO	27
QUADRO 3 – REFERÊNCIAS APÓS FILTRAGEM.....	28

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

3D – 3 Dimensões

AEC – Arquitetura, Engenharia e Construção

EPI – Equipamento de Proteção Individual

IU – Interface de Usuário

MASP - Método de Análise de Solução de Problemas

PDCA – *Plan, Do, Check, Act* (Planejar, Executar, Verificar, Agir)

RV – Realidade Virtual

RVI – Realidade Virtual Imersiva

RBS - Revisão Bibliográfica Sistemática

UE4 – *Unreal Engine 4*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	6
1.1. Formulação do problema	8
1.2. Objetivo do trabalho.....	8
1.2.1. Objetivo geral	8
1.2.2. Objetivos específicos.....	8
1.3. Escopo da dissertação.....	9
1.4. Produto tecnológico	9
1.5. Contribuições do trabalho	9
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	10
2.1. Metaverso 10	
2.2. Realidade virtual	12
2.2.1. Aprendizagem e treinamentos industriais imersivos	13
2.3. Ambientes multiusuários	18
2.3.1. Representação dos usuários	20
2.3.2. Interações sociais	21
2.3.3. Sistema de voz no ambiente multiusuário	23
2.4. Conclusões do capítulo.....	24
3. ABORDAGEM METODOLÓGICA	25
4. MÉTODO DE PESQUISA.....	33
4.1. Caracterização da pesquisa.....	33
4.2. Delineamento da pesquisa.....	35
4.2.1. Etapa 1: motivação	35
4.2.2. Etapa 2: sugestão.....	36
4.2.3. Etapa 3: projeto e desenvolvimento do artefato.....	36
4.2.4. Etapa 4: avaliação e validação	37
4.2.5. Etapa 5: conclusão	38
5. DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA DA METODOLOGIA.....	39
5.1. Motor de jogo.....	40
5.2. Modelagem 3d	41
5.2.1. Escaneamento 3d.....	42
5.2.2. <i>Hard surface</i>	42
5.2.3. Modelagem do experimento	43
5.3. Método de transferência	45

5.3.1. Transferência por fbx.....	46
5.3.2. Transferência por datasmith	52
5.4. Programação da aplicação	57
5.5. Metaverso imersivo.....	59
5.5.1. Sistema de conexão	59
5.5.2. Sistema de voz	62
5.5.3. Interatividade e sistema de avatares	62
5.6. Exportação do projeto multiplataforma.....	66
6. AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO	67
6.1. Experimento i.....	67
7. VALIDAÇÃO DO PROTÓTIPO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	69
7.1. Análise dos resultados	69
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	73
8.1. Recomendações para trabalhos futuros.....	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	75
APÊNDICE I – QUESTIONÁRIO PARA VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA.....	83

1. INTRODUÇÃO

No início de 2020, a pandemia da COVID-19 causou um impacto global, especialmente em empresas comerciais de todos os setores. Em muitas partes do mundo foram impostas medidas preventivas, notadamente o distanciamento social e físico, incluindo a prevenção de reuniões públicas, restrições de viagem e trabalho a partir de casa (TEA et al., 2021).

Devido a isso, a procura do tema metaverso começou novamente. Como a comunicação presencial se torna difícil devido à propagação do vírus, atividades que se pensava serem possíveis apenas offline estão sendo convertidas para a realidade virtual e estão se expandindo rapidamente em vários campos, tais como educação, assistência médica, moda e turismo (KYE et al., 2021).

Com os impactos das medidas de bloqueio para combater a pandemia, a indústria em geral exige soluções inovadoras para manter as atividades e reuniões essenciais em andamento. Foi constatado que as ferramentas tecnológicas que utilizam plataformas on-line são eficazes para a colaboração de projetos remotos em tempo real durante a pandemia (TEA et al., 2021). Essa colaboração de projetos remotos em tempo real pode estar dentro de um metaverso imersivo e interativo através da tecnologia da Realidade Virtual (RV).

Segundo Born et al. (2019), a moderna tecnologia da Realidade Virtual Imersiva (RVI) permite que pessoas nos domínios profissionais e de entretenimento interajam simultaneamente nesses mundos, mesmo que estejam fisicamente separadas. Entretanto, os avanços tecnológicos no desenvolvimento de displays montados sobre a cabeça eventualmente levam a um número crescente de casos de uso, que permitem facilmente a interação de múltiplos usuários posicionados em um mundo virtual compartilhado. Os metaversos que utilizam a RVI podem combinar espaços 3D com uma representação virtual de um usuário, como demonstra a FIGURA 1.

FIGURA 1 – AMBIENTE MULTIUSUÁRIO



Fonte: O Autor (2022).

Entende-se que há a possibilidade de se aplicar essa tecnologia imersiva em uma plataforma multiusuário como o metaverso para a melhoria da capacitação e retenção de informação de certas aplicações. Porém para desenvolver tal aplicação há vários parâmetros a serem considerados, pois as aplicações multiusuários introduzem desafios relacionados ao desempenho da rede, à sincronização entre usuários e à segurança do sistema (PARTHASARATHY et al., 2020)

Segundo Duan et al. (2021), o foco explosivo e os investimentos na indústria do metaverso acelerariam o desenvolvimento e o avanço de tecnologias relacionadas, mas este rápido progresso também leva a muitos problemas. Assim, a academia tem a responsabilidade de estudar os problemas relacionados e dar conselhos para instruir sobre o desenvolvimento do metaverso. Ainda, a falta de discussões sobre o metaverso no meio acadêmico para orientar cientificamente seu desenvolvimento também é um grande problema.

Segundo Paniago (2008), nos trabalhos dentro da manufatura, existe, entre as dificuldades normais das tarefas, uma necessidade de questionar as formas de solucionar os problemas que aparecem, de direcionar a busca às melhores práticas e de verificar se acontecem estas práticas, uma vez padronizadas corretamente.

Paniago (2008) também cita que que as atividades acontecem de forma, muitas vezes, desordenadas. Para se entender o que realmente acontece, basta se colocar na posição de observação participante e perceber a necessidade de metodologias ou ferramentas para se direcionar mais eficazmente os resultados.

Este documento pretende apresentar uma metodologia para o desenvolvimento de um metaverso imersivo, com foco em apoiar a colaboração remota em treinamentos industriais.

1.1. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A pesquisa tem como problema motivador responder a seguinte pergunta: “Em uma época pós-pandemia, como é possível desenvolver um metaverso imersivo para ajudar treinamentos industriais?”.

1.2. OBJETIVO DO TRABALHO

Com base na pergunta descrita no item 1.1, aqui é apresentado o objetivo geral e, em seguida, os objetivos específicos.

1.2.1. OBJETIVO GERAL

Propor uma metodologia para o desenvolvimento de um metaverso imersivo com foco em treinamentos industriais.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos têm-se:

- a. Através da fundamentação teórica apresentar a necessidade de uma metodologia para se desenvolver um metaverso imersivo onde é possível se obter interações sociais, representação visual e diálogo entre as pessoas, com fim de melhorar treinamentos industriais.
- b. Propor um método de desenvolvimento de um metaverso imersivo, com foco em treinamentos industriais.
- c. Desenvolver um metaverso imersivo através da metodologia proposta.
- d. Aplicar a metodologia proposta com desenvolvedores de aplicações que utilizam metaverso, de diferentes níveis de conhecimento na área, para verificar a sua aplicabilidade em forma de um teste piloto.

1.3. ESCOPO DA DISSERTAÇÃO

Este trabalho se limita até a proposta e aplicação da metodologia para treinamentos industriais, a eficácia de um treinamento industrial imersivo será tratada em trabalhos futuros, como já vem sendo pesquisada no próprio Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Manufatura (PPGEM) da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

1.4. PRODUTO TECNOLÓGICO

Como produto tecnológico, será desenvolvido método para se desenvolver metaversos imersivos com foco em treinamentos industriais, que será capaz de melhorar a capacitação no setor industrial. Essa ferramenta poderá, futuramente, melhorar a qualidade de aplicação de treinamentos industriais.

1.5. CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO

Como contribuições do trabalho, pode-se dividir em duas situações, como a acadêmica, onde servirá como referência para futuras pesquisas em relação a metaversos imersivos. A outra situação seria a contribuição para a indústria, pois com o produto tecnológico a ser desenvolvido, a indústria poderá melhorar resoluções de problemas em seus setores.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo será abordado toda a fundamentação teórica necessária para o desenvolvimento da metodologia proposta na pesquisa. É destacado o metaverso, a imersão através da Realidade Virtual e as vantagens de a utilizar na aprendizagem, criando uma conexão dos treinamentos industriais. Também é comentado sobre ambientes multiusuários, com foco na representação dos usuários, suas interações sociais e a importância de um sistema de voz no mesmo.

2.1. METAVERSO

Segundo Kye et al. (2021), o conceito metaverso apareceu pela primeira vez em 1992 no romance de ficção científica *Snow Crash* do romancista americano Neal Stephenson. Seus personagens tornam-se avatares e trabalham numa realidade virtual tridimensional (3D), e a esta realidade virtual 3D chama-se o metaverso. O metaverso refere-se a uma realidade virtual existente para além da realidade. É uma palavra composta de "meta", que significa transcendência e virtualidade, e "universo". Este termo refere-se ao mundo digitalizado como um novo universo expresso através de meios digitais, tais como smartphones e a Internet (KYE et al., 2021).

Devido à prolongada pandemia da COVID-19, não é fácil ter reuniões particulares com muitas pessoas ou comer juntos em um restaurante. No entanto, em metaversos, centenas de milhares ou dezenas de milhões de pessoas podem se reunir para fins de trabalho ou até mesmo para lazer. É previsto que os metaversos vão mudar nossa vida diária e nossa economia para além do universo dos jogos e entretenimento. Além disso, todas as atividades sociais, culturais e econômicas estão mudando para as novas plataformas de metaverso (KYE et al., 2021).

Um exemplo disso é o metaverso Zepeto, que é uma plataforma representativa na Coreia de realidade virtual com avatares operada pela Naver Z, conforme demonstra a FIGURA 2. Esse metaverso pode proporcionar um novo espaço social virtual de encontro e relaxamento com outros usuários para pessoas que não podem sair. Esse metaverso foi lançado em 2018 e nele é possível criar "avatares 3D" usando reconhecimento facial e realidade aumentada (KYE et al., 2021).

Segundo Kye et al. (2021), quando as escolas foram fechadas devido à COVID-19 e os alunos não puderam frequentá-la, o "Mapa da Sala de Aula" entre vários mapas 3D em Zepeto era o mais popular. Em vez de ir para o espaço físico, os alunos foram para a sala de aula virtual. Eles se encontravam e se comunicavam com seus amigos.

Outro aproveitamento das vantagens dos ambientes virtuais foi no universo da música. O grupo musical Blackpink realizou um evento virtual para fãs através do Zepeto, pois na época não era permitido concertos devido a aglomeração de pessoas (KYE et al., 2021).

FIGURA 2 – METAVERSO ZEPETO



Fonte: Kye et al. (2021).

Seguindo a tendência, o Facebook mudou seu nome para Meta em outubro de 2021, anunciando uma nova era de interação social, possibilitada pela tecnologia do metaverso que parece estar pronta para se tornar o futuro polo principal de interação social on-line (KRAUS et al., 2022).

Segundo Kraus et al. (2022), o anúncio imprevisto apresentou um novo foco da empresa, visando "dar vida ao metaverso e ajudar as pessoas a se conectar, encontrar comunidades e ampliar seus negócios". De acordo com a empresa, agora denominada Meta, o metaverso se assemelhará a uma mistura das experiências sociais on-line de hoje, em um espaço tridimensional ou projetado no mundo real. Como tecnologia, este novo veículo pode influenciar significativamente as conexões entre os usuários e a

plataforma ao abordar os sentidos visual e auditivo, ao mesmo tempo em que permite interações baseadas no movimento e no tato.

2.2. REALIDADE VIRTUAL

Segundo Birt e Vasilevski (2021), a Realidade Virtual (RV) é uma tecnologia que permite ao usuário interagir com um ambiente simulado por computador. Recentemente, a RV é muito utilizada em educação e treinamento, comumente associada a seus ambientes imersivos, altamente visuais, tridimensionais (3D). Como um novo meio de aprendizado, a RV pode proporcionar aos alunos uma experiência de mão na massa com seu caráter interativo, o que pode melhorar efetivamente o desempenho do aprendizado. A prática de tarefas no ambiente virtual ajuda a facilitar a aprendizagem e ajuda na transferência desse conhecimento para a vida real.

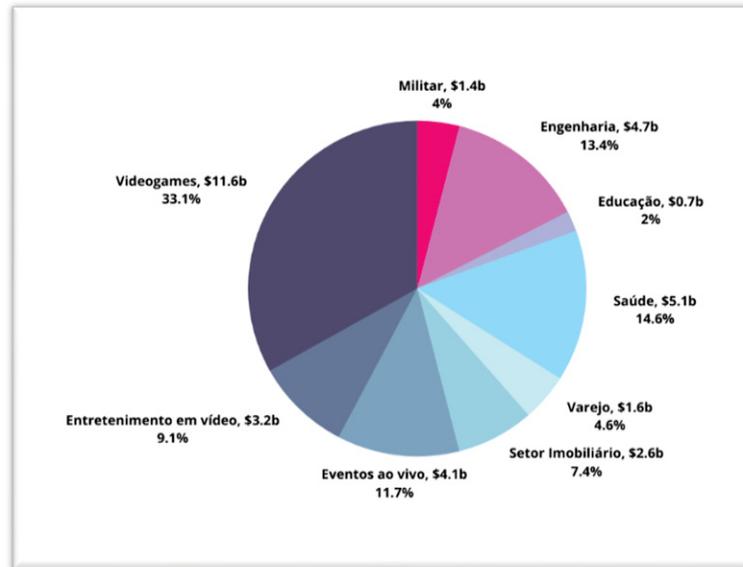
Birt e Vasilevski (2021) comentam que Slater e Sanchez-Vives (2016) veem a discussão da imersão exclusivamente relacionada às possibilidades técnicas do sistema RVI e que a imersão pode dar origem à subjetividade nos usuários e é, portanto, uma correlação subjetiva à presença. Ou seja, se os participantes percebem o uso de seu corpo dentro do RVI de forma mais natural, então o sistema perceptivo do corpo é percebido como estando lá.

Birt e Vasilevski (2021) e Johnson-Glenberg (2018) concluem que o movimento e os gestos de corpo inteiro proporcionam ações e aprendizados ainda mais criativos em 3D com maior presença correlacionando-se com níveis mais elevados de personificação. Isto é examinado em seu trabalho posterior, onde a escolha da plataforma VR afeta a incorporação e o aprendizado (Johnson-Glenberg et al., 2020).

Mastro et al. (2021) citam que as aplicações de Realidade Virtual têm surgido em todos os setores do mercado. Gigantes como Microsoft, Google e Facebook estão cada vez mais investindo na tecnologia, ajudando a desencadear desenvolvimentos contínuos em hardware e software. Enquanto as indústrias de entretenimento, mídia e moda têm sido até agora os principais beneficiários, a tecnologia RV também está hoje impactando a produção e os locais de trabalho, melhorando o treinamento e assegurando fluxos de trabalho suaves, com consequentes impactos positivos no crescimento do mercado. Da mesma forma, os jogos RV estão se mostrando úteis para incentivar o comportamento de promoção da saúde física entre os jovens. Mastro et al.

(2021) previram a seguinte a distribuição da tecnologia RV/RA até 2025, como mostra a FIGURA 3.

FIGURA 3 – DISTRIBUIÇÃO DA TECNOLOGIA RV/RA ATÉ 2025



Fonte: Adaptado de Mastro et al. (2021).

É possível perceber, através da FIGURA 3, que o setor de engenharia é a maior parcela desse gráfico, após a de videogame. Segundo Tea et al. (2021), na indústria AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção), a realidade virtual (RV) desempenhou um papel importante e avançou rapidamente como uma tecnologia digital chave, particularmente para visualização arquitetônica e treinamentos industriais.

Conforme é comentado na formulação de problema desta pesquisa, há a necessidade também de um estudo aprofundado relacionado a treinamentos industriais, que é feito no item a seguir, com foco na sua conexão com o metaverso e aprendizagem.

2.2.1. Aprendizagem e treinamentos industriais imersivos

Segundo Birt e Vasilevski (2021), unificar as habilidades dos aprendizes com ambientes profissionais do mundo real é difícil e complexo. Isto se deve a uma combinação de fatores como preocupações de segurança, custos com pessoal, questões de responsabilidade, trabalho repetitivo e feedback contextual situado.

De acordo com Birt e Vasilevski *apud* Radianti et al. (2021) as características da RVI e aprendizagem são de interatividade, presença, imersão e interação de atributos técnicos como qualidade gráfica, enquadramento e campo de visão sobre o senso de

consciência individual associado a seus traços de personalidade. Os autores observaram que a imersão é a mais subjetiva das características.

Birt e Vasilevski (2021) e Schott e Marshall (2018) reconhecem que é possível entender melhor a educação experiencial como filosofia, que aceita a ideia de que os alunos precisam interagir com o mundo para compreendê-la. Portanto, se os ambientes de aprendizagem cognitiva imersiva são realizáveis usando a tecnologia que a literatura de visualização e simulação sugere, então o desafio é conseguir alternativas à aprendizagem situada no mundo real através de uma combinação de desenho de tarefas e ambientes interativos e imersivos.

Birt e Vasilevski (2021) e Dalgarno e Lee (2010) destacam o impacto da imersão e fidelidade na função de aprendizagem ativa superior dos participantes, mostrando que à medida que a imersão aumenta, o mesmo acontece com a aprendizagem.

Segundo Birt e Vasilevski (2021) e Huang et al. (2019) observaram que "os ambientes virtuais têm o potencial como plataforma educacional para simulações do mundo real, treinamento profissional, interação síncrona e colaboração global para fornecer experiências de aprendizagem interativas e imersivas e para melhorar o engajamento dos aprendizes".

Ortiz et al. (2018) em sua pesquisa demonstra algumas interações que facilitam a orientação de professores em ambientes multiusuários, como o sistema de locomoção que permite que o professor supervisione o trabalho realizado por cada aluno a partir seu respectivo módulo utilizando técnicas de locomoção como teletransporte (FIGURA 4).

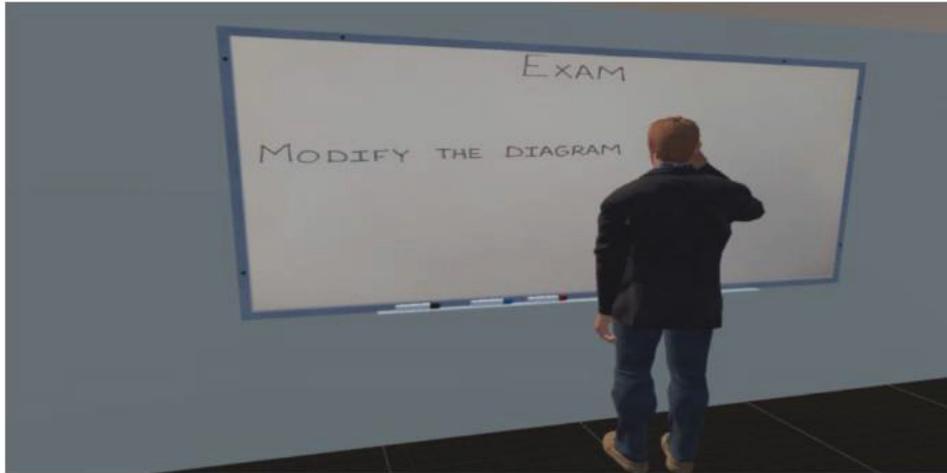
FIGURA 4 – SISTEMA DE LOCOMOÇÃO: TELETRANSPORTE



Fonte: Ortiz et al. (2018).

Além disso, Ortiz et al. (2018) comentam sobre uma de suas interações imersivas desenvolvida em sua pesquisa que é um quadro branco virtual, onde o professor através de um marcador virtual pode fazer por exemplo diagramas pneumáticos, explicar diferentes metodologias ou técnicas, permitindo ao professor interagir com o aluno como mostrado na FIGURA 5.

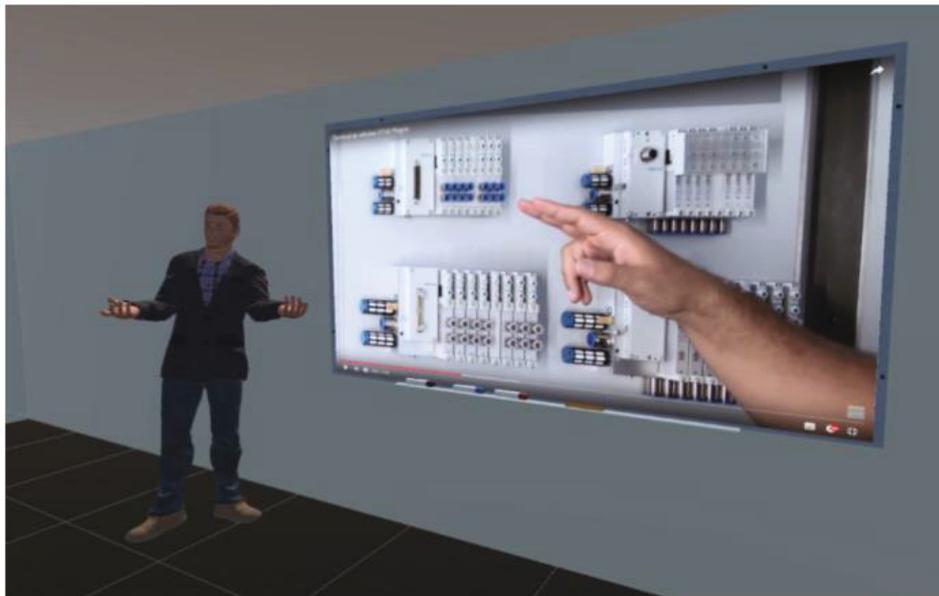
FIGURA 5 – INTERAÇÃO DO PROFESSOR COM UM QUADRO BRANCO



Fonte: Ortiz et al. (2018).

O mesmo quadro branco é usado como tela de projeção para recursos multimídia hospedados na web ou localmente. Na primeira interação, é apresentado um vídeo do YouTube, mostrando as instruções de segurança para a entrada e uso do laboratório (FIGURA 6).

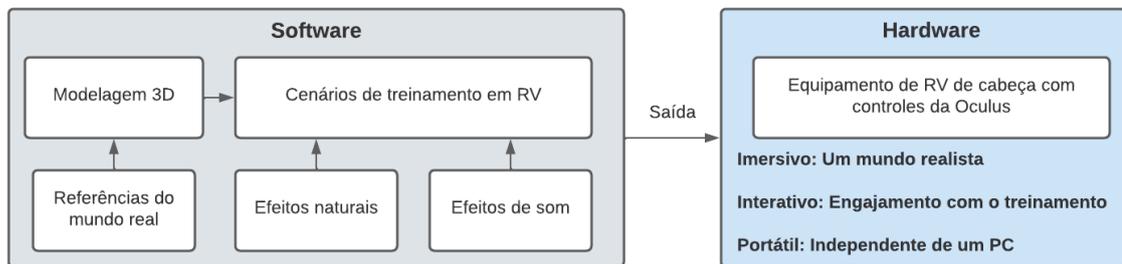
FIGURA 6 – PROJEÇÃO DE RECURSOS MULTIMÍDIA NO AMBIENTE IMERSIVO



Fonte: Ortiz et al. (2018).

Xu e Zheng (2021) comentam que desenvolvimento de uma plataforma de treinamento em RV consiste em três partes principais: uma etapa de modelagem tridimensional (3D), o processo de renderização do ambiente para RV, e a programação do sistema de treinamento. Xu e Zheng (2021) utilizaram os softwares 3Ds Max e Unity 3D para a construção do sistema e sons do mundo real foram reunidos para criar o ambiente virtual. Com relação ao hardware, eles utilizaram o Meta Quest devido a sua portabilidade e desempenho de processamento 3D. Xu e Zheng (2021) demonstram a arquitetura da plataforma na FIGURA .

FIGURA 7 – ARQUITETURA DE PLATAFORMA DE TREINAMENTO EM RV



Fonte: Adaptado de Xu e Zheng (2021).

Xu e Zheng (2021) citam a importância de uma interface do usuário (IU). Em seu projeto, foi introduzida uma IU no início da sessão de treinamento para lembrar o estagiário de colocar o equipamento de proteção individual (EPI). Nesta cena, todas as funções do EPI seriam mencionadas, e a instrução de uso do hardware também seria reproduzida através de um áudio. A FIGURA mostra a cena da IU do programa de treinamento, bem como os dispositivos suportados – O equipamento Meta Quest 2 e seus controles.

FIGURA 8 – CENA DEMONSTRANDO A IU E OS EQUIPAMENTOS DE RV SUPORTADOS



Fonte: Xu e Zheng (2021).

Quanto à eficiência em treinamentos industriais em metaverso imersivos, Catapan et al. (2021) fizeram uma pesquisa bibliográfica sobre o assunto. Inicialmente esse estudo contou com mais de 200 artigos e depois com todos os filtros de uma RBS reduziu para 21 na área, foram achados alguns argumentos da literatura que validam o uso desta tecnologia digital na área industrial. A saber:

- A realidade virtual melhora a retenção do conhecimento em 80% (SANKARANARAYANAN et al., 2018);
- Alunos que usam a realidade virtual no treinamento, ficam 275% mais confiantes para agir de acordo com que aprendem após o curso (CHAI et al., 2017);
- O treinamento com realidade virtual é, em média, quatro vezes mais rápido, quando comparado com ele em sala de aula (CHAI et al., 2017);
- Num treinamento de combate a incêndio em uma sala de cirurgia, os alunos, quando treinados com realidade virtual, são 250% melhores quando comparados com o mesmo curso ministrado com leitura e/ou palestra tradicional (SANKARANARAYANAN et al., 2018);
- Quando os alunos usam a realidade virtual em treinamentos, esses ficam 400% mais focados do que alunos com metodologias tradicionais (CHAI et al., 2017);
- Pessoas treinadas por realidade virtual tiveram erros de desempenho inferiores em maior precisão, em comparação com aqueles treinados por abordagens convencionais (SANKARANARAYANAN et al., 2018);
- Alunos que usam realidade virtual são aproximadamente quatro vezes mais emocionalmente conectados ao conteúdo do que os alunos na sala de aula (CHAI et al., 2017);
- A simulação de realidade virtual melhora significativamente o desempenho de aprendizagem em comparação com o treinamento de simulação baseado em tela (GUTIÉRREZ et al., 2007).

Conforme o exposto neste item, a imersão é a característica mais subjetiva e é diretamente proporcional a aprendizagem. Este item demonstra que simples interações podem facilitar a orientação de profissionais em ambientes multiusuários como sistema de locomoção por meio de teletransporte, interação imersiva através de um quadro branco virtual e uma tela de projeção para recursos multimídia podem ajudar a melhorar a qualidade de treinamentos industriais que em uma época de pandemia é difícil de se

manter presencial. A possibilidade de se fazer esses treinamentos de uma forma imersiva e multiusuário agrega valor para a retenção de informação passada.

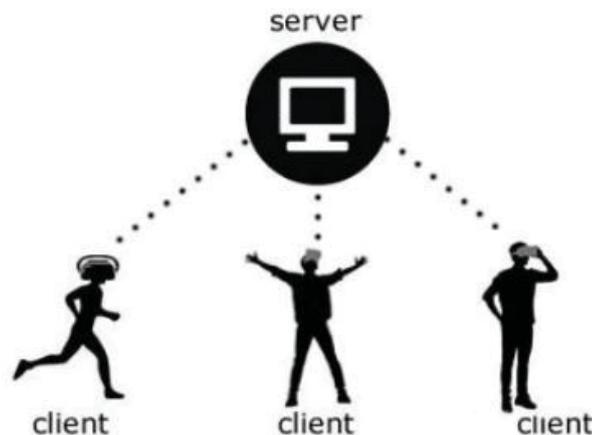
2.3. AMBIENTES MULTIUSUÁRIOS

Segundo Novotny et al. (2020), conforme a popularidade da realidade virtual aumenta, a necessidade de experiências mais diversificadas também aumentará, o que levará a uma necessidade de experiências multijogadores, que anteriormente eram subexploradas.

As interações sociais entre os participantes são um elemento-chave da interação colaborativa, e podem ser aprimoradas por meio de recursos específicos da RV, tais como visão compartilhada, contribuição e comunicação (BRENNER et al., 2021).

Uma das formas de se transformar uma experiência imersiva em um ambiente multiusuário é através de uma arquitetura de conexão servidor/cliente que Lin et al. (2019) ilustra na FIGURA 7.

FIGURA 7 – ILUSTRAÇÃO PARA RELAÇÃO ENTRE SERVIDOR/CLIENTE

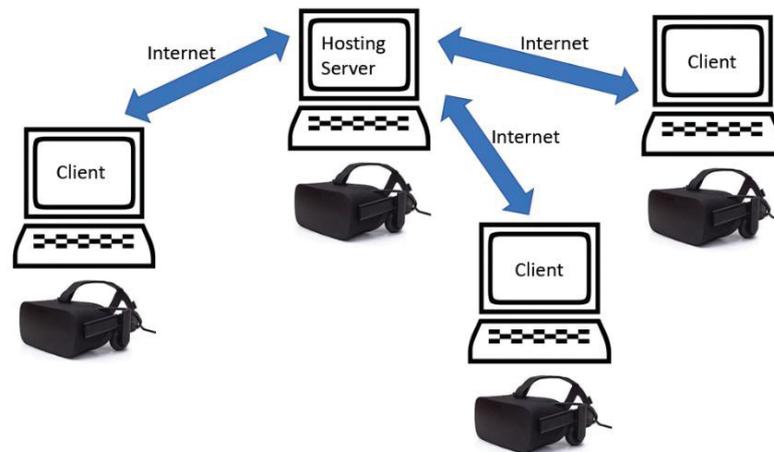


Fonte: Lin et al. (2019).

Segundo Lin et al. (2019), primeiro, no servidor, seleciona-se uma porta de rede aberta. Esta porta deve estar sempre aberta e é acessível para qualquer pessoa que tente se conectar. Quando alguém se conecta, ele cria uma linha dedicada, com um soquete conectando-se a esse cliente. Quando esse cliente perde a conexão, ele fecha a linha.

Zhao et al. (2020) também demonstra na FIGURA 8 uma arquitetura servidor/cliente como quatro usuários podem interagir juntos em RV.

FIGURA 8 – ARQUITETURA SERVIDOR/CLIENTE



Fonte: Zhao et al. (2020).

Esses usuários se conectam em um servidor dedicado e podem interagir entre eles em um ambiente multiusuário, como demonstra a FIGURA 9 e FIGURA 10.

FIGURA 9 – QUATRO USUÁRIOS INTERAGINDO EM UM AMBIENTE MULTIUSUÁRIO EM RV



Fonte: Zhao et al. (2020).

FIGURA 10 – VISÃO DE DENTRO DE UMA APLICAÇÃO MULTIUSUÁRIO IMERSIVA



Fonte: Zhao et al. (2020).

A FIGURA 9 demonstra os usuários utilizando equipamentos de RV para se imergir em um ambiente multiusuário, e a FIGURA 10 é uma imagem da visão em RV de três usuários interagindo em um ambiente multiusuário, pela perspectiva do quarto usuário.

Conforme o comentado neste item, com o crescimento de experiências multiusuários devido a popularização da RV, é possível ver que há uma necessidade de se dar foco nas interações sociais entre os participantes pois são um elemento-chave da interação colaborativa, e isto pode ser feito através de uma arquitetura de conexão servidor/cliente.

2.3.1. Representação dos usuários

Uma questão essencial na compreensão de como desenvolver e construir uma RVI multiusuário é reconhecer como as pessoas realizam ações em conjunto, e o impacto da dinâmica social e do comportamento de preços é frequentemente estudado através de avatares virtuais (BUCK et al., 2019). O grau de personalização, realismo e fidelidade gráfica do avatar está significativamente relacionado à propriedade, presença e agência em ambientes virtuais imersivos (WALTEMATE et al., 2018).

Quando um usuário está imerso em um ambiente virtual, há muitas escolhas quando se trata de como representar o corpo desse usuário no ambiente. Há uma boa pesquisa sobre as implicações e vantagens de usar diferentes níveis de representação do próprio corpo de um usuário no ambiente quando se trata de imersão, consciência virtual e custo de computação. Em experiências de jogador único, o aumento da complexidade dos avatares dos jogadores não ganha nenhuma vantagem significativa em termos de imersão, ao mesmo tempo em que vem ao custo da performance - algo muito importante na imersão virtual. Mas nas experiências multiusuários, há uma questão inexplorada de como os corpos dos outros usuários devem ser representados e o que precisa ser realizado para tornar esse nível de detalhe possível (NOVOTNY et al., 2020).

Gochfeld et al. (2019) em sua pesquisa averiguou através de um estudo com atores de teatro que entre 4 formas de avatar, conforme demonstra a FIGURA 11.

FIGURA 11 – EXEMPLO DE AVATARES



Fonte: Adaptado de Gochfeld et al. (2019).

Na FIGURA 11, é demonstrado há 3 das 4 formas citadas pelo autor: a semi realista/foto realista (no canto superior esquerdo); a caricaturada, que são máscaras larvais¹ (no canto direito superior) e a representação humana abstrata (no canto inferior esquerdo). Foi citado também pelo autor a forma de avatar semi caricaturada, porém não foi demonstrado em figura. Os atores relataram que tiveram uma maior satisfação trabalhando com a máscara larval, os estilos abstrato e semi caricaturado. Ou seja, nenhum ator preferiu a utilização dos avatares realistas, mostrando que é possível ter uma representação imersiva sem a necessidade de forçar graficamente as aplicações de RVI.

2.3.2. Interações sociais

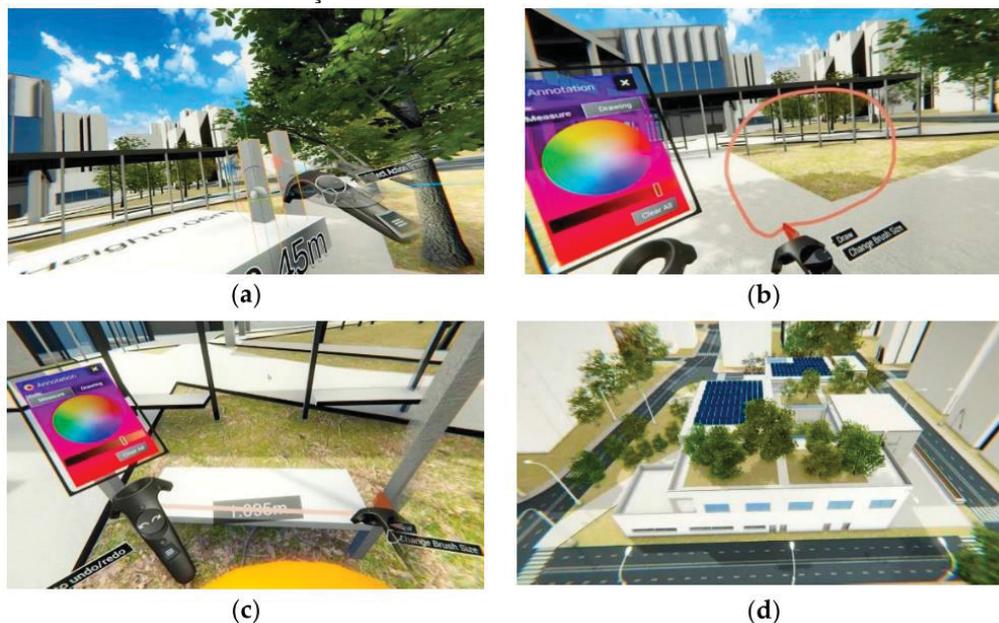
Com vários usuários em uma experiência virtual, torna-se importante para eles poder interagir de uma maneira esperada. Isto inclui ter uma replicação perfeita do ambiente, esquemas semelhantes de interação entre usuários e feedback para que os jogadores saibam que estão interagindo com outro jogador. Uma estrutura de Realidade Virtual multiusuário deve procurar implementar estes objetivos de forma

¹ Segundo Gochfeld et al. (2019), máscaras Larvais são máscaras de rosto inteiro derivadas de máscaras carnavalescas e adaptadas para uso teatral por Jacques Lecoq. Elas têm características grandes e simplificadas que sugerem um amplo movimento e um caráter ingênuo.

eficiente e permitir outros tipos de interações sociais com facilidade (NOVOTNY et al., 2020).

Keung et al. (2021) em seu estudo desenvolveu quatro funções interativas por meio de codificação e programação intensiva para melhorar a revisão de projetos e a eficácia da colaboração. As funções são características feitas sob medida que facilitam aos usuários revisar o projeto com seus membros de equipe de forma interativa. Um exemplo disso pode ser visto na FIGURA 12.

FIGURA 12 – FUNÇÕES INTERATIVAS QUE SÃO POSSÍVEIS NA RV



Fonte: Keung et al. (2021).

A primeira função conforme é demonstrada na FIGURA 12 (opção (a)) é a criação primitiva com manipulações de objetos. Esta ferramenta permite que diferentes objetos com formas padrão, tais como cubos, retângulos, esferas e setas, sejam criados em qualquer dimensão no ambiente virtual. Os objetos criados podem ser realocados em qualquer lugar ou em qualquer direção pelos usuários, sem limitações. Esta ferramenta visa desbloquear a criatividade do usuário durante o processo de revisão do projeto. Os usuários também podem revisar diferentes opções de design com seus membros de equipe, tomando decisões de forma eficiente e menos onerosa.

A segunda função conforme é exemplificada na FIGURA 12 (opção (b)) é a ferramenta de anotação 3D. As anotações podem ser criadas em qualquer objeto ou mesmo no ar do ambiente virtual por meio de marcações no estilo de caneta. Diferentes tamanhos de pincel e cores de caneta podem ser escolhidos para realizar melhor anotações e efeitos de esboço ao discutir detalhes de design. Estas funções podem

ser feitas empregando o componente renderizador de linha do software para criar linhas sincronizadas em tempo real entre multiusuários.

A terceira função conforme está na FIGURA 12 (opção (c)) é a ferramenta de medição. Esta ferramenta oferece uma rápida decolagem de quantidade no ambiente virtual, e uma linha indicadora virtual é fornecida para que o ponto de partida possa ser mais preciso. Este tipo de medição livre (ou seja, em qualquer direção, x, y ou z) não seria possível em nenhum software de autoria 2D ou 3D. A ferramenta pode ser aplicada para resolver conflitos de projeto, determinando distâncias de espaçamento e tamanhos mínimos, tais como posições de tubulações e aberturas de portas de elevação.

A última função que aparece na FIGURA 12 (opção (d)) é o modo de modelo em escala para visualização em pequena escala de modelos para visão geral do projeto. O modo de modelo em escala é outra forma de navegação que pode substituir o teletransporte. Esta função permite aos usuários visualizar todo o edifício como um modelo físico para entender melhor o projeto geral para análise estratégica e visão geral do projeto. O modo de modelo em escala também permite que os usuários visualizem qualquer seção específica em uma inspeção mais próxima e detalhada. Por exemplo, os usuários podem utilizar o modo de modelo em escala para modificar algo no projeto ou mesmo medir alturas inteiras do edifício que não seriam possíveis em situações do mundo real. A função de escala permite ainda que os usuários revisem o ambiente virtual em diferentes escalas, fazendo zoom in ou out. A FIGURA 12 mostra as funções interativas do sistema e ilustra como elas são manipuladas no ambiente virtual.

2.3.3. Sistema de voz no ambiente multiusuário

Outra forma de interação que se pode desejar ter em um ambiente virtual multiusuário é a fala. Na realidade, todo aparelho moderno feito para Realidade Virtual tem uma matriz de microfones embutida com este propósito em mente, o que significa que o sistema de voz é acessível a todos (NOVOTNY et al., 2020).

Ortiz et al. (2018) citam o sistema desenvolvido em seu estudo que permite comunicação bilateral entre professor e estudante através de um sistema de voz ilustrado na

FIGURA 13.

FIGURA 13 – SISTEMA DE VOZ



Fonte: Ortiz et al. (2018).

Esse sistema desenvolvido por Ortiz et al. (2018) oferece um áudio 360 graus que permite ouvir efeitos sonoros como reverberação, eco, distorção, entre outros, que são gerados quando a fonte de áudio está longe do ouvinte de áudio, o que torna a experiência imersiva e intuitiva para a troca de informações por voz.

Para que um metaverso imersivo tenha o devido impacto, há a necessidade de aplicar todos os itens citados acima: Ambiente multiusuário, representação do usuário, interações sociais e sistema de voz multiusuário.

2.4. CONCLUSOES DO CAPÍTULO

Através da fundamentação teórica é possível entender as vantagens de se utilizar a tecnologia da realidade virtual imersiva em conjunto com o metaverso. É também demonstrado a necessidade se de ter ambientes multiusuários em metaversos, com a possibilidade de se ter uma representação dos usuários, interações imersivas e um sistema de voz multiusuário. Foi demonstrado a conexão, necessidade e vantagens de se utilizar o metaverso imersivo em treinamentos industriais com foco na aprendizagem.

A metodologia proposta a ser desenvolvida nesse estudo pretende utilizar como base esses conceitos para que se haja um impacto maior na utilização da tecnologia. A seguir será discutido a abordagem metodológica da pesquisa, onde será feita a Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) sobre o assunto.

3. ABORDAGEM METODOLÓGICA

Para realização da revisão de literatura sobre metaverso e ambientes multiusuários em Realidade Virtual, foi utilizado o método RBS.

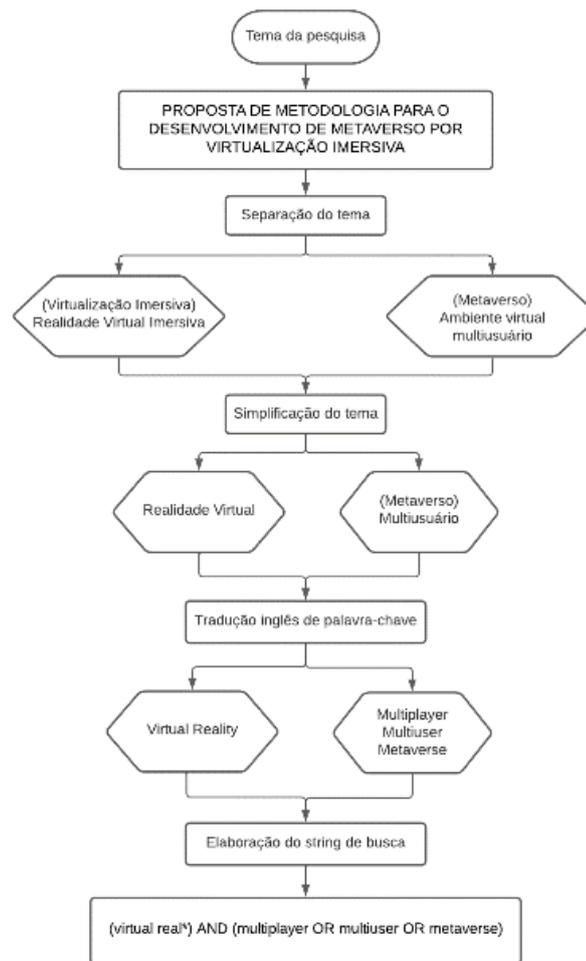
Como pode ser visto na FIGURA 14, desenvolvida por Catapan et al. (2021), foi dividida em quatro etapas. O primeiro corresponde ao protocolo de revisão. O segundo à coleta de dados. O terceiro é a filtragem dos dados. Por fim a síntese dos dados.



Fonte: Catapan et al. (2021).

Na fase de protocolo de revisão, como pode ser visto na FIGURA 15, inicia-se com a realização de um estudo da sintaxe do tema de pesquisa. Isso para gerar uma *string* de busca em diferentes bases de dados. Como é um assunto relativamente recente por conta da adição do assunto relacionado a multiusuário, foi simplificado o tema para uma maior quantidade de artigos a serem filtrados, onde será feito a relação ao tema de capacitação, treinamento e solução de problemas.

FIGURA 15 – FLUXOGRAMA DE ESTUDO DA SINTAXE DO TEMA DE PESQUISA



Fonte: O Autor (2021).

Como fontes de coletas de dados, as bases de dados escolhidas para este estudo são: Scopus e Web of Science. Estas foram selecionadas por se tratar de uma das bases de dados mais completas do mundo em número e qualidade de artigos. Como pode ser visto no QUADRO 1, em cada base de dados foi feita uma busca com uma *string*, obtendo-se 1509 artigos para Scopus e 603 artigos para Web of Science.

QUADRO 1 - STRING DE BUSCA E A QUANTIDADE DE ARTIGOS EM SUAS RESPECTIVAS BASES DE DADOS

String de busca	Scopus	Web of Science	Total
(virtual real*) AND (multiplayer OR multiuser OR metaverse)	1509	603	2112

Fonte: O Autor (2022).

Quanto às filtragens de dados, os critérios iniciais de inclusão e exclusão para este estudo são apresentados no QUADRO 2.

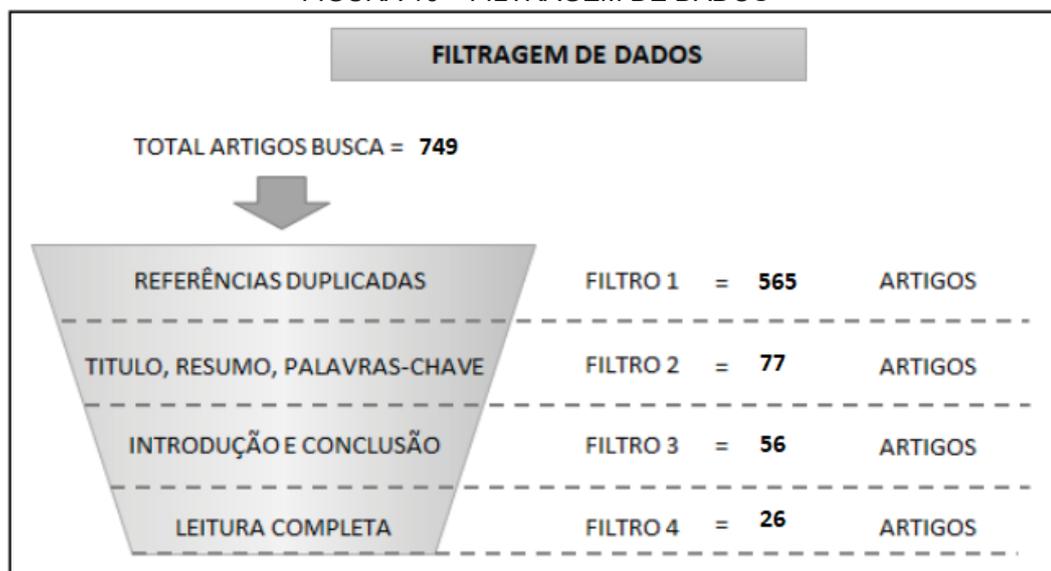
QUADRO 2 - CRITÉRIOS PARA INCLUSÃO E EXCLUSÃO

	Crítérios para inclusão	Crítérios para exclusão
Escopo	Pesquisas que abordam o tema relacionado a utilização da realidade virtual imersiva em cenários multiusuários, com foco em treinamentos, capacitação, solução de problemas ou no desenvolvimento e testes de aplicações multiusuário.	Pesquisas que não abordam o tema relacionado a utilização da realidade virtual imersiva em cenários multiusuários, com foco em treinamentos, capacitação, solução de problemas ou no desenvolvimento e testes de aplicações multiusuário.
Tipo de referência	Artigos de periódicos publicados, artigos de anais de congresso	Entrevistas publicadas em periódicos
Acesso	Trabalhos acessíveis através de: (1) Portal de Periódicos da CAPES na UFPR; (2) Google Scholar; (3) Portal das editoras, gratuito	Trabalhos cuja visualização requer inscrição paga ou trabalhos cuja legalidade é questionável
Idioma	Trabalhos escritos em idiomas dominadas pelo autor: Inglês e Português	Trabalhos escritos em idiomas não dominados pelo autor
Ano	Trabalhos publicados nos últimos 5 anos	

Fonte: O Autor (2022).

O processo de filtragem de dados conforme mostrado na FIGURA 16 é composto por 4 filtros. O primeiro filtro implementado é a filtragem de todos os artigos coletados nas bases de dados para excluir referências duplicadas, desse filtro ficaram 565 artigos. O segundo é a leitura do título, resumo e palavras-chave, onde chegaram a 77 artigos. Já o terceiro é a leitura da introdução e conclusão dos artigos, onde ficaram 56 artigos. O último filtro é a leitura completa dos artigos, onde restaram 26 artigos.

FIGURA 16 – FILTRAGEM DE DADOS



Fonte: O Autor (2022).

O QUADRO 3 mostra cada uma das referências que permaneceram após o processo de filtragem. Como ponto importante de consideração na leitura completa dos artigos, considerou-se que eles tiveram como análise as características e impactos que um cenário multiusuário em realidade virtual imersiva tem em relação a vantagens, usabilidade e questões de desenvolvimento como conexão.

QUADRO 3 – REFERÊNCIAS APÓS FILTRAGEM

	REFERÊNCIAS	CONTRIBUIÇÃO DO TRABALHO
1	BERG e STEINSBEKK (2021).	Um estudo que visou investigar se a auto prática grupal de observação clínica sistemática em uma aplicação em RVI multiusuário. Teve como conclusão de que a auto prática do grupo em RVI e multiusuário foi não inferior a prática com equipamento físico.
2	BIRT e VASILEVSKI (2021).	Um artigo para verificar se o fator multiusuário influencia em uma experiência em RVI e portátil ao experimentar modelos de construção de informação (BIM). Obtiveram um resultado positivo em relação a RVI multiusuário e houve uma melhoria na experiência dos alunos que utilizaram a tecnologia.
3	BORN et al. (2019).	Uma pesquisa sobre o papel da copresença física em experiências multiusuárias em RVI. Foi averiguado que os usuários que compartilhavam do mesmo espaço físico tendem a negligenciar a tarefa cooperativa e que a separação física pode ter um impacto benéfico na percepção da presença social cooperativa.
4	BRENNER et al. (2021).	Foram feitos testes de usuários do GeoForge, uma experiência de aprendizagem digital de múltiplos jogadores para uma escola que utiliza a RV. Segmentar tarefas, mostrando na tela as respostas de outros membros do grupo e possibilitando a experiência ser multiusuária contribuiu para comportamentos colaborativos e uma experiência de aprendizagem satisfatória.
5	CARRENO et al. (2021).	Propõe o uso de um ambiente virtual multiuso para simulação da cirurgia de extração do lipoma. A avaliação inicial indicou que a solução proposta é promissora em um ambiente de trabalho a partir de casa como uma ferramenta complementar para a educação médica.
6	DUAN et al. (2021).	Destaca as aplicações representativas para o bem social, em seguida, propõe uma arquitetura de metaverso. Por fim, ilustra o protótipo de metaverso de um campus universitário implementado e discute o projeto do protótipo e as percepções.
7	GOCHFELD et al. (2019).	Foi analisado como os diferentes tipos de avatares afetam a experiência de atores em sua própria performance em RV. Observa-se que avatares mais abstratos facilitam a conexão dos atores com seu caráter, porém com ensaios, atores podem aprender a atuar através de uma variedade de tipos de avatares.
8	HANSEN et al. (2018).	Foi desenvolvido uma estrutura para desenvolvedores de jogos que facilitasse a simples criação de um ambiente de realidade virtual multiusuário utilizando o software Unity.

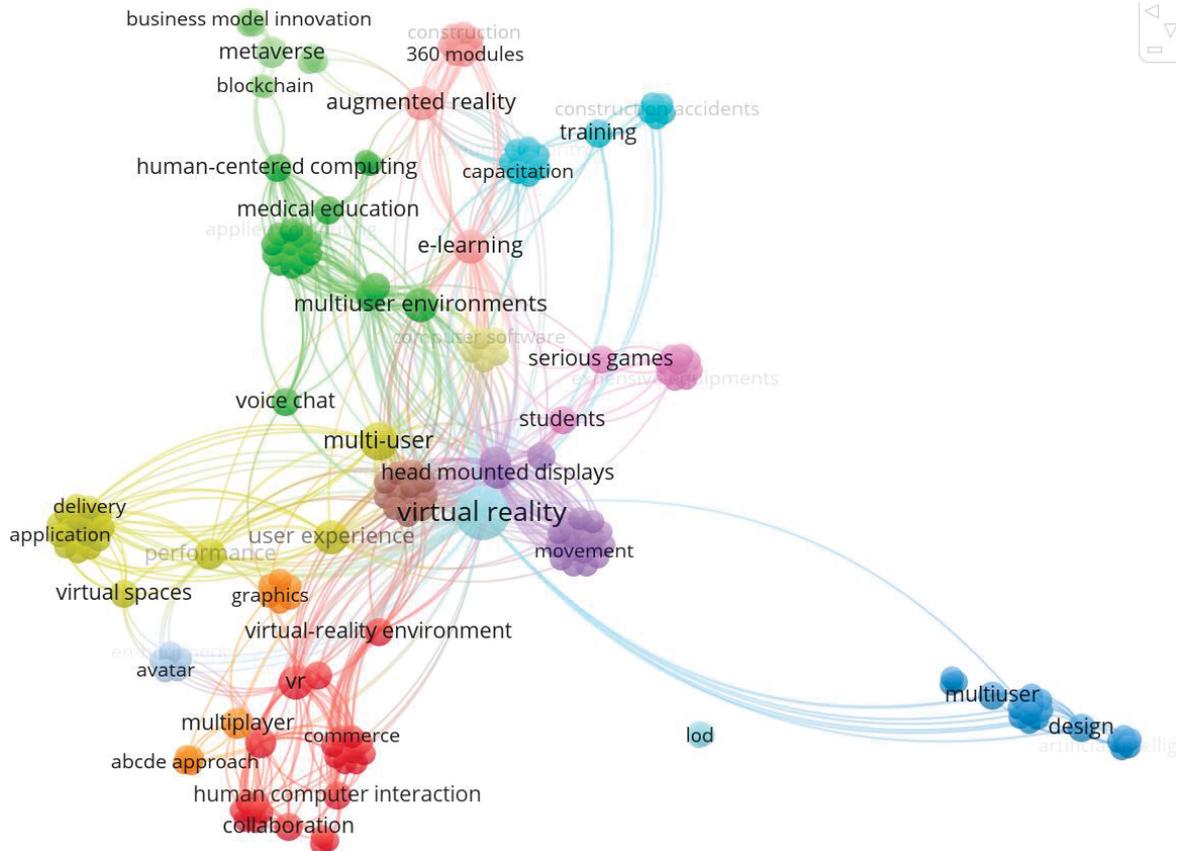
9	JIANG et al. (2020).	Foi construído um sistema imersivo colaborativo de simulação de emergência para estações ferroviárias urbanas, coordenado por várias indústrias, baseado na realidade virtual. Pode melhorar a implementação da organização, e mudar situação de exercícios de emergência insuficientes para estações ferroviárias.
10	KE et al. (2021).	Análise do impacto e concepção de ensino apoiada por uma realidade virtual multiusuário, em comparação com uma sala de aula ao vivo. Conclui-se que a RV pode complementar e funcionar como uma alternativa a sala de aula para o desenvolvimento participativo do ensino.
11	KRAUS et al (2022).	Analisa mudanças anunciadas no Facebook (agora Meta) em seu Business Model (BM) para esclarecer se a mudança é tão radical quanto comunicada ou se representa uma transformação incremental do BM atual.
12	KYE et al. (2021).	Define algumas possibilidades de se utilizar um metaverso, como: Realidade aumentada, <i>Lifelogging</i> , mundo espelho, e realidade virtual e explica que tem um potencial infinito como um novo espaço de comunicação social.
13	KEUNG et al. (2021).	Apresentou uma estrutura de sistema que integra aplicações em RV multiusuário em esteiras omnidirecionais. As esteiras permitem aos usuários uma experiência de caminhada imersiva no ambiente simulado, sem restrições de espaço ou potenciais danosos.
14	LIN et al. (2019).	Simulou as relações comportamentais em aplicações multiusuário de tomada de decisão lógica em humanos e computadores e forneceu um modelo estratégico de como interagir entre tomadores de decisão racionais para projetar e desenvolver um jogo em RVI multiusuário.
15	LINDBLOM et al. (2021).	Desenvolveram um ambiente multiusuário interativo em RV para ensinar mineração aos estudantes criando cenários de aprendizagem. Os resultados sugeriram problemas de desempenho com relação à latência que afeta todos os usuários que poderiam causar um efeito negativo à experiência em RV.
16	MASTRO et al. (2021).	Este artigo visou verificar o nível de probabilidade de sobrevivência de regiões inteiras de Marte/Lua utilizando a RVI e a RA. Também estudou o desenvolvimento e combinação das duas esteiras (com RV) para uma série de operações e simulações científicas relacionadas com educação e reabilitação física e médica.
17	NOVOTNY et al. (2020).	Este estudo trouxe um framework similar ao proposto pela pesquisa de como desenvolver uma experiência multiusuário em RVI, porém utilizando o software Unity. Entraram em detalhes sobre vários tópicos como avatares, rede, bate-papo de voz e interação.
18	ORTIZ et al. (2018).	Este trabalho apresenta a implementação de ambientes virtuais orientados ao gerenciamento de controles pneumáticos aplicados a processos industriais, a fim de fortalecer os processos de treinamento e ensino-aprendizagem. Os resultados obtidos mostram como é fácil interagir com o ambiente multiusuário proposto.
19	PARTHASARATHY et al. (2020).	Este documento apresenta uma aplicação multiusuário em RVI e visa avaliar o comportamento da rede em vários cenários. Esta

		análise de Qualidade de Serviço é importante para a compreensão de quantos usuários VR podem ser conectados simultaneamente com alta qualidade de imagem.
20	SCHILD et al. (2018).	Este artigo visa fornecer novas ferramentas de treinamento através de um cenário multiusuário em RVI para aprimorar os métodos de aprendizado atuais de paramédicos.
21	SEPASGOZAR (2020).	Este trabalho apresenta um conjunto de novas tecnologias digitais utilizando RV, RA e gêmea digital, o que agrega valor à literatura ao mostrar sua utilidade na realização de cursos de construção. Mostra como um conjunto de tecnologias simples a complexas pode ser usado para ensinar vários cursos à distância, seja em emergências como a doença do vírus corona (COVID-19) ou como parte do ensino regular.
22	TEA et al. (2021).	O estudo apresentado neste trabalho contribui para a indústria de AEC apresentando o desenvolvimento de aplicações multiusuário imersivas em RV para colaboração remota em tempo real através de evidências empíricas para substanciar seus benefícios potenciais.
23	XI et al. (2022).	Este artigo verifica se as tecnologias da Realidade Aumentada (RA) e Realidade Virtual (RV), aumentam ou diminuem as dificuldades de realizar tarefas cotidianas. Os resultados implicam que os recursos e o custo de operar realidades mediadas por RV ou RA são diferentes e superiores à realidade física.
24	XU et al. (2021).	Esta pesquisa desenvolveu uma plataforma de treinamento imersiva e interativa baseada em múltiplos jogadores que incorpora a tecnologia da RV para melhorar a consciência de segurança dos trabalhadores, demonstrando ser uma ferramenta vantajosa para o treinamento de construção.
25	ZHANG et al. (2021).	Este artigo propõe uma interface para melhorar a presença de usuários que não sejam usuários de RVI. Como resultado obteve que é satisfatório ter experiências de realidade virtual compartilhada com usuários que não estejam usando equipamentos de RVI.
26	ZHAO et al. (2020).	Este trabalho de pesquisa explora a aplicabilidade da criação de jogos sérios multiusuários para a fabricação de simulação. Este artigo explora se as simulações multiusuário em RV podem ser usadas como uma alternativa às simulações físicas.

Fonte: O Autor (2022).

Na sessão de temas de relevância, uma figura muito interessante no mapeamento de dados, é um mapa desenvolvido com auxílio no programa Vosviewer, onde mostra a relação das atuais pesquisas no mundo em relação a utilização da tecnologia da realidade virtual, metaverso e ambientes multiusuários. Esse mapa, que pode ser visualizado na FIGURA 17, destaca que a palavra-chave com maior relação é a realidade virtual.

FIGURA 17 – MAPEAMENTO DE DADOS



Fonte: O autor (2022).

Dentro desse mapa de dados, é possível obter outras informações em relação a treinamentos como demonstra a FIGURA 18. A palavra treinamento está diretamente ligada a realidade virtual e ambientes multiusuários, e ligada a diversos temas importantes quando em relação a segurança do trabalho, como acidentes de construção e percepção de risco.

FIGURA 18 – MAPEAMENTO DE DADOS EM RELAÇÃO A TREINAMENTOS

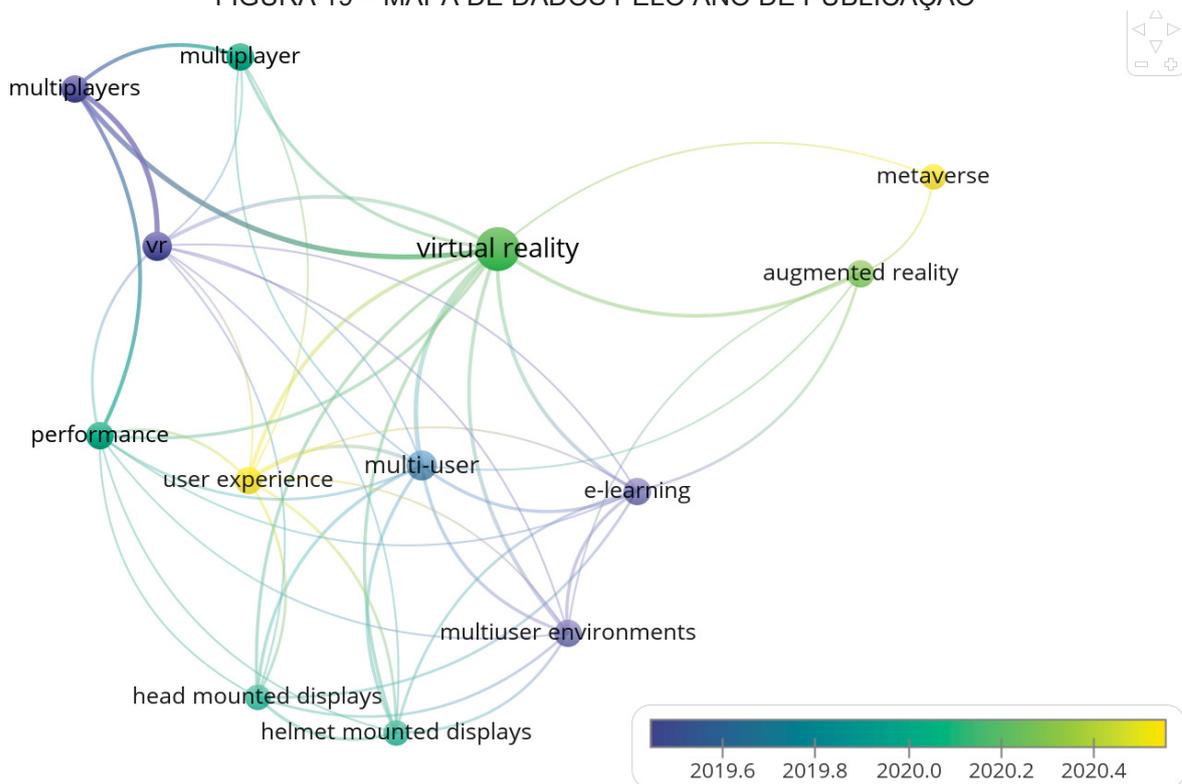


Fonte: O Autor (2022).

Aumentando o número mínimo de ocorrências de palavras ao gerar o mapa de dados no VOSViewer, é possível visualizar de uma forma mais clara os principais

termos citados nos artigos, conforme demonstra a FIGURA 19. Através do VOSViewer é possível classificar as palavras-chave pelo ano de publicação, verificando qual a maior incidência para avaliar a evolução dos termos. As palavras “Realidade Virtual” começam a ter força a partir de 2020, junto com as palavras “Metaverso” e “Experiência do Usuário”, demonstrando a atualidade do tema. Ou seja, destaca-se que a pesquisa aqui apresentada é de caráter inovador em nível mundial.

FIGURA 19 – MAPA DE DADOS PELO ANO DE PUBLICAÇÃO



Fonte: O autor (2022).

Nota-se que no mapeamento dos dados, apresentado na FIGURA 19, alguma das principais palavras destacadas nesta pesquisa são: realidade virtual, multiusuário, ambientes multiusuários, experiência do usuário, *e-learning* e metaverso. Isso demonstra que o tema e a pesquisa aqui apresentados têm muita aderência com todas as áreas discutidas até aqui.

Na última sessão da RBS, síntese dos dados, destaca-se que há uma vantagem em utilizar metaversos quando utilizamos a tecnologia da realidade virtual imersiva, porém há uma falta de um estudo focado nessa tecnologia quando tratamos do desenvolvimento e sua relação com treinamentos industriais.

4. MÉTODO DE PESQUISA

O capítulo 4 visa explicar qual método foi utilizado para o estudo, abordando a caracterização e suas etapas.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Por sua natureza, esta pesquisa é classificada como aplicada porque sua principal motivação é produzir resultados que ajudem os profissionais a resolver problemas cotidianos (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015).

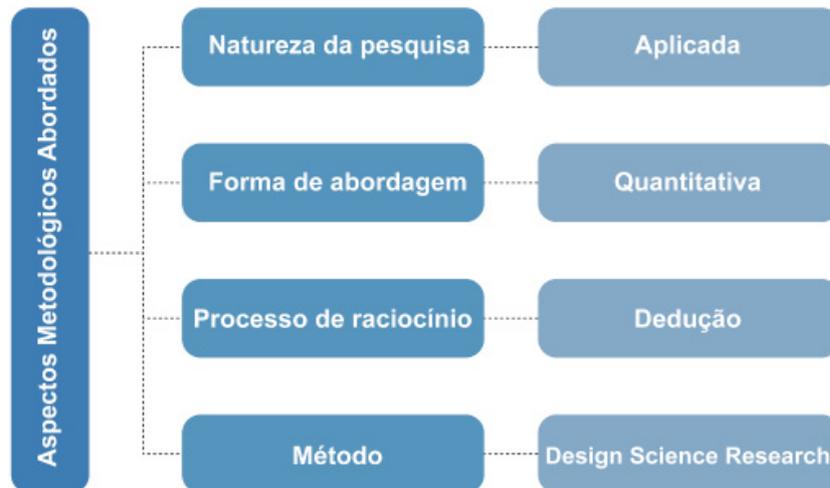
Quanto à forma do método, a pesquisa é realizada de forma quantitativa, pois, conforme descrito por Fonseca (2002), será centrada na objetividade, analisando dados brutos coletados por meio de testes de artefatos desenvolvidos. Quanto ao processo de raciocínio para a realização deste estudo, optou-se pela abordagem dedutiva. Segundo Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015), “Nos métodos dedutivos, os cientistas partem de leis e teorias para propor elementos que possam ajudar a explicar ou prever determinados fenômenos”. Ao deduzir e compreender leis e teorias gerais, os pesquisadores podem construir outros conhecimentos a partir delas para explicar e prever o comportamento dos objetos da pesquisa, conforme Pasdiora (2021), que aplicou também o método dedutivo em seu estudo.

A estratégia utilizada para conduzir esta pesquisa é a Ciência Artificial, ou em inglês, Design Science Research (DSR). Segundo Santos (2018), “o método da *Design Science* busca tanto a validade científica (rigor na concepção e condução da pesquisa) como a validade pragmática (eficácia e efetividade das soluções)”. Além de permitir ajustes nos métodos de levantamento, isso facilita o trabalho em situações em que o contexto do usuário muitas vezes exige ajustes nas ferramentas e maior flexibilidade no uso dos artefatos.

Santos (2018) *apud* Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015) definem a DSR como “uma abordagem que sustenta e operacionaliza a condução da pesquisa quando o objetivo a ser alcançado é um artefato ou uma prescrição”. Desta forma, DSR tenta prescrever e avaliar artefatos contra uma compreensão do problema, permitindo situações de transição. É a alternativa mais próxima de estudar teoria e prática, principalmente em engenharia, medicina, direito, arquitetura e educação. Uma característica essencial da pesquisa com DSR é que ela é orientada para a resolução de um problema específico. As alternativas propostas não requerem necessariamente

soluções ótimas e perfeitas, mas soluções satisfatórias para superar os problemas propostos. As características do estudo são mostradas na FIGURA 20 (SANTOS (2018) *apud* DRESCH; LACERDA; ANTUNES JUNIOR, 2015).

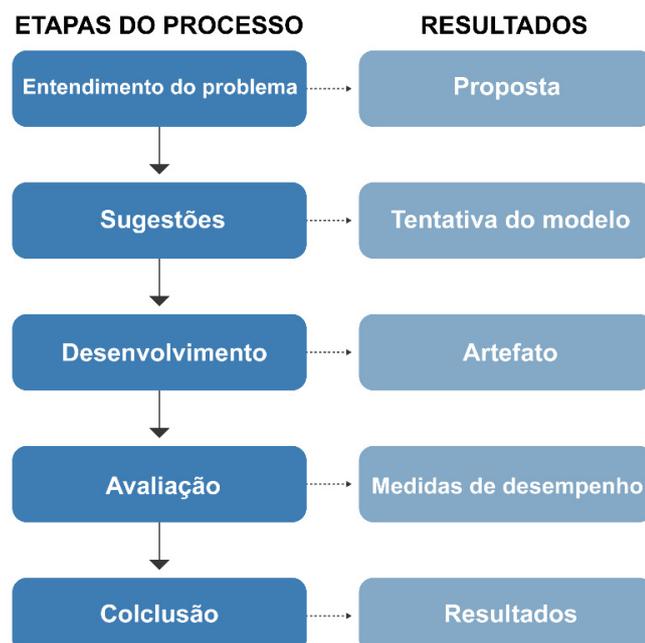
FIGURA 20 – CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA



FONTE: O autor (2022).

Vaishnavi e Kuechler (2004) apresentam um modelo de processo para a condução da *Design Science Research* (FIGURA 21), que serviu como base para o desenvolvimento do artefato proposto pela presente pesquisa.

FIGURA 21 – MÉTODO PARA A CONDUÇÃO DA DSR



FONTE: o autor (2022), adaptado de Vaishnavi e Kuechler (2004).

4.2. DELINEAMENTO DA PESQUISA

A questão norteadora desta pesquisa é se em uma época pós-pandemia, como é possível desenvolver um metaverso imersivo para ajudar treinamentos industriais. Portanto, buscou-se entender a melhor forma de desenvolver um metaverso imersivo e se o uso dele pode ajudar a melhorar treinamentos industriais. Assim, procurou-se entender quais as ferramentas possíveis para se desenvolver a metodologia. E por fim o desenvolvimento de artefatos, neste caso a documentação do desenvolvimento da metodologia para criação de metaverso imersivo. Para avaliar os artefatos, é proposto um protótipo cuja função é avaliar a qualidade do trabalho. Por esse motivo, o método da pesquisa DSR foi escolhido para realizar o processo de pesquisa. O processo todo é mostrado na FIGURA 22.

FIGURA 22 – PASSOS DA DSR APLICADOS A ESTA PESQUISA



FONTE: O autor (2022), adaptado de Cuperschmid (2014) e Vaishnavi e Kuechler (2004).

4.2.1. Etapa 1: Motivação

Segundo Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015), as questões a serem investigadas surgem da necessidade do pesquisador em encontrar respostas para questões importantes ou soluções para problemas práticos. A questão que norteia esta pesquisa é como é possível desenvolver um metaverso imersivo para ajudar treinamentos industriais, em uma época pós-pandemia.

A segunda etapa desta seção caracterizou-se como a compreensão do problema, onde o pesquisador deve buscar o máximo de informações possíveis para

garantir um entendimento completo do contexto de seu artefato. Essa fase foi apresentada no capítulo 1 (introdução) e no capítulo 2 (fundamentação teórica).

4.2.2. Etapa 2: Sugestão

Segundo Lacerda et al. (2013), a sugestão, também conhecida como definição de objetivos, caracteriza-se por encontrar uma ou mais alternativas para desenvolver o artefato proposto. O Capítulo 3 (Abordagem Metodológica) detalha o processo de realização desta fase. Primeiramente, o autor realizou Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) com o objetivo de verificar como a Realidade Virtual está sendo aplicada em ambientes multiusuários ou metaversos e quais ferramentas foram utilizadas para desenvolvimento de metaversos imersivos.

Após análise dos resultados obtidos através da RBS, foi possível observar que o *software* Unity, amplamente utilizado no desenvolvimento de jogos 2D e 3D, foi o predominante nos artigos analisados, com 20 citações entre os 26 artigos lidos após o processo de filtragem. Porém, outro *software* citado apenas uma vez foi o Unreal Engine 4 (UE4). Isso demonstra que há uma falta de estudos em relação ao desenvolvimento de aplicações imersivas utilizando o UE4. A falta de estudos sobre a utilização do *software* UE4 para desenvolvimentos de metaversos imersivos e o conhecimento prévio do autor com ele foram motivadores para escolher o UE4 como *software* para o desenvolvimento do artefato proposto pela presente pesquisa. O detalhamento de como foi o processo de escolha encontra-se também no capítulo 5.

4.2.3. Etapa 3: Projeto e desenvolvimento do artefato

Após a escolha da ferramenta que será utilizada para desenvolvê-lo, inicia-se a etapa de projeto e desenvolvimento do artefato. Segundo Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015), além dos componentes, devem ser consideradas as relações internas de trabalho, as restrições e as relações com o ambiente externo, as características internas do artefato e do ambiente em que ele está inserido. O pesquisador deve avaliar quais das soluções propostas na etapa anterior são satisfatórias para a resolução do problema proposto.

Esta etapa foi desenvolvida a partir dos seguintes passos: definição do motor de jogo a ser utilizado; definição do sistema de conexão visado; escolha do sistema de voz; personalização de interações; personalização do ambiente; desenvolvimento e programação do metaverso imersivo multiplataforma. As escolhas serão pautadas nos resultados obtidos através da RBS e nos conhecimentos do autor acerca de Realidade Virtual, modelagem e programação.

4.2.4. Etapa 4: Avaliação e validação

Segundo Lacerda et al. (2013), esta etapa é descrita “como o processo rigoroso de verificação do comportamento do artefato no ambiente para o qual foi projetado, em relação às soluções que se propôs a alcançar”. A avaliação foi realizada em forma de experimento e está detalhada a seguir. Esses testes foram feitos pelo autor com usuários reais para demonstrar o funcionamento da metodologia e do produto desenvolvido através dela. A ideia inicial era testar o aplicativo em empresa do setor da indústria, mas a pandemia da Covid-19 limitou a condução de testes, portanto o autor conduziu os experimentos no seu local de trabalho e na Universidade Federal do Paraná (UFPR). A segunda etapa foi validação, onde cinco voluntários avaliaram o protótipo resultante do artefato proposto, e atestaram se o metaverso imersivo desenvolvido através da metodologia proposta pela pesquisa funciona corretamente e se pode auxiliar treinamentos industriais. A seguir as etapas de avaliação e validação serão detalhadas.

a. Avaliação

i) Experimento I: Reunião no metaverso imersivo para simular um treinamento industrial

O intuito do experimento I foi averiguar se o produto desenvolvido através da metodologia funcionou conforme o planejado. Foi testado o sistema multiusuário, sistema de avatares e o sistema de voz. Através da modelagem tridimensional foi criado um ambiente imersivo onde é possível utilizar uma prensa hidráulica e fazer a manutenção do seu painel elétrico, simulando um treinamento industrial.

b. Validação

Conforme descrito anteriormente, a etapa de avaliação foi feita para atestar a funcionalidade do metaverso imersivo desenvolvido. Para validar o artefato proposto, que seria metodologia proposta nesta pesquisa, foi feito um questionário conforme o APÊNDICE I para avaliar com desenvolvedores se a metodologia está compreensível e se pode ajudar a desenvolvedores a desenvolver metaversos imersivos com foco em treinamentos industriais. Sete voluntários foram convidados para ler a metodologia e responder o questionário proposto. A análise dos resultados fora detalhada no capítulo 7.1 “Análise dos resultados”.

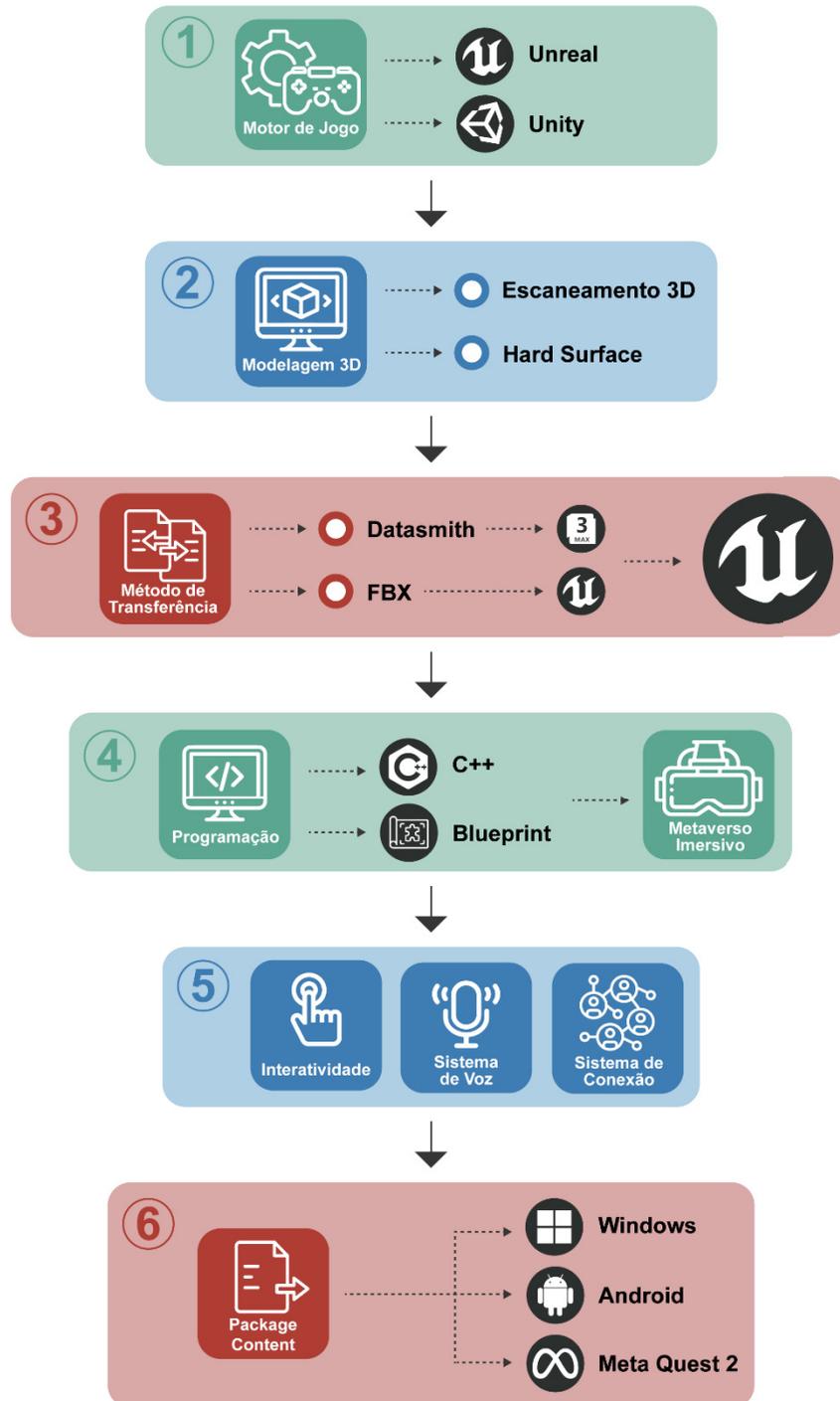
4.2.5. Etapa 5: Conclusão

Vaishnavi e Kuechler (2004) definem a etapa da conclusão como o fim do ciclo da pesquisa acerca do artefato proposto. O autor avaliou as etapas detalhadas no capítulo 5 e 6 e atestou se a metodologia proposta para o desenvolvimento de um metaverso imersivo atingiu seu objetivo, através do desenvolvimento de um protótipo para simular um treinamento industrial. Esta etapa foi tratada no capítulo 7 “Validação do protótipo e análise de resultados”.

5. Desenvolvimento da proposta da metodologia

Como proposta de metodologia, e apresentado através do fluxograma da FIGURA 23 o desenvolvimento de um metaverso imersivo. A seguir a metodologia será separada em tópicos para um melhor conhecimento do assunto.

FIGURA 23 – FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA PROPOSTA



Fonte: O autor (2021).

5.1. MOTOR DE JOGO

A primeira etapa da metodologia proposta é escolher qual *game engines* (motor de jogo) será escolhido para o desenvolvimento do metaverso imersivo.

Segundo Garcia (2014), em jogos digitais, *game engines* são estruturas ou *frameworks* utilizados para o desenvolvimento de novos jogos. Motores promovem o reuso de software em jogos, facilitando a implementação de tarefas recorrentes em jogos (como a renderização) e permitindo que os desenvolvedores possam se focar mais no desenvolvimento do jogo.

Do ponto de vista técnico segundo Dörner et al. (2016), uma *Game Engine* representa a base de um jogo, fornecendo a funcionalidade de renderização gráfica otimizada e eficiente, acesso ao sistema de arquivos, entrada do player por meio de dispositivos como teclado e mouse, interface com equipamentos de realidade virtual, reprodução de som e rede, capacidade de criar comportamentos personalizados a objetos, entre outros.

Os estúdios de desenvolvimento de jogos perceberam que a reutilização de software não é apenas o caminho para tornar o processo de desenvolvimento mais eficiente, mas também é importante liberar os desenvolvedores das tediosas tarefas de mesclar gráficos, sons e narração de histórias “manualmente”. Como resultado, ferramentas de software foram escritas, adaptadas e empacotadas com o motor de jogo em tempo de execução, fornecendo facilidades de edição fáceis de usar e permitindo a colaboração em grandes equipes no processo de desenvolvimento (DÖRNER et al., 2016).

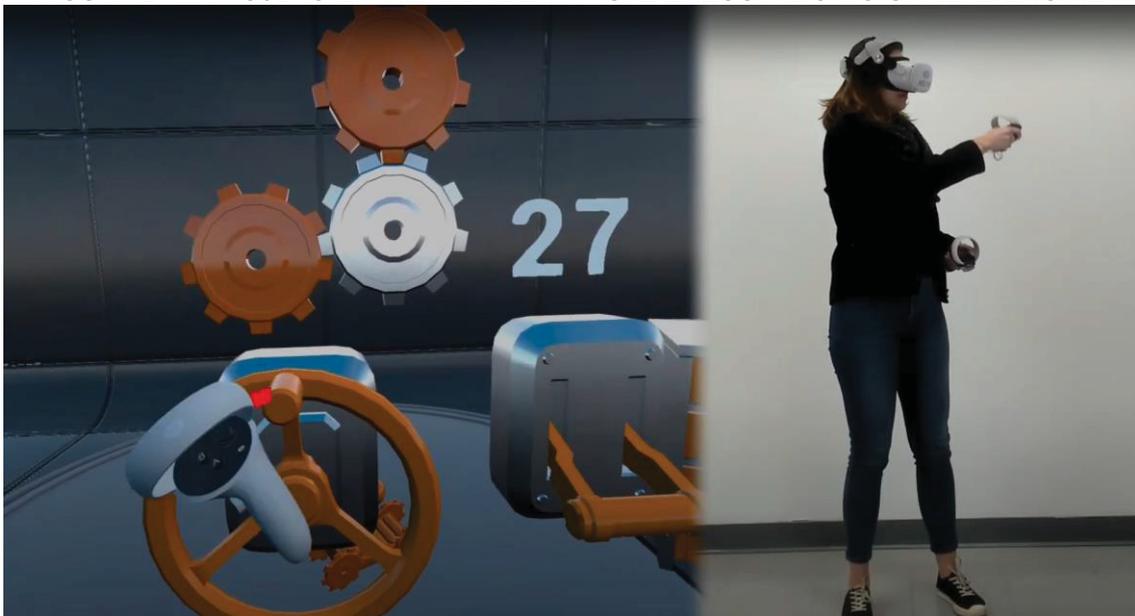
Com a constante evolução da indústria de jogos eletrônicos e consequentemente dos motores de jogo, hoje, é possível desenvolver projetos que utilizam a RVI a partir de motores de jogo populares como como Unity e Unreal Engine 4, a última, em especial, é frequentemente lembrada em virtude da qualidade da renderização gráfica.

Segundo o Unreal Engine (2018), para criar experiências imersivas que são verossímeis para a mente humana, a realidade virtual requer cenas complexas renderizadas em taxas de quadros muito altas. Como o Unreal Engine 4 foi projetado para aplicações exigentes como jogos de grandes produtoras, produção de filmes e visualização fotorrealista, ele atende a esses requisitos e fornece uma base sólida para a construção.

O Unreal Engine (2018) diz que com o seu software é possível conseguir uma taxa de quadros estéreo de 90 Hz ou maiores em altas resoluções para RV através de canais de renderização, sem alterações de código necessárias. Há ferramentas que ajudam transformar o simples em cenas extremamente detalhadas, ambientes e personagens. Recursos cinemáticos avançados, pós-processamento e renderização fisicamente baseada (PBR) prontos para uso.

Outra vantagem do UE4 que o Unreal Engine (2018) cita é a facilidade em interagir diretamente com o projeto com um HMD, é só conectar no computador e com poucas configurações já pode visualizar seu projeto em realidade virtual, que além de ser imersivo, ele pode ser também interativo (FIGURA 24).

FIGURA 24 – PROJETO EM REALIDADE VIRTUAL EXECUTADO NO UNREAL ENGINE



Fonte: O autor (2022).

Para o exemplo a ser desenvolvido, será utilizado o UE4 (*Unreal Engine 4*), pois além dos motivos citados no tópico 4.2.2, ele permite gráficos mais detalhados e tem seu código completamente aberto para seus usuários (HILFERT; KÖNIG, 2016).

5.2. MODELAGEM 3D

Com o motor de jogo definido, é possível passar para a segunda etapa que é a da modelagem 3D. É necessário entender primeiramente qual é o foco do projeto, para saber o quão detalhado será a modelagem e o quão precisa ela necessita ser.

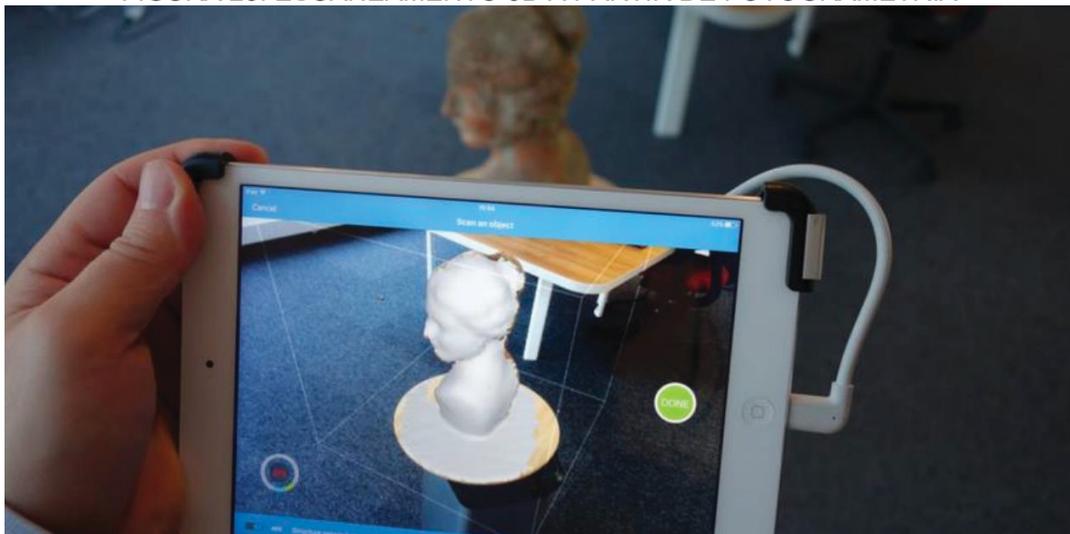
O fluxo da modelagem tridimensional vai de acordo com o artista que irá modelar, porém como o foco é em treinamentos industriais, há dois tipos específicos

de modelagem que são comumente utilizados para essas situações: o escaneamento 3D e a modelagem *Hard Surface*.

5.2.1. Escaneamento 3D

O escaneamento 3D pode ser feito por fotogrametria (FIGURA 25) ou baseado em luz, com lasers por exemplo. Ele é outra forma de se reproduzir os modelos 3D, porém normalmente eles contêm muitos polígonos e podem afetar a performance. Uma solução para esse problema de performance seria fazer a retopologia do objeto 3D, que segundo Brito (2009) “é uma técnica poderosa para conseguir manipular e adaptar modelos mais complexos, com o objetivo de transferir esse mesmo modelo com grande número de polígonos para outra versão mais simples, que se adapte aos mais exigentes motores de jogos”.

FIGURA 25: ESCANEAMENTO 3D A PARTIR DE FOTOGRAMETRIA

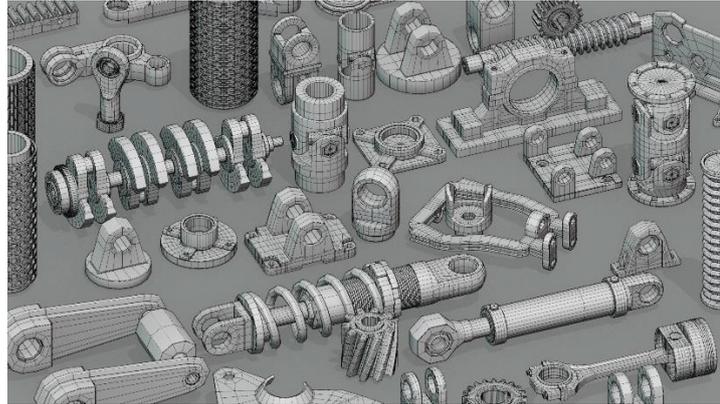


Fonte: Motti (2018).

5.2.2. *Hard Surface*

Hard Surface na tradução literal seria superfície dura, e de acordo com Levinski (2020) “são quaisquer objetos feitos ou construídos pelo homem. Exemplos de *Hard Surface* podem ser estruturas arquitetônicas (FIGURA 26), veículos, robôs, entre outros”. Usando softwares como 3ds Max, Sketchup, Maya, Modo, Blender, etc. Se for focado na área mecânica, pode ser usado softwares como o Solidworks e o Inventor.

FIGURA 26 – ESTRUTURAS MECÂNICAS POR HARD SURFACE



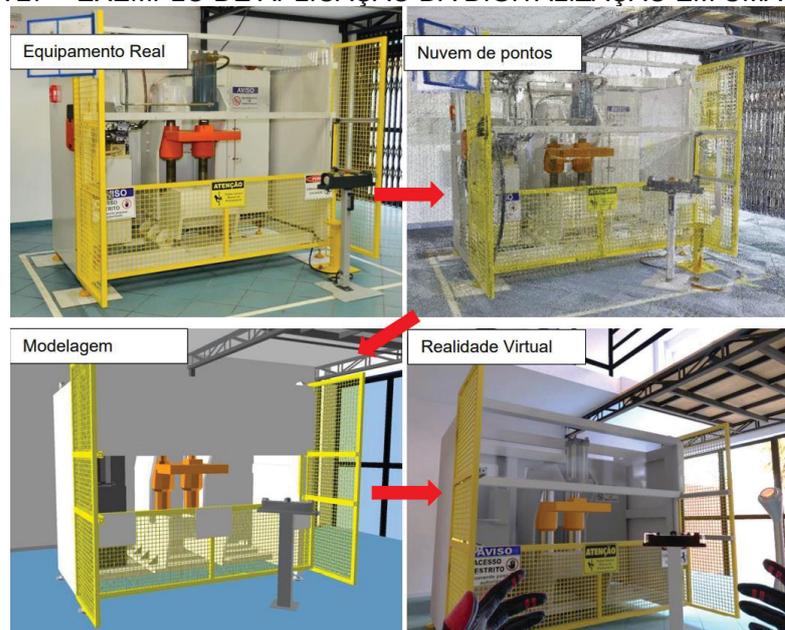
Fonte: Pixelpoems (2021).

5.2.3. Modelagem do experimento

Segundo Xu e Zheng (2021), objetos 3D são elementos críticos no desenvolvimento do ambiente em RV, a qualidade desses elementos 3D pode afetar significativamente a percepção subliminar do utilizador relativamente ao mundo virtual.

Como o foco da metodologia é em treinamentos industriais, a modelagem *Hard Surface* é a mais indicada. É possível utilizar o escaneamento 3D para que facilite e agilize a modelagem *Hard Surface*, pois é gerado uma nuvem de pontos que pode ser usada como referência, como demonstra a FIGURA 27. Através de softwares como o 3ds Max ou Blender é possível modelar de uma forma otimizada para que possa ser utilizada em aplicações mobile, como Android e o aparelho de realidade virtual Meta Quest 2.

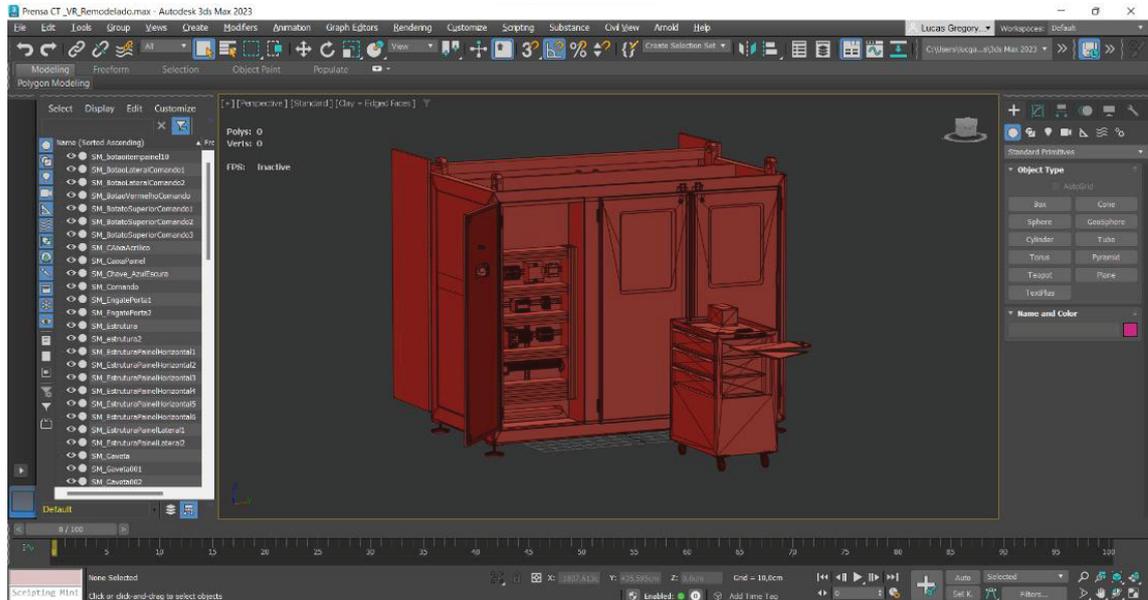
FIGURA 27 – EXEMPLO DE APLICAÇÃO DA DIGITALIZAÇÃO EM UMA PRENSA



Fonte: Braz (2022).

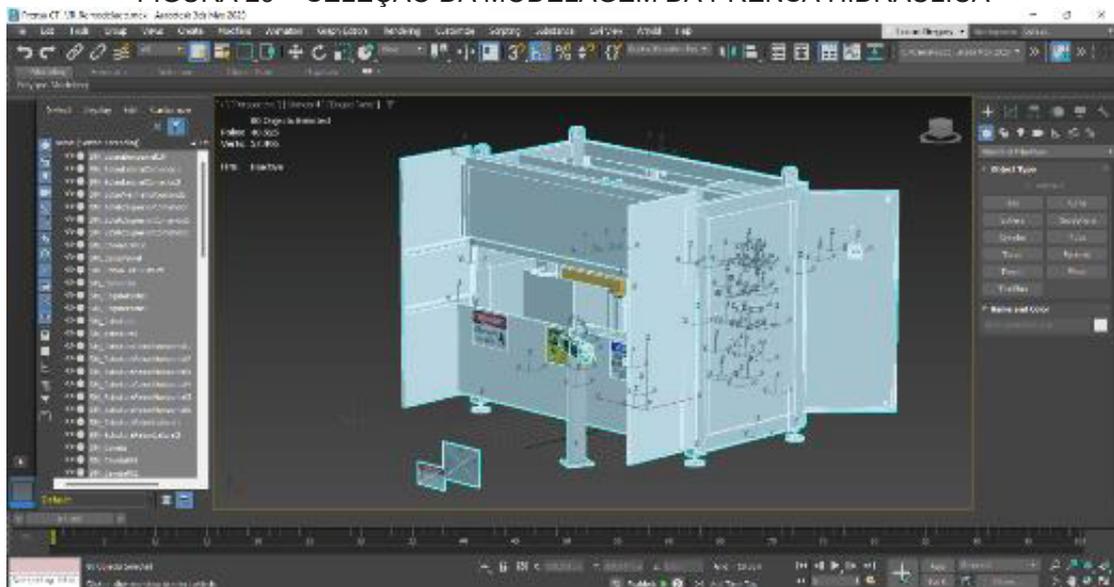
Para o experimento proposto no item 4.24, O tipo de modelagem escolhida para o projeto foi a *Hard Surface*, utilizando o software 3ds Max da Autodesk. Foi modelada a prensa hidráulica conforme é demonstrado na FIGURA 28 e FIGURA 29.

FIGURA 28 – MODELAGEM DA PRENSA HIDRÁULICA



Fonte: O autor (2022).

FIGURA 29 – SELEÇÃO DA MODELAGEM DA PRENSA HIDRÁULICA

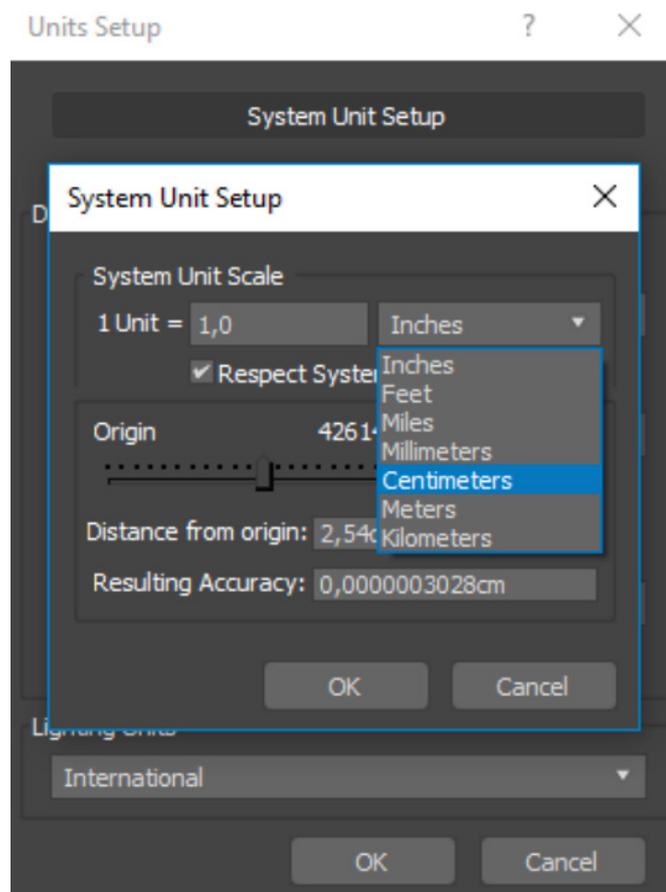


Fonte: O autor (2022).

A próxima etapa é pegar todos os objetos que estão agrupados e transformar em um único objeto através de opções específicas de cada software, para diminuir a quantidade total de objetos na cena. Essa etapa é necessária para ficar mais fácil a organização do projeto e melhorar a performance dele.

É necessário verificar se a unidade da cena está em centímetro no 3ds Max, pois o UE4 usa o sistema métrico onde cada unidade é igual a um centímetro. Deve-se configurar o 3ds Max para que ao exportar, fique adequado as medidas. Há um menu chamado *Unit Setup*, onde lá é possível trocar para o sistema métrico e em seguida ir em *System Unit Setup* e trocar de *Inches* para *Centimeters* (FIGURA 30). O certo é fazer isso antes de começar o projeto pois se mudar em um projeto já existente pode acabar mudando a escala também.

FIGURA 30 – SISTEMA DE UNIDADES DO 3DS MAX



FONTE: O autor (2022).

5.3. MÉTODO DE TRANSFERÊNCIA

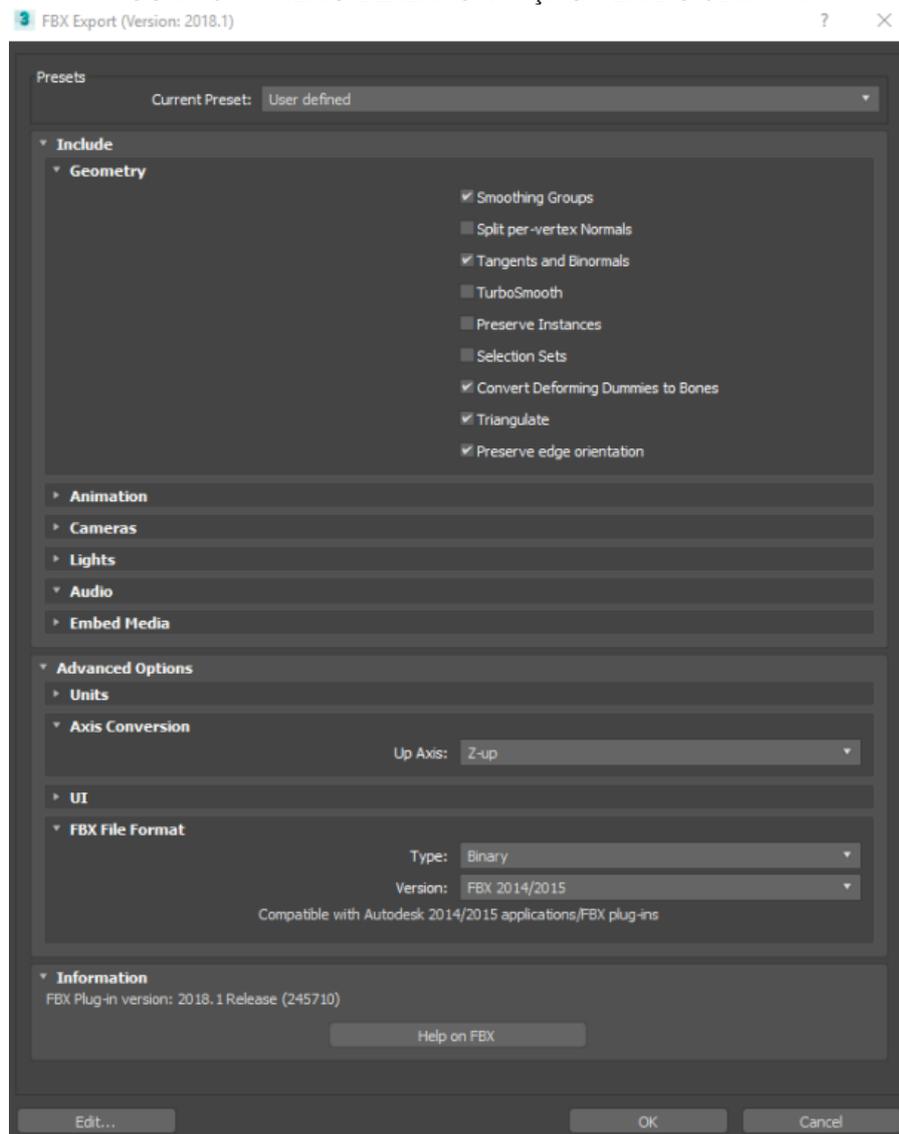
A próxima etapa é decidir de forma será exportada a modelagem para o UE4. Hoje, há duas maneiras de se importar arquivos diretamente para o Unreal Engine: o método de transferência por FBX, que é o padrão na maioria dos motores de jogos; e o método Datasmith, que é um método único fornecido pelo Unreal Engine, onde se é possível transferir de uma maneira mais fácil e rápida a modelagem 3D para o UE. A seguir será descrito como transferir por ambos os métodos:

5.3.1. Transferência por FBX

A primeira e a que era mais comum, a importação de arquivos no formato FBX. É método mais comum para transferência de modelagem para dentro de motores de jogo. É necessário fazer algumas modificações no modelo 3D no software de modelagem, como mover o pivô do objeto e fazer o mapeamento de luz do objeto manualmente (*Lightmap*).

O modelo 3D é salvo no formato FBX e transferido para o motor do jogo. Ainda é preciso fazer algumas configurações dentro do motor de jogo, posicionar cada objeto, aplicar iluminação, criar e aplicar materiais diretamente no motor de jogo. Ao importar um arquivo de FBX, é necessário ter cuidado com as opções de exportação (FIGURA 31).

FIGURA 31 – MENU DE EXPORTAÇÃO FBX DO 3DS MAX

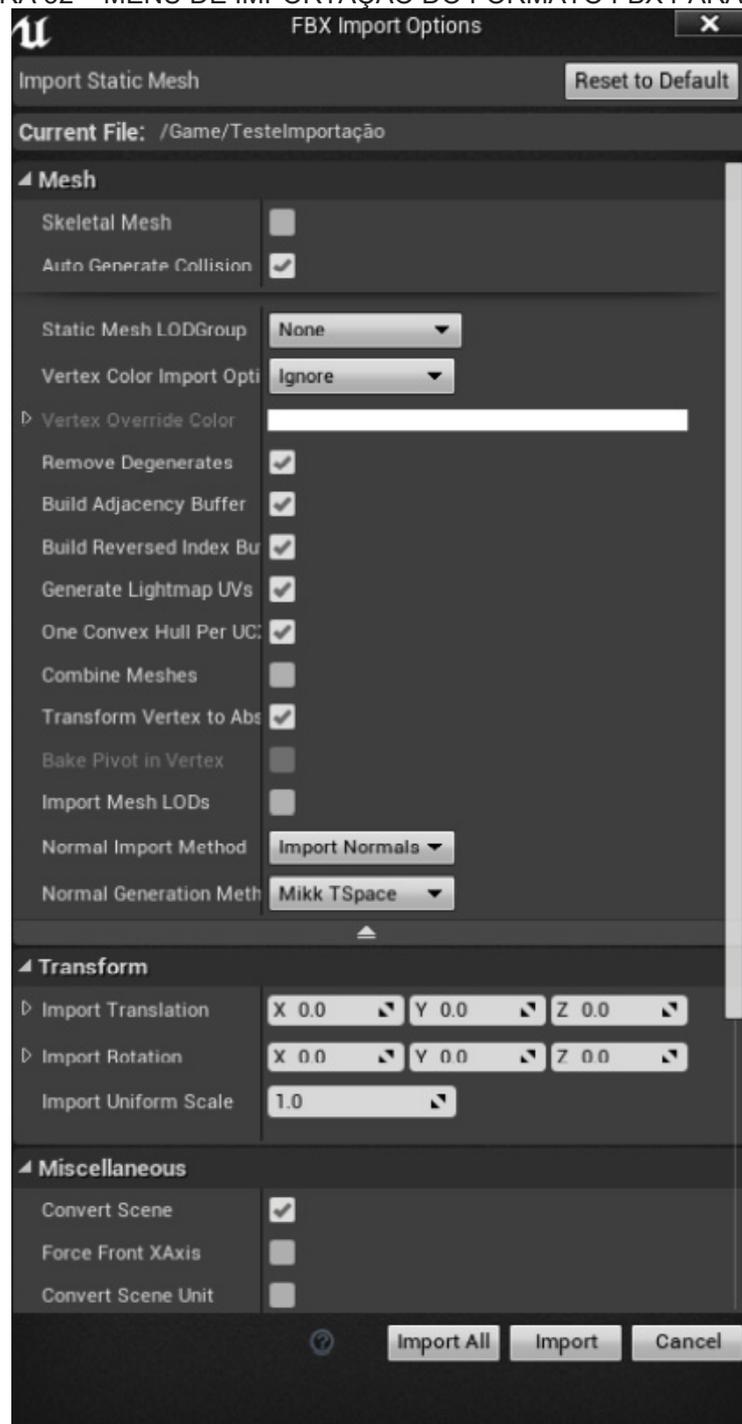


Fonte: O autor (2022).

É necessário ativar a opção *Smoothing Groups* quando se trata de objetos mais orgânicos como travesseiros e na opção *Axis Conversion* é necessário sempre deixar em *z-up*, pois é o formato de eixo que o Unreal Engine 4 usa. A vantagem do Datasmith (o outro meio de exportação) em cima da exportação do FBX é a facilidade da importação, pois não é necessário configurar estas opções.

Ao importar arquivos FBX para o Unreal, irão aparecer estas opções (FIGURA 32):

FIGURA 32 – MENU DE IMPORTAÇÃO DO FORMATO FBX PARA O UE4

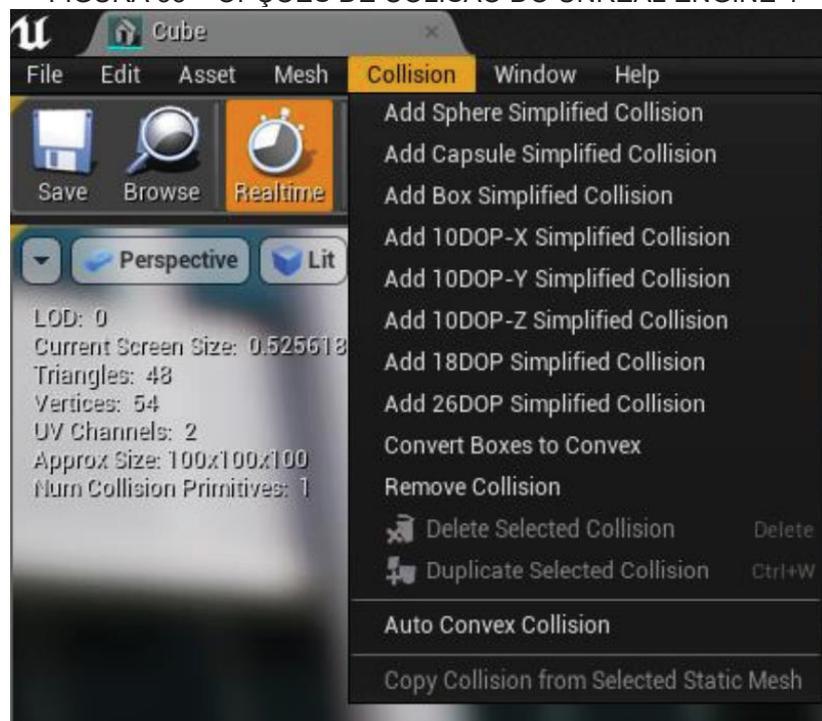


Fonte: O autor (2022).

A opção *Skeleton Mesh* não é necessária na maioria das vezes, é usada em arquivos de personagens que vem com *Rigging*². A segunda opção *Auto Generate Collision* é deixada ligada para o Unreal criar a própria caixa de colisão, que é de extrema importância para simulações em tempo real. Todo objeto que pode colidir obtém uma série de respostas que definem como ele interage com todos os outros tipos de objeto (UNREAL ENGINE, 2022).

É possível adicioná-las pelo 3ds Max ou diretamente no Unreal Engine na hora da importação ou após a importação (FIGURA 33).

FIGURA 33 – OPÇÕES DE COLISÃO DO UNREAL ENGINE 4



Fonte: O autor (2022).

São diversas opções, onde é possível testar em cada objeto qual é a melhor dependendo da forma do objeto. Para as paredes e estruturas côncavas, pode se usar a opção chamada *Auto Convex Collision*, e mudar os valores para que ele automaticamente crie a caixa de colisão.

Na janela de importação de FBX do Unreal da FIGURA 31, quando clicado em *Show Advanced*, irão aparecer várias opções e vale citar algumas importantes (UNREAL ENGINE, 2022):

² **Rigging** é uma técnica de animação em 3D que adiciona movimento a um personagem simulando articulações própria de sua natureza estrutural (esqueleto) e linguagem corporal (TONKA3D, 2013).

- A *Transform vertex to absolute*, onde ele deixa o pivô³ exatamente na posição central do cenário, para que quando for convertido o objeto da cena do 3ds Max para o Unreal, ele fique exatamente na posição que estava na cena original do 3ds Max. Se quiser manter a posição do pivô do objeto, é necessário desmarcar esta opção.
- Se for necessário arrumar a escala, arrumar nas opções em *Transform*.
- Em *Miscellaneous*, deixar a opção *Convert Scene* para converter as coordenadas do FBX para as coordenadas do Unreal.
- Ativar a opção *Convert Scene Unit* para converter as unidades genéricas do objeto para centímetros do Unreal Engine.
- Duas opções que estão nesse menu de importação foram separados para explicar melhor sobre o assunto, a primeira é *Generate Lightmap UVs*, que o UE4 cria o mapa de *Lightmap* automaticamente. Para entender o que é *Lightmap* primeiramente é necessário entender o sistema de iluminação do Unreal Engine 4.
- A iluminação do Unreal Engine é separada em duas principais opções que podem ser mudadas diretamente nas luzes da cena: a *Static Light* (Luz estática) e a *Dynamic Light* (Luz dinâmica). A saber:
 - A *Static Light* é a luz estática reproduzida após um *bake* total da iluminação, seria como renderizar apenas a iluminação do cenário para que seja reproduzida em tempo real estática.
 - A *dynamic light* é a iluminação dinâmica, onde reproduz sombras e efeitos em tempo real em relação a objetos e personagens com um custo de performance muito alto, indo contra as diretrizes de uma aplicação de RVI, onde se é necessário ter a melhor performance possível.
- O *Lightmap* é o mapa de iluminação de cada objeto, ele pode ser criado no 3ds Max antes de ser exportado no segundo canal dos mapas, ou pode-se deixar o próprio motor de jogo da Epic Games gerar automaticamente esses *Lightmaps*. A maioria das vezes não haverá

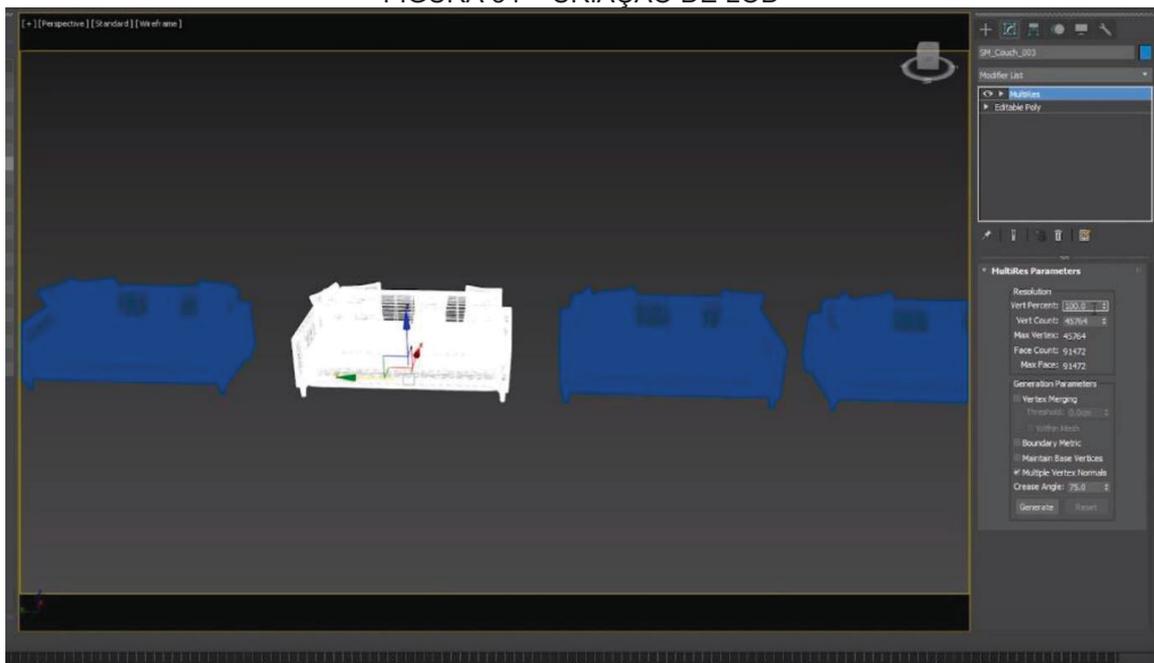
³ Ao trabalhar em 3D, o **pivô** se torna um local que pode se mover em três eixos. Quando você trabalha em duas dimensões, o pivô é principalmente um ponto de ancoragem em algum lugar no desenho de onde as transformações serão executadas (TOON BOOM, 2018).

problemas e não terá uma sobreposição de faces (*overlapping faces*), mas se ocorrer deve-se criar antes da exportação o *lightmap* no software de modelagem 3D, separando-as para que não haja sobreposição. Se forem objetos orgânicos, é melhor ter um mapeamento adequado para que não haja mais erros nos objetos.

- A outra opção é a *Import Mesh LODs*, que o que ela faz é importar, caso o modelo 3D possua, o *Level of Detail* (nível de detalhe). O LOD é necessário para diminuir a resolução dos objetos que possam atrapalhar a performance. Para isso, é necessário pegar o objeto desejado, diminuir a quantidade de polígonos dele criando várias cópias do mesmo através de um modificador do 3ds Max, agrupá-los e aplicar o modificador de *Level of Detail*. Ele modifica a qualidade do objeto de acordo com a distância que o usuário está dele. É de extrema importância para cenas grandes, pois ajudam muito na performance do projeto.

É possível configurar o LOD diretamente no Unreal, determinando a distância que o objeto mudará de forma. Com o modificador *MultiRes*, você escolhe a porcentagem de diminuição dos polígonos em cada objeto. No caso desses sofás (FIGURA 34), foram 100% (original), 75%, 50% e 25%.

FIGURA 34 – CRIAÇÃO DE LOD



Fonte: O autor (2022).

É alinhado todos os objetos pelo centro usando a ferramenta *Align* do 3ds Max, agrupado e aplicado o modificador de *Level of Detail*, encontrado em *Utilities e More...* (FIGURA 35).

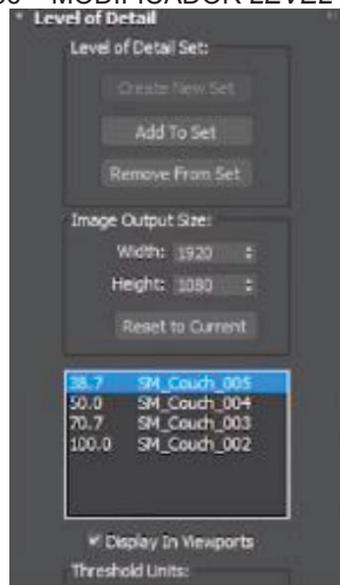
FIGURA 35 – MENU DE UTILIDADES DO 3DS MAX



Fonte: O autor (2022).

Após abrir o modificador (FIGURA 36), é criado um novo set (*Create New Set*) e então será possível exportar por FBX (deixar ativado *Animation*) ou pelo Datasmith.

FIGURA 36 – MODIFICADOR LEVEL OF DETAIL



Fonte: O autor (2022).

Após toda essa pré-configuração e exportação do objeto em FBX para a cena no UE4, é necessário a importação de mapas de textura para aplicar no objeto, pois

diferente do Datasmith que exporta os materiais aplicados junto com a modelagem, o FBX não consegue fazer esse processo e é necessário fazer manualmente.

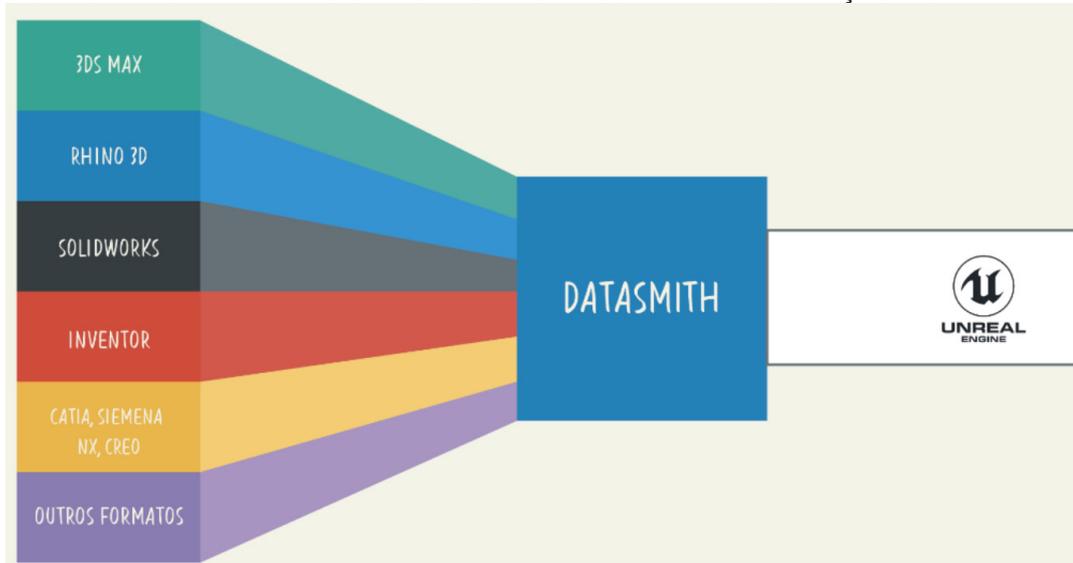
5.3.2. Transferência por Datasmith

Segundo o Unreal Engine (2022) o Datasmith é uma coleção de ferramentas e plugins que ajudam você a trazer conteúdo para o Unreal Engine 4.

Datasmith é projetado para resolver os desafios específicos enfrentados por pessoas fora da indústria de jogos que querem usar o Unreal Engine para renderização e visualização em tempo real - em indústrias incluindo arquitetura, engenharia, construção, manufatura, treinamento ao vivo e muito mais (UNREAL ENGINE, 2022).

Segundo o Unreal Engine (2022), o Datasmith suporta a mais ampla gama possível de aplicações de design 3D e formatos de arquivo. Ele já funciona com uma enorme variedade de fontes conforme demonstra a FIGURA 37, incluindo Autodesk 3ds Max, Trimble Sketchup, Dassault Systèmes SolidWorks, e muito mais a cada atualização.

FIGURA 37 – SOFTWARES QUE POSSUEM O PLUGIN DE EXPORTAÇÃO DO DATASMITH

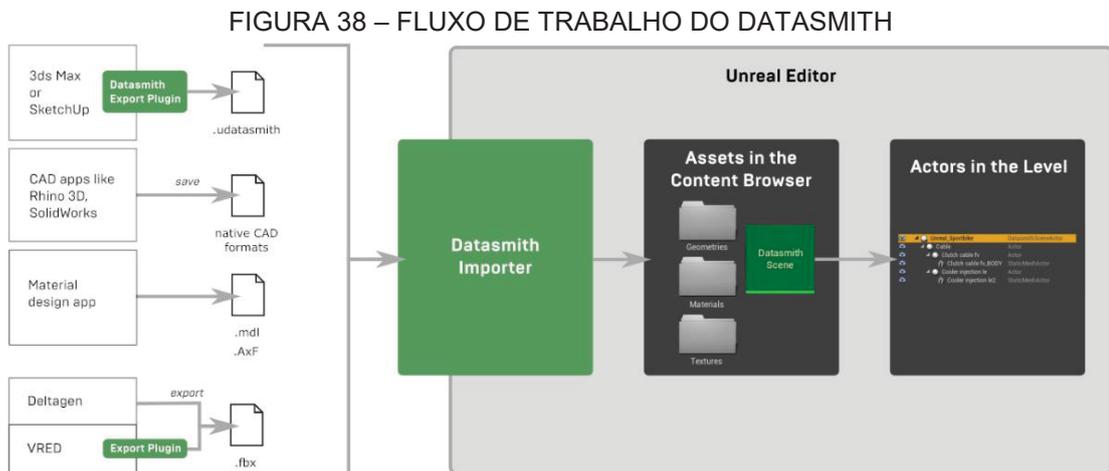


Fonte: Adaptado de Unreal Engine (2022).

Atualmente, o Datasmith está focado em traduzir seu conteúdo de design em formas que o Unreal Engine possa entender e renderizar em tempo real. A longo prazo, o objetivo é adicionar uma preparação de dados mais inteligente, adequando o conteúdo importado para um desempenho máximo em tempo de execução no motor

do jogo, e adicionando comportamentos mais inteligentes em tempo de execução (UNREAL ENGINE, 2022).

O Datasmith utiliza atualmente um fluxo de trabalho baseado em arquivos para trazer seus projetos para o Unreal, conforme demonstra a FIGURA 38.

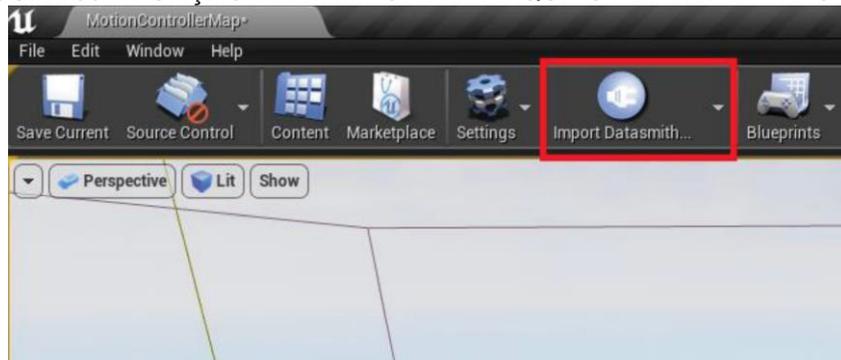


Fonte: Epic Games (2022).

É salvo ou exportado os dados de projeto em um formato que o Datasmith pode lidar. O Datasmith lê o formato de arquivo nativo de muitas aplicações CAD comuns. Para algumas aplicações, incluindo 3ds Max e SketchUp Pro, é necessário instalar um plugin especial, que será usado para exportar arquivos com a extensão *.udatasmith* (UNREAL ENGINE, 2022).

No *Unreal Editor*, é utilizado o *Datasmith Importer* para trazer o arquivo salvo ou exportado para seu projeto atual do Unreal Engine, conforme demonstra FIGURA 39. Neste ponto, é possível controlar quais dados deseja trazer daquele arquivo, e definir alguns parâmetros que controlam o processo de conversão (UNREAL ENGINE, 2022).

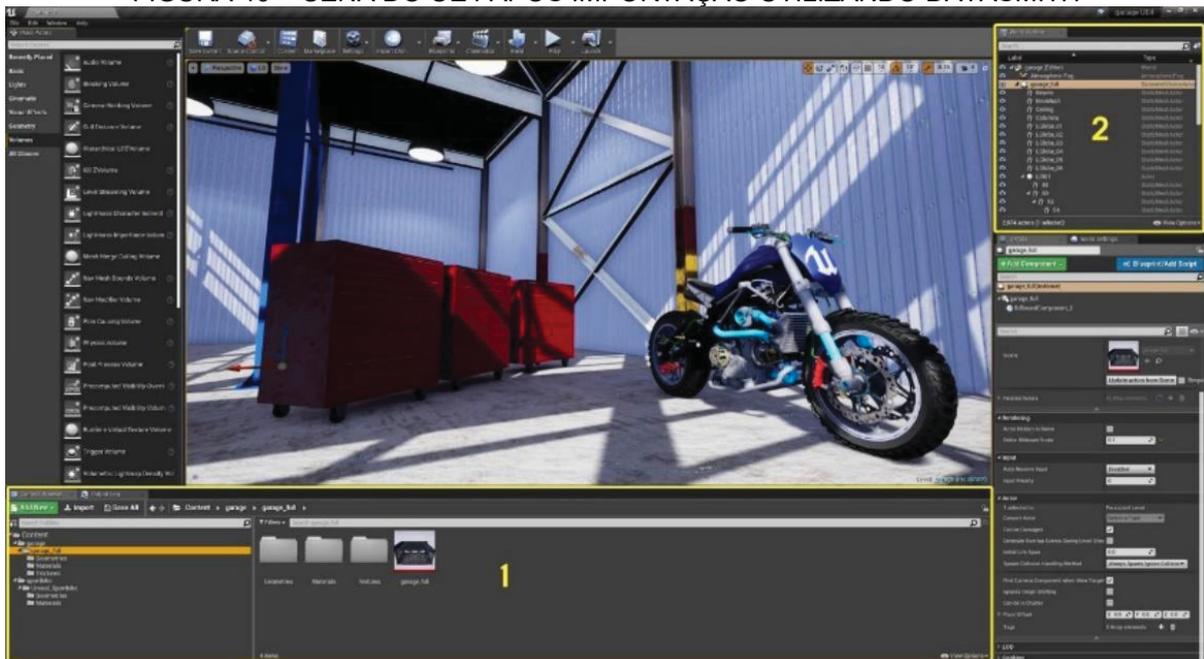
FIGURA 39 – FUNÇÃO PARA IMPORTAR ARQUIVOS DATASMITH NO UE4



Fonte: O autor (2022).

Após usar o Datasmith para importar um arquivo, a primeira coisa que é possível ver são todos os elementos da cena de origem que aparecem na *viewport* do Unreal Editor, conforme demonstra a FIGURA 40. Eles podem não parecer surpreendentes ainda – é necessário lidar com a iluminação e o desenvolvimento da aparência mais tarde - mas neste ponto a cena dentro do Unreal já deve estar montada exatamente como estava no software de modelagem 3D (UNREAL ENGINE, 2022).

FIGURA 40 – CENA DO UE4 APÓS IMPORTAÇÃO UTILIZANDO DATASMITH

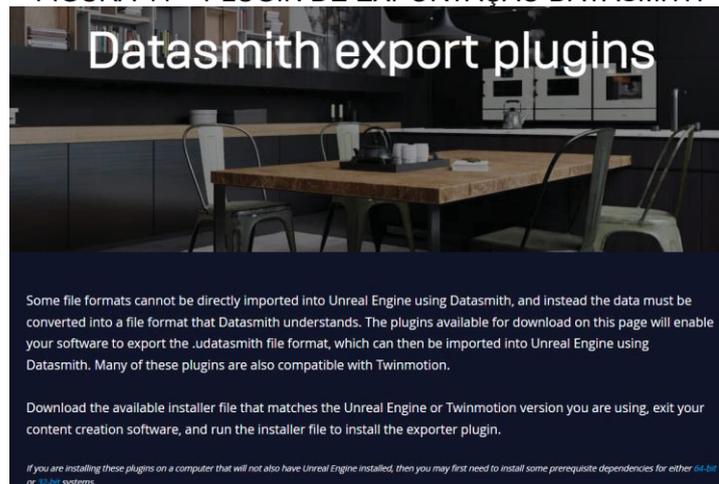


Fonte: Unreal Engine (2022).

Na FIGURA 40, é possível ver como fica uma cena após a importação de arquivos *.udatasmith*. São criados arquivos no navegador de conteúdo do UE4 onde está o número 1 e automaticamente são colocados dentro da cena, conforme demonstra onde está o número 2.

Em resumo, o Datasmith permite exportar seus modelos 3D e texturas de sua ferramenta 3D para o Unreal Engine 4 com um mínimo de esforço e problemas de conversão. Assim, o Datasmith faz a maior parte do trabalho pesado, para que a cena que está na ferramenta 3D pareça mais idêntica possível dentro do UE4. Ele também suporta uma grande quantidade de formatos de arquivo CAD. Mas antes de usar o Datasmith, é necessário instalar um Plugin diretamente do site da Epic Games (FIGURA 41).

FIGURA 41 – PLUGIN DE EXPORTAÇÃO DATASMITH

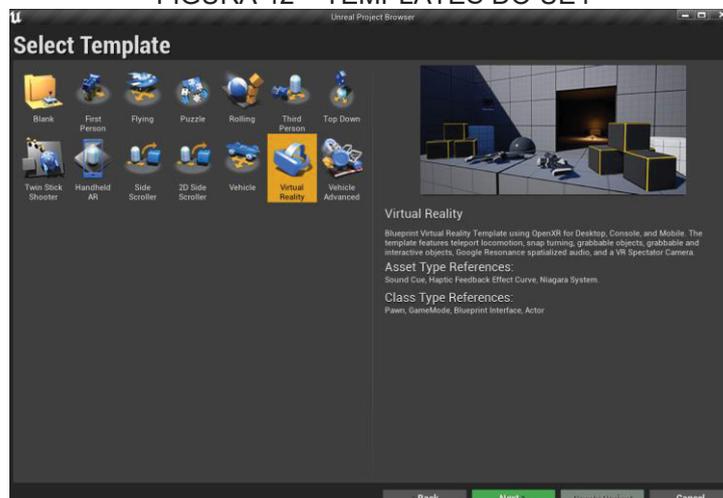


Fonte: Epic Games (2022).

Com a modelagem dentro de softwares como 3ds Max, Sketchup ou Revit é possível configurar os materiais, as luzes e as caso seja necessário. A partir do conjunto de ferramentas Datasmith e o seu plugin 3ds Max Exporter, é possível exportar esses materiais, luzes e câmeras para o Unreal Engine 4. O arquivo é salvo no formato *.udatasmith* onde será aberto no motor de jogo UE4 que possui o conjunto de plugins Datasmith. Ele posiciona o modelo na mesma posição que estava no 3ds Max, Sketchup ou Revit e cria o *Lightmap* automaticamente, exporta tudo que foi criado para o Unreal Engine. O método de transferência escolhido para este projeto foi o Datasmith, pela facilidade e agilidade da exportação e importação de modelos 3D para o Unreal Engine 4.

O Unreal Engine 4 oferece *Templates* prontos com diversos projetos pré-prontos para o usuário começar a criar a partir de uma base (FIGURA 42).

FIGURA 42 – TEMPLATES DO UE4

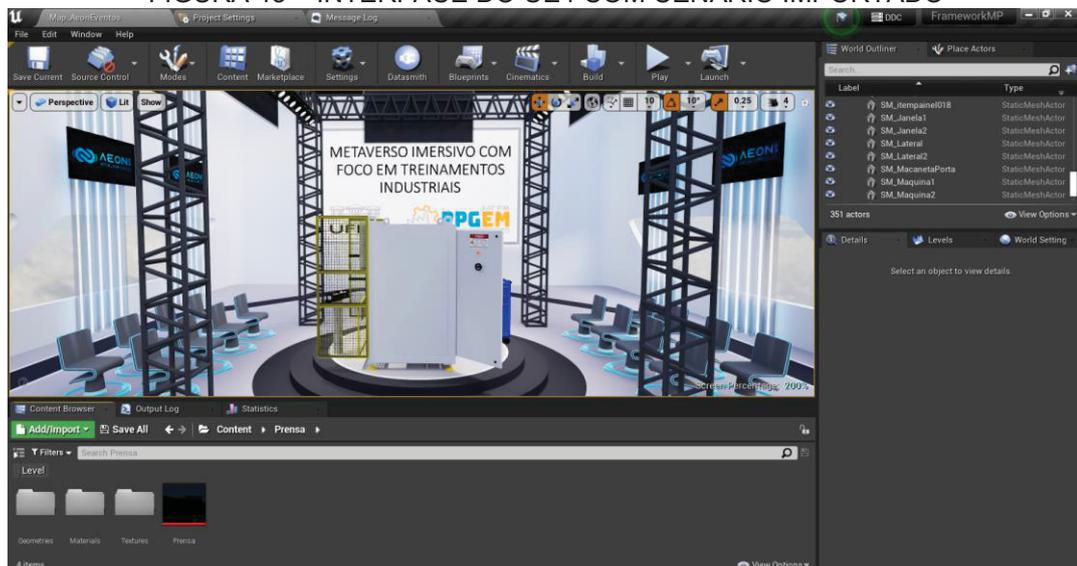


Fonte: O autor (2022).

Um desses *Templates* é um específico para Realidade Virtual, onde ele já oferece uma pré-programação relacionada à RV. Já vem com um meio de locomoção (teletransporte), duas mãos configuradas e animadas entre outros extras. Foi aberto um projeto com esse *Template* e importado toda a modelagem usando o Datasmith, assim o projeto já tem uma base para começar o desenvolvimento.

Após a importação do arquivo *.udatasmith* gerado pelo 3ds Max, a cena vem pronta, com todos os materiais aplicados e com *lightmaps* gerados automaticamente (FIGURA 43).

FIGURA 43 – INTERFACE DO UE4 COM CENÁRIO IMPORTADO



Fonte: O autor (2022).

Após essa transferência, como ainda o Datasmith está em constante evolução, é necessário fazer pequenas configurações, como arrumar alguns materiais como vidros pois eles não são importados da maneira correta; melhorar a iluminação que vem do 3ds Max pelo fato que a unidade de luz que o UE4 usa é diferente do 3ds Max e por último verificar se o mapeamento automático dos *Lightmaps* está bom, pois é possível que alguns objetos possam vir com sobreposição de faces no *Lightmap*, gerando imperfeições no sombreamento desse objeto. Com o modelo 3D pronto, com materiais e iluminação, só resta fazer alguns ajustes como adicionar pós-processamento na cena, reflexividade, colisão nos objetos e renderizar a iluminação usando a opção *Build*.

A UE4 faz os cálculos de rebatimento de luz e sombra em um processo chamado *build*, e os salva em texturas que aplicadas nos modelos dão a aparência de estarem iluminados. Toda vez que luzes e/ou objetos têm sua posição, rotação ou

escala alterados é necessário refazer o processo de *build* novamente para que a UE4, salve as informações novas calculadas (OLIVEIRA, 2016).

Com a iluminação finalizada, conforme demonstra a FIGURA 44 o cenário já está pronto para ir para a próxima etapa que é a da programação.

FIGURA 44 – MODELAGEM AJUSTADA E FINALIZADA NO UE4

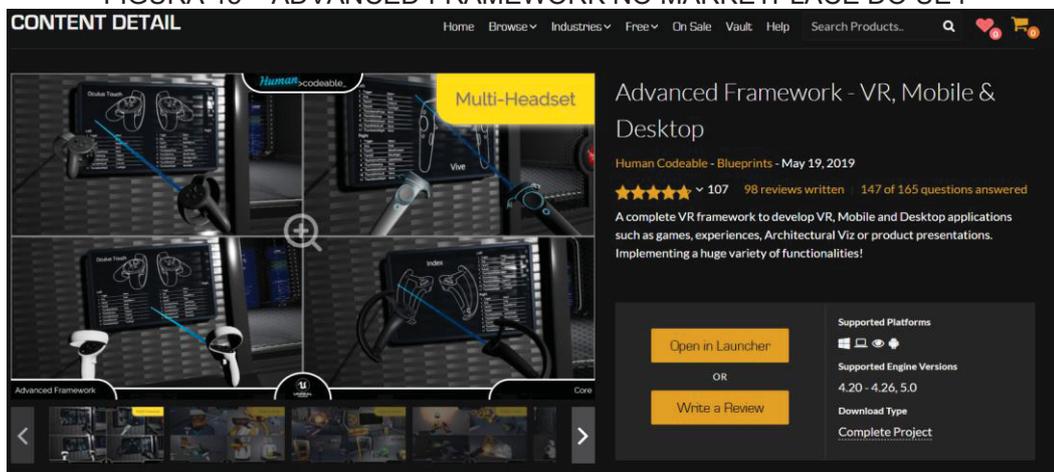


Fonte: O autor (2022).

5.4. PROGRAMAÇÃO DA APLICAÇÃO

O UE4 possui um *marketplace* onde é possível adquirir diversos tipos de ferramentas, modelos 3D e plugins que podem ajudar no desenvolvimento. Há uma ferramenta chamada Advanced Framework (AF) que foi desenvolvido em 2019 pela empresa alemã Human Codeable, que facilita o desenvolvimento de aplicações no Unreal Engine 4, com foco em Realidade Virtual Imersiva, conforme demonstra a FIGURA 45.

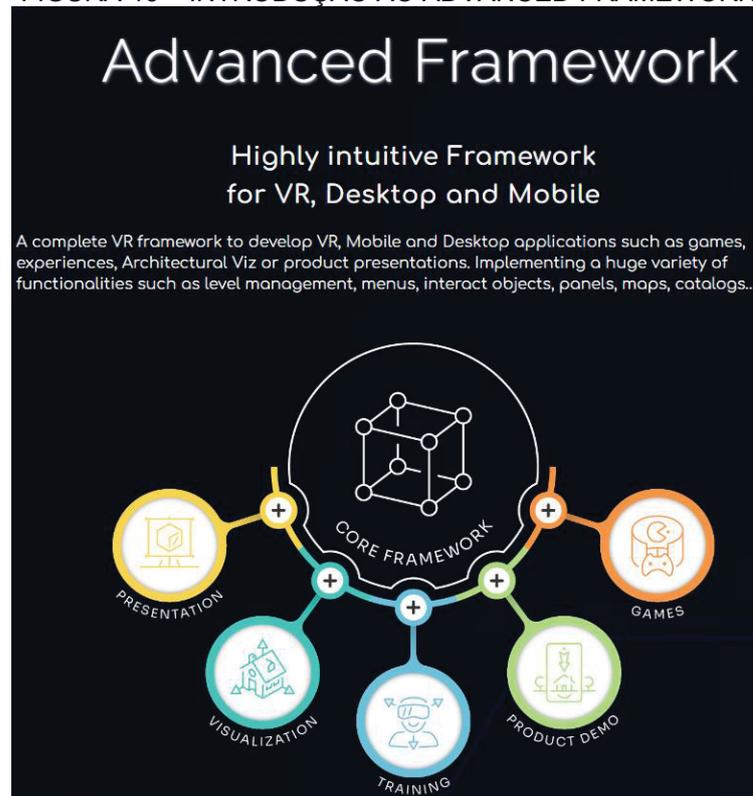
FIGURA 45 – ADVANCED FRAMEWORK NO MARKETPLACE DO UE4



Fonte: Unreal Engine (2022).

O Advanced Framework segundo a Human Codeable (2021) é um framework para Realidade Virtual completo para desenvolver aplicações RV, Mobile e Desktop (ou seja, multiplataforma) como jogos, experiências, visualização arquitetônica, treinamentos ou apresentações de produtos. Implementando uma enorme variedade de funcionalidades como gerenciamento de níveis, menus, objetos de interação, painéis, mapas e catálogo, conforme demonstra a FIGURA 46.

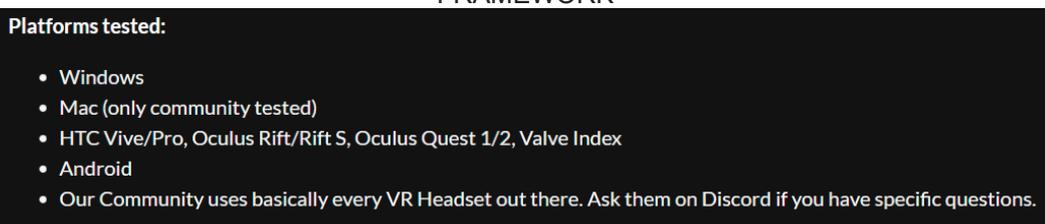
FIGURA 46 – INTRODUÇÃO AO ADVANCED FRAMEWORK



Fonte: Human Codeable (2021).

A grande vantagem da utilização de uma ferramenta como essa é que é possível através de um único projeto a aplicação ser exportada para diversas plataformas, conforme demonstra a FIGURA 47.

FIGURA 47 – PLATAFORMAS TESTADAS PELA HUMAN CODEABLE UTILIZANDO O ADVANCED FRAMEWORK



Fonte: O autor (2022).

Segundo a Human Codeable (2021), todo o projeto é possível controlar através da linguagem de programação visual do UE4 chamado *Blueprints*.

O motor de jogo Unreal Engine 4 possui uma linguagem de *Script Visual* chamado *Blueprint*, que a partir dele é possível programar o seu projeto inteiro de uma maneira muito mais fácil e prática. Ele é usado como ferramenta para integrar as equipes de uma forma mais fácil, onde os programadores podem conversar entre a equipe e demonstrar de uma forma mais prática como usar tal lógica e como modificá-la dentro do Unreal com os *Blueprints*.

É possível programar também na linguagem padrão do software que o C++ com o Visual Studio 2017, e misturar com os *Blueprints*, é tudo questão de conhecimento e prática.

Como o AF permite ser programado inteiramente através do *script* visual *Blueprints*, então todas as interatividades, sistema de voz, sistema de avatares e sistema de conexão foram feitas sem necessitar mexer diretamente em linha de códigos.

5.5. METAVERSO IMERSIVO

Nesse item será discutido e apresentado uma forma de transformar o projeto em um metaverso imersivo, trazendo uma forma de se transformar em um ambiente multiusuário onde se é possível se comunicar através da voz, interagir e criar seu avatar virtual.

5.5.1. Sistema de conexão

Conforme é citado no item 2.2, é necessário também escolher um sistema de conexão para o ambiente se tornar multiusuário, conseqüentemente se transforme em um metaverso. Para o exemplo a ser desenvolvido foi escolhido o *Epic Online Services* (EOS), que segundo a Epic Games (2022) são serviços gratuitos multiplataforma criados para facilitar o lançamento, operação e escalabilidade de aplicações gamificadas de uma forma mais fácil e rápida.

A equipe desenvolvedora do Advanced Framework também desenvolveu uma ferramenta chamada EOSLink, que será utilizada como base e é demonstrada na FIGURA 48.

FIGURA 48 – EOSLINK

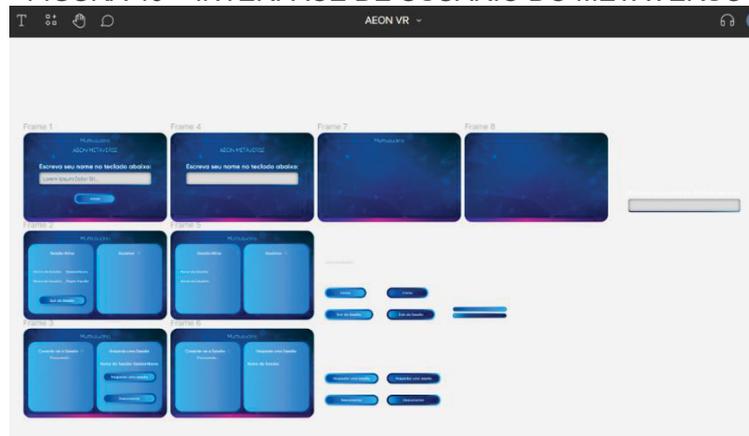


Fonte: Human Codeable (2022).

Segundo a Human Codeable (2021), o EOSLink é uma ferramenta desenvolvida em paralelo que funciona em conjunto com o Advanced Framework para se conectar ao EOS e permitir soluções que necessitem de multijogadores de uma forma simples. Ele se conecta ao Advanced Framework através de um código desenvolvido chamado “AFUEOSLink”. A filosofia por trás do EOSLink é fornecer aos clientes que utilizam o AF uma solução simples, pronta para uso, para uma rede multiplayer confiável de projetos baseados no AF. Enquanto o Epic Online Services fornece uma grande variedade de recursos multiplayer, a ferramenta EOSLink especificamente não implementa esses recursos para agilizar a experiência multiplayer em apenas 2 cliques, tudo de dentro da RV ou em um ambiente desktop ou móvel, como um celular.

Conforme foi citado no item 2.2.1, é importante que a aplicação tenha uma Interface de Usuário. Como será necessário que os usuários se conectem e criem seus avatares no metaverso, foi criado pelo autor utilizando o software *Figma* da Adobe toda a interface do projeto. Foram criadas telas para que o usuário possa escolher seu nome, hospede uma sessão online e se conecte em outras sessões online, como é demonstrado na FIGURA 49.

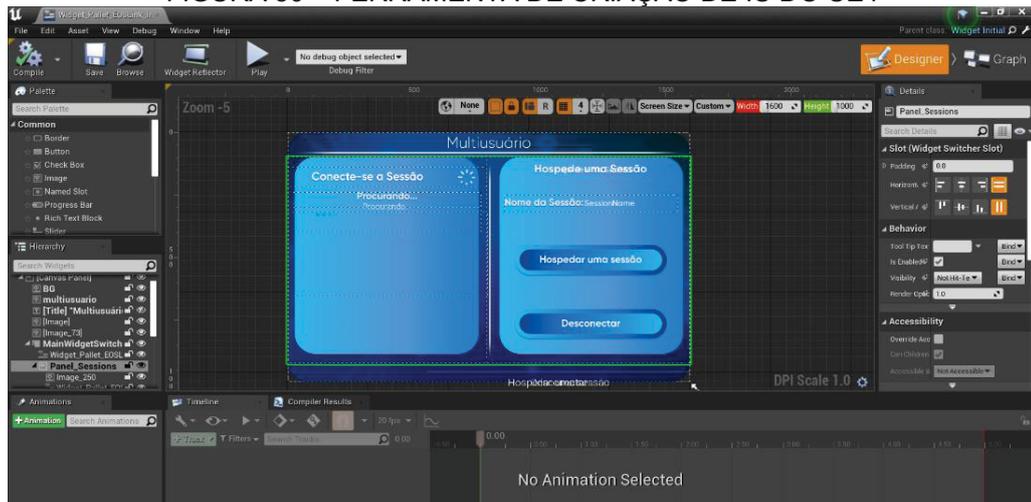
FIGURA 49 – INTERFACE DE USUÁRIO DO METAVERSO



Fonte: O autor (2022).

É necessário exportar as telas de interface criadas para o motor de jogo. É possível exportar em formatos comuns como *.jpg* e *.png*. Após a importação, é necessário trabalhar com a imagem dentro do Unreal Motion Graphics (UMG) UI Designer, que é uma ferramenta visual de IU que pode ser usada para criar elementos de IU como menus e outras interfaces que você deseja apresentar aos usuários, conforme demonstra a FIGURA 50.

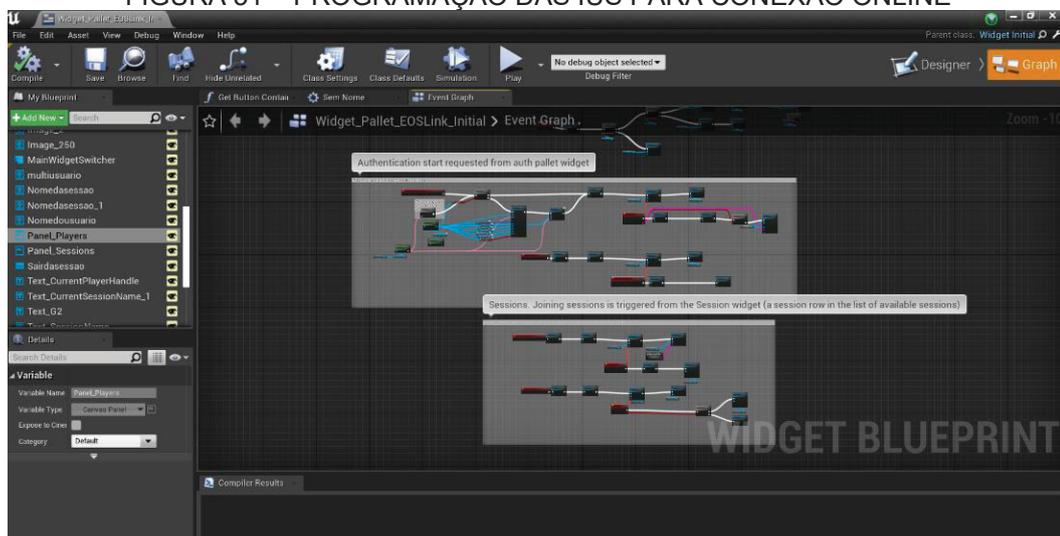
FIGURA 50 – FERRAMENTA DE CRIAÇÃO DE IU DO UE4



Fonte: O autor (2022).

Após a criação das interfaces necessárias, é programado todas as interações com os menus para que seja possível de se hospedar ou entrar em uma sessão online. Foi utilizado a linguagem de *script* visual *Blueprints*, conforme demonstra a FIGURA 51.

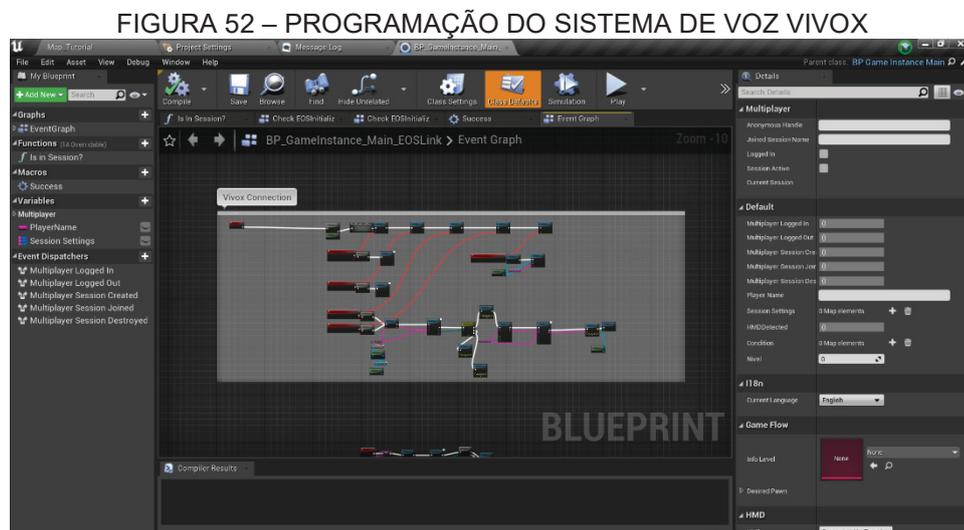
FIGURA 51 – PROGRAMAÇÃO DAS IUS PARA CONEXÃO ONLINE



Fonte: O autor (2022).

5.5.2. Sistema de voz

O item 2.2.3 demonstra a necessidade de se haver um sistema de voz em uma aplicação multiusuário. Incluindo isto adicionará outra camada de imersão, bem como facilitará a comunicação entre os jogadores (HANSEN et al., 2018). Para que haja um sistema de voz multiusuário, será utilizado a plataforma *Vivox*, que é um fornecedor de serviços de comunicação para jogos online (UNITY, 2022). Foi escolhida pelo baixo custo, facilidade de aplicação da plataforma em projetos do software UE4, som espacial (3D) e suporte para o Advanced Framework em conjunto com o EOSLink (HUMAN CODEABLE, 2022). Toda a conexão do Vivox foi programada através de *blueprints* conforme demonstra a FIGURA 52.



Fonte: O autor (2022).

5.5.3. Interatividade e sistema de avatares

Para o máximo de imersão, há a necessidade de se adicionar interações na aplicação, conforme citado no item 2.2.2. É necessário analisar o propósito do desenvolvimento do metaverso imersivo para que seja desenvolvido as interações necessárias para a aplicação dele, como por exemplo interações com equipamentos industriais ou simulações virtuais.

Como a modelagem 3D está pronta, será utilizado alguns componentes fornecidos pelo Advanced Framework para adicionar essas interações. O componente *Drag* e o componente *Select* são duas ferramentas disponibilizadas pelo AF que facilitam a programação da interação de objetos. Segundo a Human Codeable (2021), o componente *Drag* permite a programação de um modelo 3D para que ele tenha um

movimento relativo a outros modelos 3D através de controles deslizantes, botões ou outras formas complexas, conforme a FIGURA 53.

FIGURA 53 – COMPONENTE *DRAG*

3.2.4 *Drag Component*

Enables a mesh of the actor to be moved relative to all other meshes to create sliders, buttons or more complex triggers or puzzles.

Blueprint: `Comp_Drag`

Interface: `Interface_StateComponent_Trigger`

Settings:

- **Drag Type** - defines the spacial curve of the drag
 - **Linear** - the mesh is dragged along a straight line parallel to the x-, y- or z-axis like a slider



Figure 19. Snap Types on a Linear Drag.

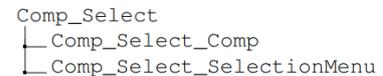
Fonte: O autor (2022).

Já o componente *Select* permite você transferir informação para outros objetos de uma forma fácil e rápida como é explicado na FIGURA 54.

FIGURA 54 – COMPONENTE *SELECT*

3.1.1 *Select Components*

The select components implement the selection of actors in the application. Their main function however, is information transfer. In consequence, select components collaborate constantly with other components depending on what should happen upon selection.

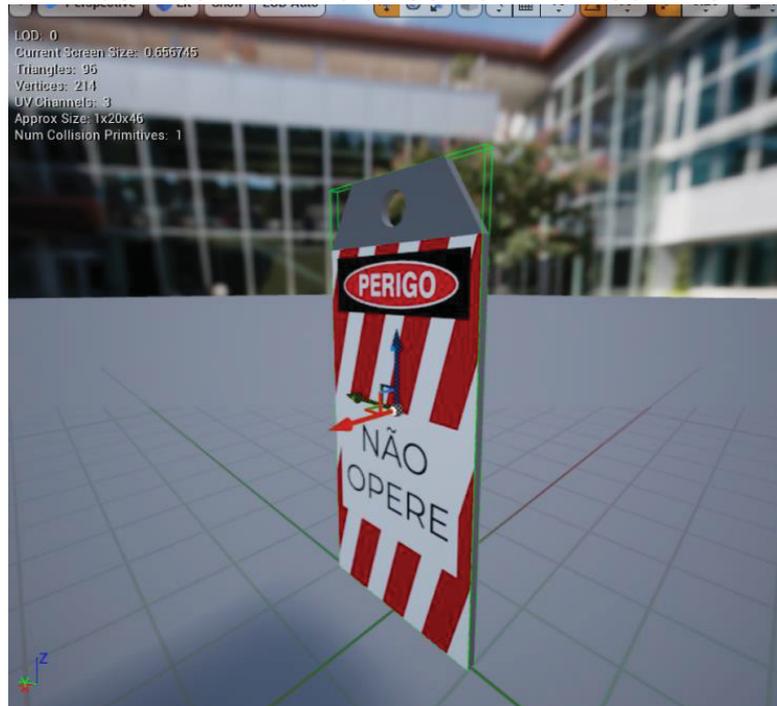


Fonte: O autor (2022).

É possível combinar esses dois componentes para se criar um treinamento industrial utilizando a prensa hidráulica modelada, simulando por exemplo, uma capacitação de como utilizar o comando bimanual. Através dos componentes é possível interagir com os modelos 3D desejados com o componente *Drag* e programar um *feedback* com o componente *Select*.

É possível também simular um treinamento de norma regulamentadora, como por exemplo a NR-10 onde se é necessário saber como executar uma manutenção de painel elétrico. Segundo a Human Codeable (2021), através do componente *Grab* é possível segurar e soltar modelos 3D da forma desejada, desde que tenham uma caixa de colisão, como está na FIGURA 55.

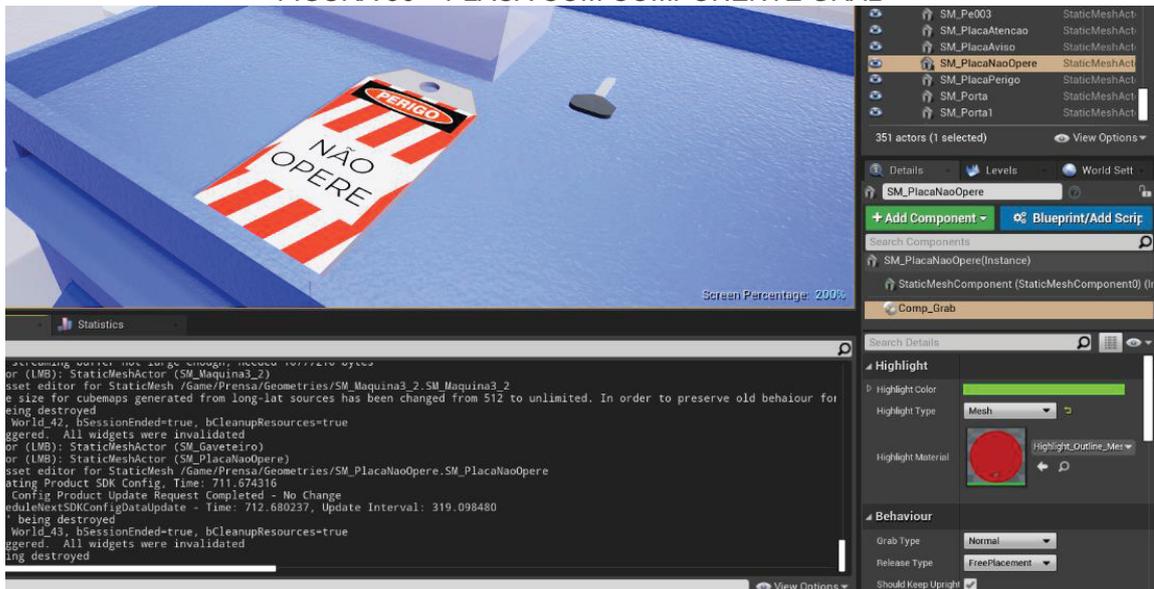
FIGURA 55 – MODELO 3D COM CAIXA DE COLISÃO



Fonte: O autor (2022).

Após a adição da colisão, se o objeto estiver com o componente *Grab* como é demonstrado na FIGURA 56, será possível interagir em todas as plataformas desejadas, incluindo a Realidade Virtual Imersiva.

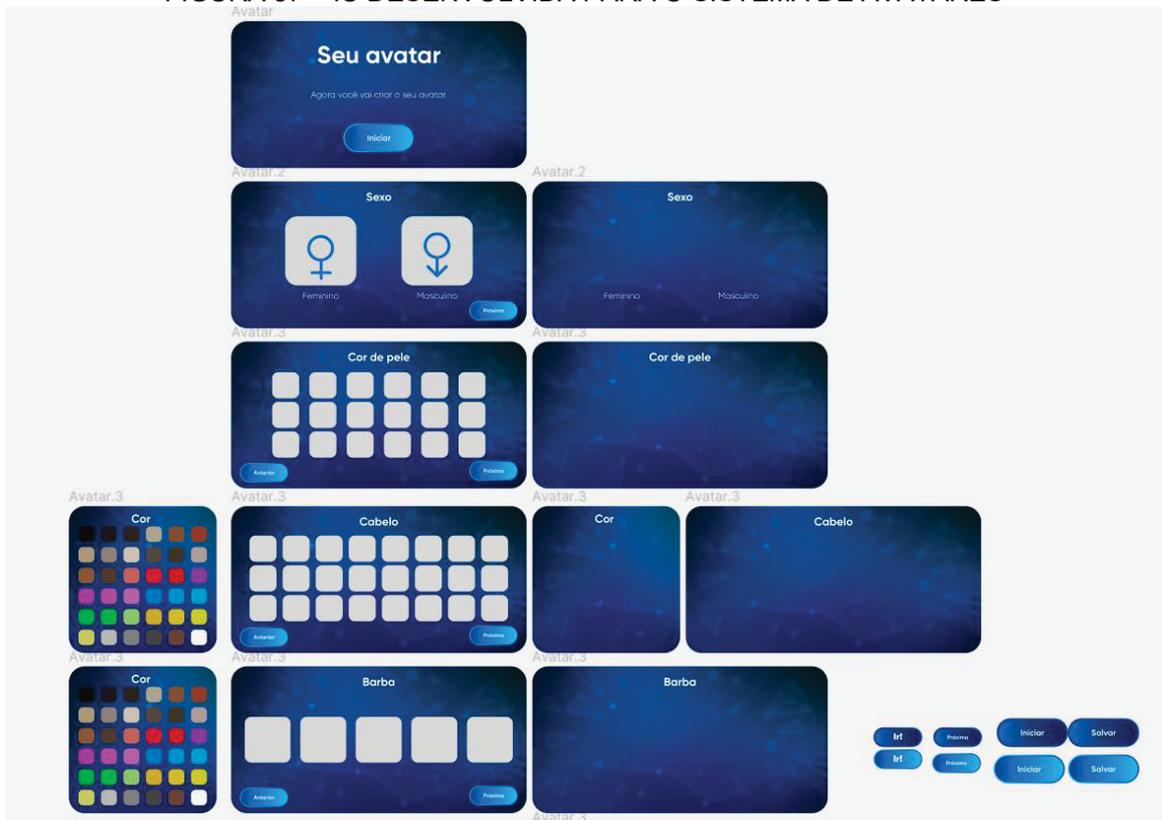
FIGURA 56 – PLACA COM COMPONENTE GRAB



Fonte: O autor (2022).

Após a programação da interação desejada, é programado a criação de avatares. Outras imagens foram desenvolvidas para IU oferecendo a possibilidade de criar avatares 3D, conforme a FIGURA 57.

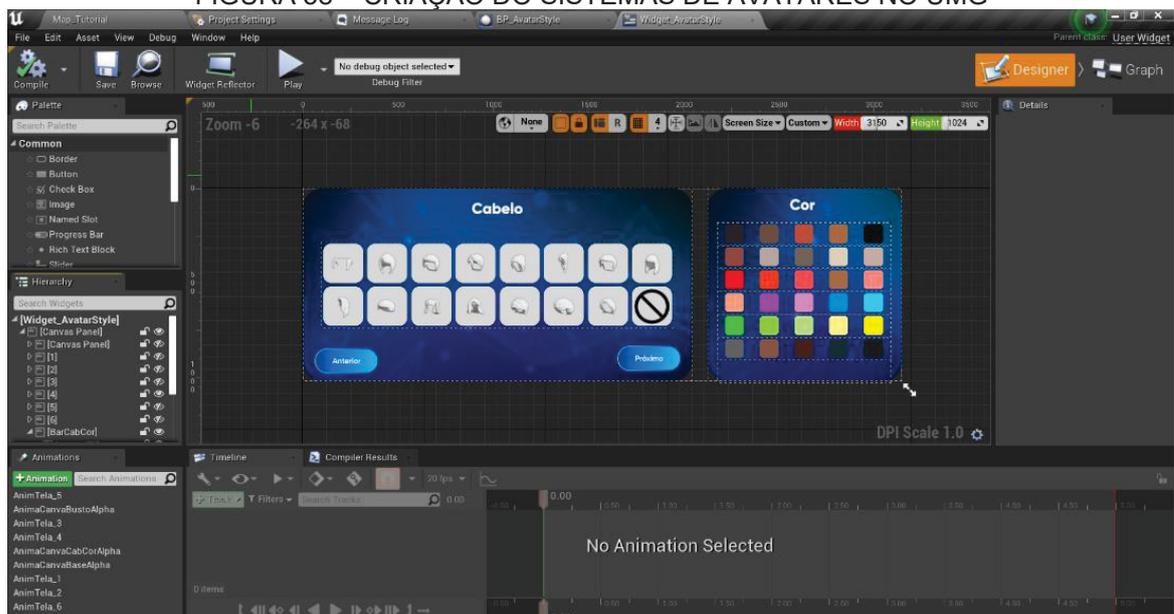
FIGURA 57 – IU DESENVOLVIDA PARA O SISTEMA DE AVATARES



Fonte: O autor (2022).

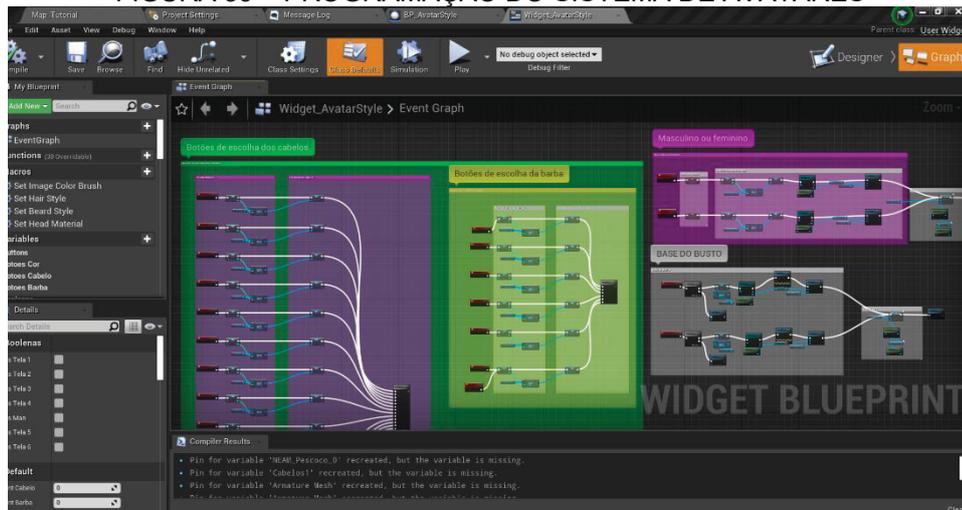
Da mesma forma que a IU dos menus foram aplicadas utilizando o UMG, foi criado todo o sistema de avatares com as texturas importadas e com programação através de *Blueprints*, como é demonstrado na FIGURA 58 e FIGURA 59.

FIGURA 58 – CRIAÇÃO DO SISTEMAS DE AVATARES NO UMG



Fonte: O autor (2022).

FIGURA 59 – PROGRAMAÇÃO DO SISTEMA DE AVATARES



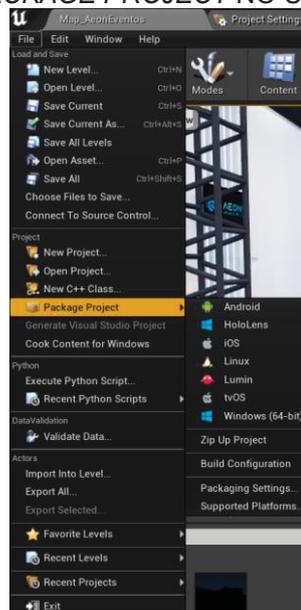
Fonte: O autor (2022).

Após o término da programação, é possível exportar graças ao Advanced Framework as mesmas interações programadas multiplataformas.

5.6. EXPORTAÇÃO DO PROJETO MULTIPLATAFORMA

Com tudo programado, é feito o processo chamado *Package Project*, demonstrado na FIGURA 60, onde o projeto é compactado em um arquivo executável se for para Windows/Mac, ou um aplicativo se for para Android/iOS. Com esse arquivo executável é possível rodá-lo em qualquer computador (se ele tiver os equipamentos necessários para não ter problemas de performance), celular ou para aparelhos RV portáteis como o Meta Quest 2.

FIGURA 60 – PACKAGE PROJECT NO UNREAL ENGINE 4



Fonte: O autor (2022).

Este processo irá juntar todos os arquivos criados e salvar uma como uma aplicação, porém deve ser como última etapa, pois a partir do momento em que for feito, o arquivo será fechado impossibilitando alterações ou correções. O UE4 torna o processo de exportação da aplicação praticamente automático, basta selecionar a plataforma de destino e escolher um local para salvar o arquivo final (OLIVEIRA, 2016).

No capítulo a seguir, será detalhado o processo de avaliação do protótipo.

6. AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO

A avaliação do protótipo da metodologia tem como finalidade avaliar se as funcionalidades propostas no capítulo anterior atuam conforme o planejado, na forma de experimento. Desta forma, é possível descobrir possíveis defeitos e propor melhorias. Como a metodologia dependem do desenvolvimento de fato de um metaverso, essa fase também busca validar esse produto gerado através da metodologia.

A seguir, a execução dos experimentos foi detalhada, conforme o que foi delineado no capítulo 4.

6.1. EXPERIMENTO I

O experimento I consistiu no projeto piloto de metaverso para treinamentos industriais desenvolvido através da metodologia.

Após a exportação da aplicação gerada, é necessário iniciar o executável, passar por um tutorial onde é possível escolher seu avatar. Em seguida, é necessário que um dos usuários crie uma sala para que o sistema *peer-to-peer* funcione. Os outros usuários podem se conectar na sala hospedada, assim podendo conversar ao se conectar ao servidor graças ao sistema de voz Vivox. O usuário que hospedou a sala pode selecionar outros ambientes do metaverso, que no caso o que foi modelado é o cenário de treinamentos onde está a prensa hidráulica. Foram testados com 5 usuários conforme demonstra a FIGURA 61.

FIGURA 61 – PROJETO PILOTO DE METAVERSO PARA TREINAMENTOS INDUSTRIAIS



Fonte: O autor (2022).

O experimento obteve resultados satisfatórios, onde foi averiguado que o projeto desenvolvido através da metodologia funcionou conforme o planejado sem problemas de conexão ou de voz.

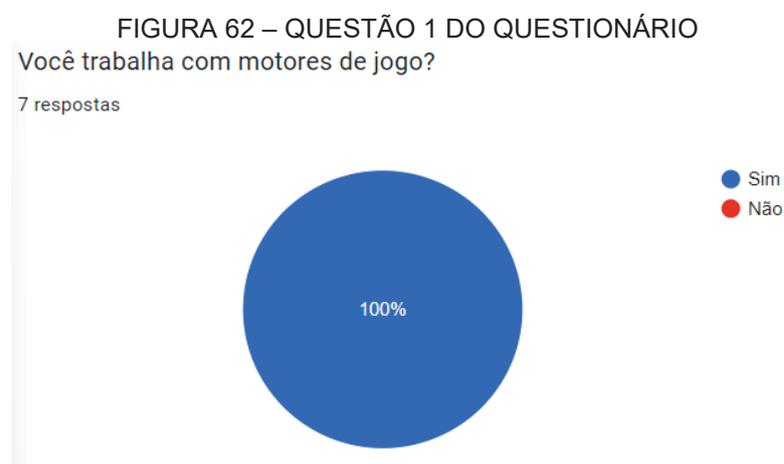
7. VALIDAÇÃO DO PROTÓTIPO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Segundo Santos (2018), a fase de verificação é necessária para demonstrar que os artefatos foram desenvolvidos de forma satisfatória. O artefato proposto (um método para desenvolver um metaverso imersivo) foi validado ao confirmar que seus resultados (após avaliação em um projeto piloto) foram confirmados como utilizáveis para a finalidade proposta.

Foi criado um questionário para validar com outros desenvolvedores se a metodologia que foi desenvolvida nesse documento está compreensível. A metodologia foi enviada junto com o questionário desenvolvido para 7 voluntários que trabalham utilizando motores de jogos. Foi questionado o tempo que trabalham com o software; qual motor de jogo que estão utilizando; em uma escala de 1 a 5 qual o nível de conhecimento dos voluntários com o motor de jogo utilizado; se já desenvolveram alguma aplicação multiusuário; em uma escala de 1 a 5 o quanto os voluntários conseguiram compreender a metodologia encaminhada; se são capazes de reproduzir o que foi proposto pela pesquisa após ler a metodologia e se não, o motivo. Os resultados estão detalhados a seguir. O questionário completo pode ser encontrado no APÊNDICE I.

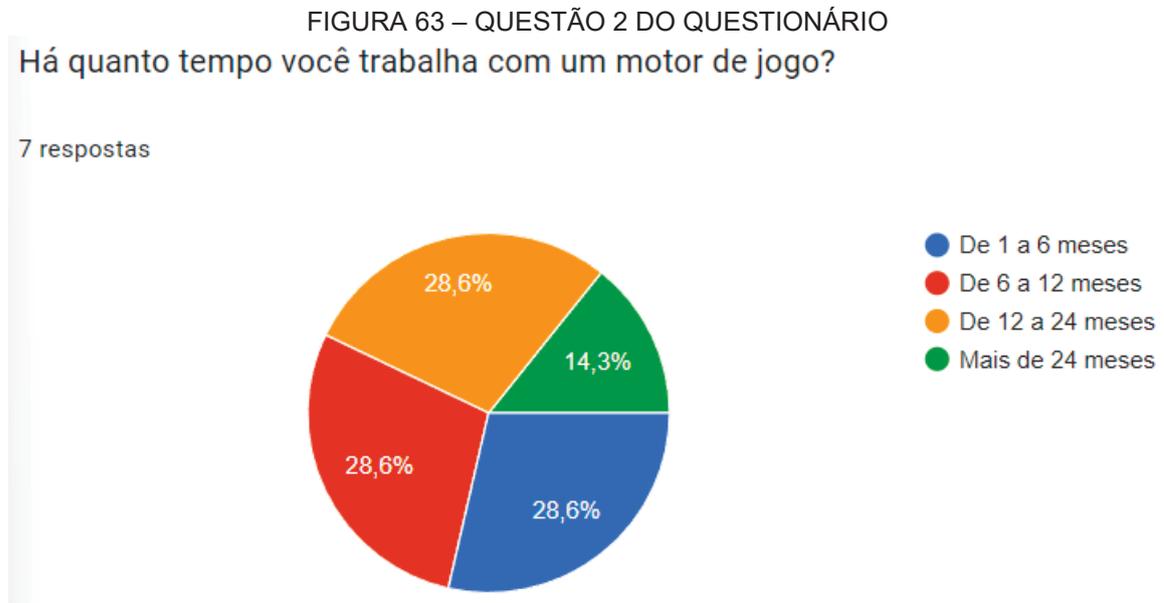
7.1. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Em relação ao questionário respondido, a primeira pergunta é de extrema importância pois é necessário um conhecimento mínimo de motores de jogo para conseguir replicar a metodologia proposta. Dos 7 voluntários, todos responderam que trabalham com motores de jogo, conforme demonstra a FIGURA 62.



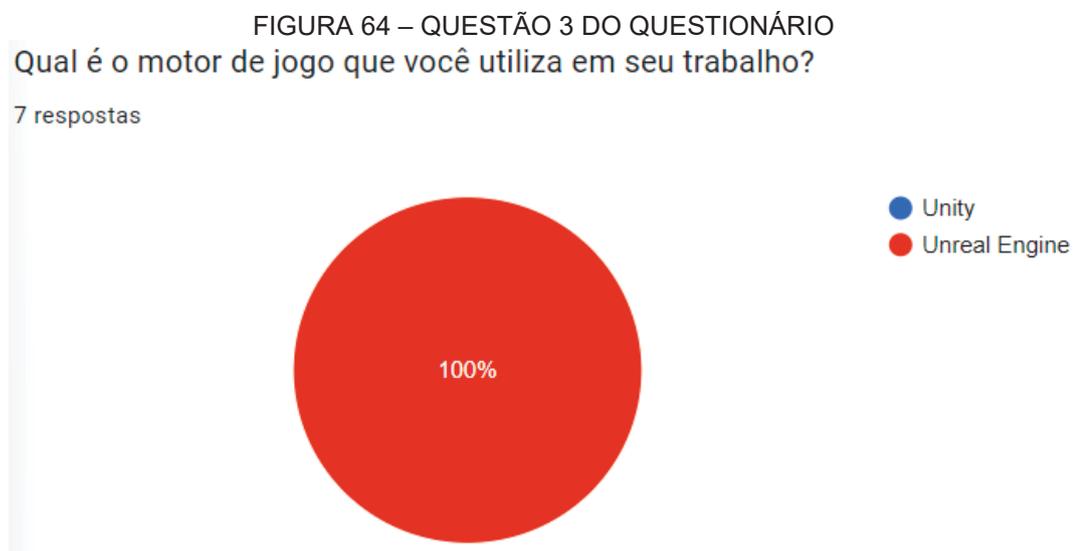
Fonte: O autor (2022).

Na segunda pergunta, foi perguntado o tempo de utilização do software. A pergunta foi separada em 4 respostas em relação da familiaridade, conforme a FIGURA 63. Fazendo uma análise individual, é possível perceber que há uma conexão do tempo de utilização com a noção técnica.



Fonte: O autor (2022).

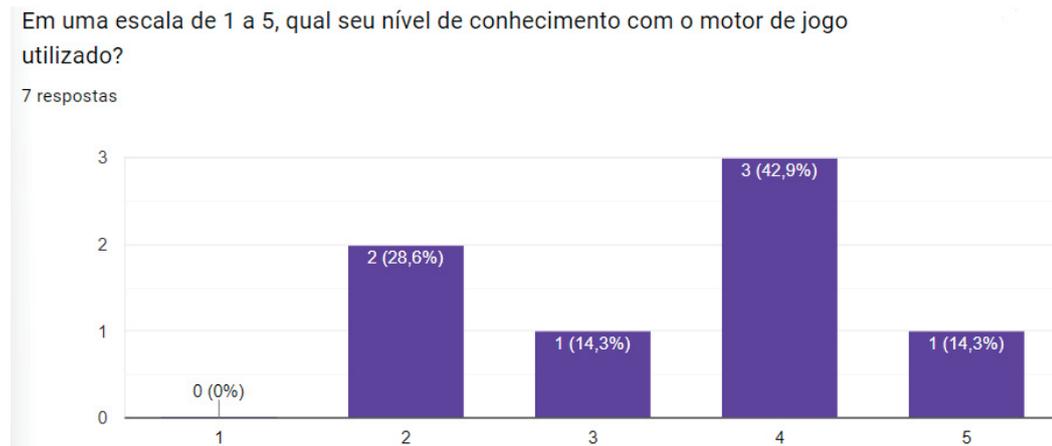
A terceira pergunta é em relação a qual motor de jogo o voluntário utiliza. As respostas foram unânimes em relação ao resultado, onde os 7 responderam que utilizam o Unreal Engine, conforme demonstra a FIGURA 64. O resultado já era esperado pois o questionário foi passado para um público que trabalha com a ferramenta.



Fonte: O autor (2022).

Na quarta pergunta, foi solicitado aos voluntários que dessem uma nota, de 1 a 5 (onde 1 era a mais baixa e 5 a mais alta) para o seu nível de conhecimento com o motor de jogo utilizado, conforme demonstra a FIGURA 65. A nota média entre os 7 voluntários ficou em aproximadamente 3,4, demonstrando que a maioria dos voluntários estão acima da média em relação ao seu conhecimento.

FIGURA 65 – QUESTÃO 4 DO QUESTIONÁRIO



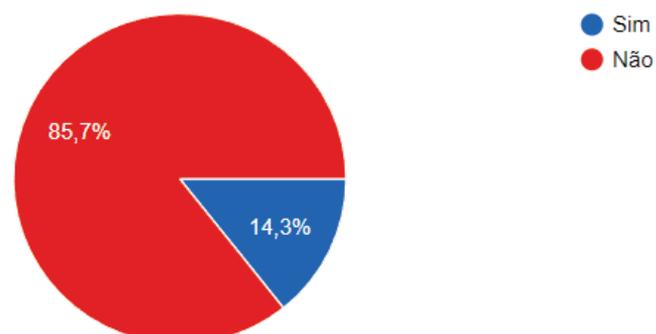
Fonte: O autor (2022).

A questão cinco foi para entender se algum dos voluntários já desenvolveu uma aplicação multiusuário, para averiguar se a metodologia consegue atender as expectativas com usuários experientes e não-experientes em relação a desenvolvimento de aplicações multiusuários. 6 dos 7 voluntários responderam que nunca desenvolveram alguma aplicação multiusuário, assim facilitando a avaliação geral da metodologia, conforme demonstra a FIGURA 66.

FIGURA 66 – QUESTÃO 5 DO QUESTIONÁRIO

Já desenvolveu alguma aplicação multiusuário?

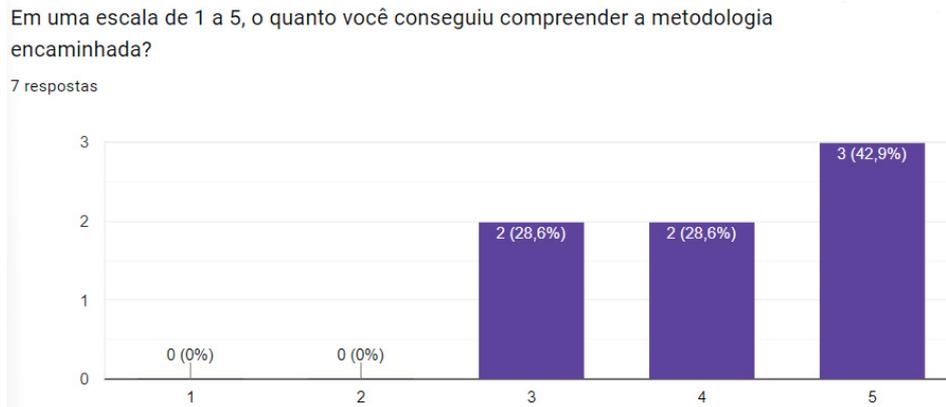
7 respostas



Fonte: O autor (2022).

Na sexta pergunta, conforme a FIGURA 67, foi solicitado aos voluntários que dessem uma nota, de 1 a 5 (onde 1 era a mais baixa e 5 a mais alta) para o quanto eles conseguiram compreender a metodologia proposta por esta pesquisa. A nota média entre os 7 voluntários ficou em aproximadamente 4,1, demonstrando que a metodologia pode ajudar desenvolvedores a desenvolver metaversos imersivos.

FIGURA 67 – QUESTÃO 6 DO QUESTIONÁRIO



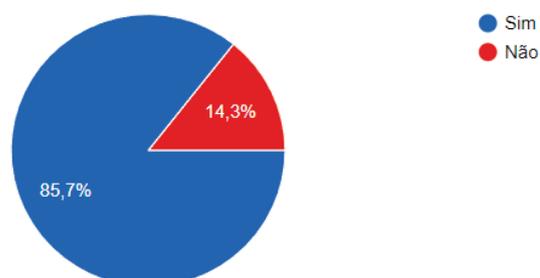
Fonte: O autor (2022).

A sétima questão foi utilizada para saber se após a leitura da metodologia, os voluntários seriam capazes de reproduzir o que foi proposto pela pesquisa. Conforme demonstra a FIGURA 68, 6 dos 7 voluntários disseram que seriam capazes de reproduzir. Fazendo uma análise individual, foi possível ver que os usuários que têm apenas de 1 a 6 meses de tempo de trabalho com motores de jogos conseguiram compreender a metodologia. O único voluntário que respondeu que não seria capaz de reproduzir o que foi proposto pela pesquisa respondeu na oitava questão que o motivo seria por falta de experiência.

FIGURA 68 – QUESTÃO 7 DO QUESTIONÁRIO

Você seria capaz de reproduzir o que foi proposto pela pesquisa após ler a metodologia?

7 respostas



Fonte: O autor (2022).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as conclusões acerca da pesquisa e algumas sugestões para trabalhos futuros que venham tratar do mesmo tema.

O primeiro objetivo específico proposto no item 1.2.2. foi atingido através da fundamentação teórica proposta nesta dissertação que se encontra no item 2. O segundo objetivo também foi atingido no item 5 através do desenvolvimento da proposta da metodologia. Em relação ao terceiro objetivo específico, foi desenvolvido e avaliado o projeto piloto conforme o item 6 e 7. O último objetivo específico foi atingido no item 7.1 com a análise dos resultados através de um questionário.

Através da RBS desenvolvida nesta pesquisa, foi demonstrado o potencial da tecnologia da RVI e as vantagens e necessidade de se utilizar em conjunto com a tecnologia ambientes multiusuários. A aprendizagem é uma das vantagens, tendo como a imersão a característica mais subjetiva, pois quando mais se aumenta a imersão, maior é a aprendizagem (RADIANTI et al., 2020; BIRT, VASILEVSKI; DALGARNO, LEE, 2021).

Em relação a representação social em um ambiente multiusuário, se viu que não é necessário a utilização de avatares foto realistas, pois avatares semi caricaturados conseguem impactar melhor a socialização (GOCHFELD et al., 2019).

Uma das formas de se transformar uma experiência imersiva em um ambiente multiusuário é através de uma arquitetura de conexão servidor/cliente (LINS et al., 2019). Através dessa conexão é possível obter interações sociais permitam usuários interagir entre eles de uma forma imersiva (NOVOTNY et al., 2020). Por último o sistema de voz multiusuário é uma necessidade para que seja possível haver uma comunicação e troca de informações entre os usuários (ORTIZ et al., 2018).

Através desta pesquisa foi criada a metodologia de desenvolvimento de metaverso imersivo com foco em treinamentos industriais e testada em um projeto piloto. Foi validado que através da metodologia foi possível desenvolver um metaverso imersivo com sistema de voz e avatares sem nenhum problema de conexão.

No total foram 7 desenvolvedores que deram um feedback em relação a metodologia, demonstrando que até os desenvolvedores júniores puderam compreender o que foi passado na metodologia, demonstrando que com apenas 6 meses de contato com a ferramenta Unreal Engine 4 já é possível desenvolver metaversos imersivos com foco em treinamentos industriais. Ou seja, através da

metodologia, uma das contribuições dessa pesquisa para a indústria é demonstrar que é possível desenvolver um metaverso imersivo com um conhecimento mínimo de seis meses de prática com o motor de jogo UE4, desde que se haja um conhecimento prévio em modelagem 3D ou que ela seja terceirizada. Isso demonstra que esta pesquisa tem um potencial em ajudar a indústria em alavancar projetos que envolvam metaversos imersivos e outros projetos que envolvam motores de jogo e treinamentos industriais.

8.1. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Com base no desenvolvimento desta pesquisa, surgiram alguns tópicos que podem ser desenvolvidos em futuros estudos, como por exemplo melhorar a forma de validação da metodologia. Uma das possibilidades seria aumentar a quantidade de desenvolvedores que participaram do experimento proposto. Como foi comentado no item 4.2.2., há uma falta de estudos em relação ao software Unreal Engine e o desenvolvimento de aplicações multiusuário, o que significa que a quantidade de desenvolvedores que utilizam o software tende a ser menor do que similares, como o Unity. Também outra possibilidade seria fazer uma comparação entre os dois principais softwares (Unreal Engine e Unity) em relação ao desenvolvimento de metaverso imersivos.

Outra necessidade é validar em treinamentos industriais reais se a utilização da tecnologia da Realidade Virtual em conjunto com o metaverso pode ajudar e melhorar o seu aproveitamento e sua retenção de informação. Através dessa validação seria possível também fazer uma comparação com treinamentos industriais físicos com os virtuais imersivos.

Essa comparação pode trazer uma nova necessidade de estudos sobre a experiência e interface do usuário (*UX/UI*) aplicados em um metaverso imersivo, e como podem interferir na qualidade e utilização do usuário. Uma pesquisa aprofundada deste assunto pode trazer melhores aplicações da tecnologia não apenas em treinamentos industriais e sim em qualquer aplicação que utilize a tecnologia da RVI em metaversos.

REFERÊNCIAS

BERG, H.; STEINSBEKK, A. **The effect of self-practicing systematic clinical observations in a multiplayer, immersive, interactive virtual reality application versus physical equipment: a randomized controlled trial**. *Advances in Health Sciences Education*, v. 26, n. 2, p. 667–682, 2021. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85099991583&doi=10.1007%2Fs10459-020-10019-6&partnerID=40&md5=380a44bf862c804a912276a3aaaca270>>.

BIRT, J.; VASILEVSKI, N. **Comparison of Single and Multiuser Immersive Mobile Virtual Reality Usability in Construction Education**. *Educational Technology and Society*, v. 24, n. 2, p. 93–106, 2021. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85104000685&partnerID=40&md5=836ca2dae807fbe23d35ef2b3b16e98e>>.

TOON BOOM. **About the 3d parameter**. Disponível em: <<https://docs.toonboom.com/help/harmony-14/premium/3d-space/about-3d-pivot-parameter.html>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

BORN, F.; SYKOWNIK, P.; MASUCH, M. **Co-Located vs. remote gameplay: The role of physical co-presence in multiplayer room-scale VR**. 2019 IEEE Conference on Games, CoG 2019. Anais... . v. 2019-Augus, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85073107432&doi=10.1109%2FCIG.2019.8848001&partnerID=40&md5=85e6710e4932e33caaec63d779e5b1e>>.

BOWER, M; LEE, M. J. W; DALGARNO, B. **Collaborative learning across physical and virtual worlds: Factors supporting and constraining learners in a blended reality environment**. *British Journal of Educational Technology*, v. 48, n. 2, p.407-430, 2017.

BRENNER, C.; DESPORTES, K.; OCHOA HENDRIX, J.; HOLFORD, M. **GeoForge: investigating integrated virtual reality and personalized websites for collaboration in middle school science**. *Information and Learning Science*, v. 122, n. 7–8, p. 546–564, 2021. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85110845295&doi=10.1108%2FILLS-12-2020-0254&partnerID=40&md5=80e52e027722eb17630fd4f74a36db28>>.

BRITO, A. **Tutorial modo 401: como fazer retopologia de modelos 3d**. Disponível em: <<https://www.allanbrito.com/2009/08/20/tutorial-modo-401-como-fazer-retopologia-de-modelos-3d/>> . Acesso em: 15 nov. 2022.

BUCK, L. E; RIESER, J. J; NARASIMHAM, G; BODENHEIMER, B. **Interpersonal Affordances and Social Dynamics in Collaborative Immersive Virtual Environments: Passing Together Through Apertures**. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, v. 25, n. 5, p.2123-2133, 2019.

CARRENO, S.; PEREZ-GUTIERREZ, B.; URIBE-QUEVEDO, A.; JAIMES, N. **Lipoma extraction surgery simulation in a multi-user environment**. 2021 IEEE Conference

on Virtual Reality and 3D User Interfaces Abstracts and Workshops, VRW 2021. Anais...
 . p.655–656, 2021. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

85105969806&doi=10.1109%2FVRW52623.2021.00210&partnerID=40&md5=58ff56633dfd83e8b0a443ac8d621107>.

CATAPAN, M. F.; MERCADO, F. A. P.; ALMEIDA, L. G. G.; ZEM NETO, D.; MARTINS, L. O.; ARAUJO, J. L.; STROBEL, C. S. **ACESSIBILIDADE EM TREINAMENTOS DE CIRURGIAS ENDOCÓPICA ATRAVÉS DA VIRTUALIZAÇÃO IMERSIVA - O ESTADO DA ARTE**. In: I Latin American Congress of Applied Technologies, 2021. I Latin American Congress of Applied Technologies. São José dos Pinhais: Latin American Publicações, 2021. v. 1. p. 1.

CHAI, M. T.; HAFEEZ, U. A.; MOHAMAD, N. M.; AAMIR S. M. **The Influences of Emotion on Learning and Memory**. *Frontiers in Psychology*. 2017.

CUPERSCHMID, A. R. M., GRACHET, M. G., FABRÍCIO, M. M. **Desenvolvimento de um ambiente de Realidade Aumentada para montagem de parede pré-fabricada em wood-frame a partir de modelo BIM**. *Ambiente Construído*, v. 16, n. 4, p. 63-78, 2016.

CUPERSCHMID, A. R. M. **Realidade Aumentada no processo de projeto participativo arquitetônico: desenvolvimento de sistema e diretrizes para utilização**. 2014. Tese (Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2014.

DALGARNO, B; LEE, M. J. W. **What are the learning affordances of 3-D virtual environments?** *British Journal of Educational Technology*, v. 41, n. 1, p.10-32. 2010.

DÖRNER, R; GÖBEL, S; EFFELSBERG, W; WIEMEYER, J. **Serious Games: Foundations, concepts and practice**. p. 440. 2016.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P. ; JÚNIOR, J. A. V. A. **Design science research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Bookman Editora, 2015.

DUAN, H.; LI, J.; FAN, S.; et al. **Metaverse for Social Good: A University Campus Prototype**. MM 2021 - Proceedings of the 29th ACM International Conference on Multimedia. Anais. p.153–161, 2021. Association for Computing Machinery, Inc.

EPIC GAMES. **WHAT is Epic Online Services (EOS)?** Disponível em: <<https://dev.epicgames.com/docs/services/en-US/GameServices/Overview/index.html>. Acesso em: 31 maio 2022.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia de pesquisa científica**. Fortaleza, UEC, 2002.

GARCIA, F. E. **Um motor para jogos digitais universais**. 2014. 168 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2014.

GOCHFELD, D.; BENZING, K.; LAIBSON, K.; COULOMBE, A. **Avatar selection for live performance in virtual reality: A case study**. 2019 IEEE Games, Entertainment,

Media Conference, GEM 2019. Anais... , 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85072405297&doi=10.1109%2FGEM.2019.8811548&partnerID=40&md5=a3ad1215673a0acc91fe49c9e1b97593>>.

GUTIÉRREZ, F.; PIERCE, J.; VERGARA, V. M.; COULTER, R.; SALAND, L.; CAUDELL, T. P.; GOLDSMITH, T. E.; ALVERSON, D. C. **The effect of degree of immersion upon learning performance in virtual reality simulations for medical education.** Stud Health Technol Inform, 125:155-60. 2007

HANSEN, A.; ANDERSEN, K.; SIEVERT, B.; et al. **Let's VR: A multiplayer framework for virtual reality.** 27th International Conference on Software Engineering and Data Engineering, SEDE 2018. Anais... . p.51–56, 2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85060824728&partnerID=40&md5=6c804cf0d0642a1ded7222e770f86a78>>.

HE, Z.; DU, R.; PERLIN, K. **CollaboVR: A Reconfigurable Framework for Creative Collaboration in Virtual Reality.** 19th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR 2020. Anais... . p.542–554, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85099276664&doi=10.1109%2FISMAR50242.2020.00082&partnerID=40&md5=17aff95baafc764abfbee30fc48fb2a7>>.

HILFERT, T.; KÖNIG, M. **Low-cost virtual reality environment for engineering and construction.** Visualization in Engineering, v. 4, n. 1, 2016. Visualization in Engineering. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1186/s40327-015-0031-5>>.

HORST, R.; ALBERTERNST, S.; SUTTER, J.; et al. **A video-texture based approach for realistic avatars of co-located users in immersive virtual environments using low-cost hardware.** 14th International Conference on Computer Graphics Theory and Applications, GRAPP 2019 - Part of the 14th International Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications, VISIGRAPP 2019. Anais... . v. 1, p.209–216, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85068204616&doi=10.5220%2F0007311602090216&partnerID=40&md5=88d342e02cbb4d24ab792491771ef517>>.

HUANG, Y.-C; BACKMAN, S. J; BACKMAN, K. F; MCGUIRE, F. A; MOORE, D. **An Investigation of motivation and experience in virtual learning environments: A Self-determination theory.** Education and Information Technologies, v. 24, n. 1, p. 591-611, 2019.

HUMAN CODEABLE. **Creating Human Readable.** Disponível em: <<https://humancodeable.org/>>. Acesso em: 15 nov. 22.

HUMAN CODEABLE. **Documentation.** Disponível em: <http://ansgarjahn.de/Downloads/Documentation/Documentation_AFCore_4.1.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2022.

JAIN, N.; WYDRA, A.; HAI, W.; THALMANN, N. M.; THALMANN, D. **Time-scaled interactive object-driven multi-party VR.** Visual Computer, v. 34, n. 6–8, p. 887–897,

2018. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85046480301&doi=10.1007%2Fs00371-018-1539-1&partnerID=40&md5=66bf3a24cb22edc6e7244a834c2222f8>>.

JIANG, T.; QIU, Y.; LI, F. **A multi-person collaborative simulation system for subway emergency based on virtual reality**. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, v. 750, n. 1, 2020.

JOHNSON-GLENBERG, M. C. **Immersive VR and education: Embodied design principles that include gesture and hand controls**. Frontiers in Robotics and AI, v. 5, n. 81, 2018.

JOHNSON-GLENBERG, M. C.; LY, V.; SU, M.; ZAVALA, R. N.; BARTOLOMEO, H.; KALINA, E. **Embodied Agentic STEM Education: Effects of 3D VR Compared to 2D PC**. 6th International Conference of the Immersive Learning Research Network (iLRN), 2020.

KE, F.; DAI, Z.; PACHMAN, M.; YUAN, X. **Exploring multiuser virtual teaching simulation as an alternative learning environment for student instructors**. Instructional Science, 2021. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85113270361&doi=10.1007%2Fs11251-021-09555-4&partnerID=40&md5=559467e20128902cfc05951eabc146a2>>.

KEUNG, C. C. W.; KIM, J. I.; ONG, Q. M. **Developing a bim-based muvr treadmill system for architectural design review and collaboration**. Applied Sciences (Switzerland), v. 11, n. 15, 2021. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85111699697&doi=10.3390%2Fapp11156881&partnerID=40&md5=1d3254ffec88cae8cce485ecb02dbcaf>>.

KRAUS, S.; KANBACH, D. K.; KRYSTA, P. M.; STEINHOFF, M. M.; TOMINI, N. **Facebook and the creation of the metaverse: radical business model innovation or incremental transformation?** International Journal of Entrepreneurial Behaviour and Research, v. 28, n. 9, p. 52–77, 2022. Emerald Group Holdings Ltd.

KYE, B.; HAN, N.; KIM, E.; PARK, Y.; JO, S. **Educational applications of metaverse: Possibilities and limitations**. Journal of Educational Evaluation for Health Professions, 2021. Korea Health Personnel Licensing Examination Institute.

LACERDA, D. P. et al. **Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção**. Gestão da Produção, São Carlos, vol.20, n.4, p. 741-761, 2013.

LEVINSKI, Renan. **O que é modelagem 3D?** Disponível em: <<https://revospace.com.br/artigo/o-que-e-modelagem-3d/>> . Acesso em: 15 nov. 2022.

LIN, A. J.; CHEN, C. B.; CHENG, F. **A new approach to multiplayer virtual reality games**. 4th International Conference on Mathematics and Artificial Intelligence, ICMAI 2019. Anais.... p.172–175, 2019. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0->

85068869565&doi=10.1145%2F3325730.3325749&partnerID=40&md5=5fd2acc006afdc6e2b6d142a15cee59d>.

LINDBLOM, A.; LAINE, T. H.; ROSSI, H. S. **Investigating Network Performance of a Multi-user Virtual Reality Environment for Mining Education**. 15th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication, IMCOM 2021. Anais... , 2021. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85103742096&doi=10.1109%2FIMCOM51814.2021.9377356&partnerID=40&md5=38bbb3ebbfce06cd13d92242da2bdf82>>.

MASTRO, A. DEL; MONACO, F.; BENYOUCEF, Y. **A multi-user virtual reality experience for space missions**. Journal of Space Safety Engineering, v. 8, n. 2, p. 134–137, 2021. Elsevier Ltd. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jsse.2021.03.002>>.

MATTOS, R. **ANÁLISE CRÍTICA DE UMA METODOLOGIA DE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS NA PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS. Uma Aplicação Prática do MASP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina. P. 176. 1998.

MOTTI, Verônica. **Escaneamento 3d: o que é e como é feito**. Disponível em: <<https://www.produtecalab.com.br/escaneamento-3d-o-que-e-como-e-feito/>> . Acesso em: 15 nov. 2022

NOVOTNY, A.; GUDMUNDSSON, R.; HARRIS, F. C. **A unity framework for multi-user VR experiences**. 35th International Conference on Computers and Their Applications, CATA 2020. Anais. v. 69, p.13–21, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85090842942&doi=10.29007%2F1q2&partnerID=40&md5=2885a3a8b67b959ce9df4cf9d6665188>>.

OLIVEIRA, G. M. **Realidade virtual em apresentação de projeto arquitetônico**. 2016. 82 f. Dissertação (Bacharelado em Design) – Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2016.

ORTIZ, J. S.; SÁNCHEZ, J. S.; VELASCO, P. M.; et al. **Virtual Training for Industrial Automation Processes Through Pneumatic Controls**. 5th International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics, SALENTO AVR 2018, 2018. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85050258219&doi=10.1007%2F978-3-319-95282-6_37&partnerID=40&md5=0ad0dd579baca4acf5339dcef58c60ae>.

PANIAGO, A. L. KAIZEN – **IMPLEMENTAÇÃO NA INDÚSTRIA DE AUTOPEÇAS: RESULTADOS NA REDUÇÃO DAS PERDAS NA ÁREA PRODUTIVA**. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Departamento de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. P. 130. 2008.

PASDIORA, L. **BIM E REALIDADE AUMENTADA COMO SUPORTE NO CONTROLE DE QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Dissertação (Mestrado em Engenharia

Civil) – Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Paraná. P. 111. 2021.

PARONG, J; MAYER, R. E. **Learning science in immersive virtual reality**. Journal of Educational Psychology, v. 110, n. 6, p.785-797, 2018.

PARTHASARATHY, V.; SIMISCUKA, A. A.; O'CONNOR, N.; MUNTEAN, G.-M. Performance Evaluation of a Multi-User Virtual Reality Platform. 16th IEEE International Wireless Communications and Mobile Computing Conference, IWCMC 2020. Anais... . p.934–939, 2020. Disponível em: <[https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85089692952&doi=10.1109%2FIWCMC48107.2020.9148390&partnerID=40&md5=3f781a572ef1a51d09cfdbd170b599ab)

85089692952&doi=10.1109%2FIWCMC48107.2020.9148390&partnerID=40&md5=3f781a572ef1a51d09cfdbd170b599ab>.

PIXELPOEMS. **Hard Surface Industrial Kitbash Volume 1**. Disponível em: <<https://free3d.com/3d-model/hard-surface-industrial-kitbash-volume-1-8104.html>>.

Acesso em: 15 nov. 2022.

RADIANTI, J.; MAJCHRZAK, T. A.; FROMM, J.; WOHLGENANT, I. **A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda**. Computers & Education, v. 147, p. 103778, 2020. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131519303276>>.

SANKARANARAYANAN, G.; WOOLEY, L.; HOGG, D.; DOROZHKIN, D.; OLASKY, J.; CHAUHAN, S.; FLESHMAN, J. W.; DE, S.; SCOTT, D.; JONES, D. B. **Immersive virtual reality-based training improves response in a simulated operating room fire scenario. Surgical endoscopy**. 2018. SCHEFFER, M. et al. Demografia médica no Brasil 2020. São Paulo: FMUSP, CFM, 2020.

SANTOS, A. **Seleção do método de pesquisa: guia para pós-graduando em design e áreas afins**. 228 p. Curitiba/PR: Insight, 2018.

SCHILD, J.; MISZTAL, S.; ROTH, B.; et al. **Applying Multi-User Virtual Reality to Collaborative Medical Training**. 25th IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces, VR 2018. Anais... . p.775–776, 2018. Disponível em: <[https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85053826581&doi=10.1109%2FVR.2018.8446160&partnerID=40&md5=f1422ddbbad455ea6095115dd12c471a)

SCHOTT, C; MARSHALL, S. **Virtual reality and situated experiential education: A Conceptualization and exploratory trial**. Journal of Computer Assisted Learning, v. 34, n. 8, p.843-852, 2018.

SEPASGOZAR, S. M. E. **Digital twin and web-based virtual gaming technologies for online education: A case of construction management and engineering**. Applied Sciences (Switzerland), v. 10, n. 13, 2020. Disponível em: <[https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-](https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85087914094&doi=10.3390%2Fapp10134678&partnerID=40&md5=1e21c318dbba588644855a8466362308)

SILVA, A. C. R. D. **UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA PDCA E O SEU POTENCIAL DE APLICAÇÃO NO SETOR AEROESPACIAL**. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica) - Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Taubaté. P. 180. 2009.

SLATER, M; SANCHEZ-VIVES, M.V. **Enhancing our lives with immersive virtual reality**. *Frontiers in Robotics and AI*, 2016.

TEA, S.; PANUWATWANICH, K.; RUTHANKOON, R.; KAEWMORACHAROEN, M. **Multiuser immersive virtual reality application for real-time remote collaboration to enhance design review process in the social distancing era**. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 2021. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85108593348&doi=10.1108%2FJEDT-12-2020-0500&partnerID=40&md5=db300dd2ee9042c0434e1ecf16f23581>>.

THIELBAR, K. O.; TRIANDAFILOU, K. M.; BARRY, A. J.; et al. **Home-based Upper Extremity Stroke Therapy Using a Multiuser Virtual Reality Environment: A Randomized Trial**. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, v. 101, n. 2, p. 196–203, 2020. Disponível em: <<https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85076248258&doi=10.1016%2Fj.apmr.2019.10.182&partnerID=40&md5=31ef651f9329b132e540c80cfbef292a>>.

TONKA3D. **O que é Rigging e quais cursos usam esta técnica de animação**. Disponível em: <<https://www.tonka3d.com.br/blog/traduzindo-rigging/>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

UNITY. **Vivox voice and text comms**. Disponível em: <<https://unity.com/products/vivox>>. Acesso em: 31 maio 2022.

UNREAL ENGINE. **Advanced Framework – VR, Mobile & Desktop**. Disponível em: <<https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/product/advanced-vr-framework>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

UNREAL ENGINE. **Cgarchitect survey shows shift to real-time rendering**. Disponível em: <<https://www.unrealengine.com/pt-BR/blog/cgarchitect-survey-shows-shift-to-real-time-rendering>> . Acesso em: 02 jun. 2022.

UNREAL ENGINE. **Collision overview**. Disponível em: <<https://docs.unrealengine.com/5.1/en-US/collision-in-unreal-engine---overview/>>. Acesso em: 15 nov. 2022

UNREAL ENGINE. **Datasmith export plugins**. Disponível em: <<https://www.unrealengine.com/en-US/studio/downloads>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

UNREAL ENGINE. **Datasmith overview**. Disponível em: <<https://docs.unrealengine.com/5.1/en-US/datasmith-plugins-overview/>>. Acesso em: 15 nov. 2022.

UNREAL ENGINE. **FBX Import Options**. Reference. <https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/WorkingWithContent/Importing/FBX/ImportOptions/>. Acesso em: 15 nov. 2022.

UNREAL ENGINE. **Packaging projects**. Disponível em: <https://docs.unrealengine.com/en-us/Engine/Basics/Projects/Packaging/>. Acesso em: 15 nov. 2022.

UNREAL ENGINE. **Real-time collaboration in VR is revolutionizing design**. Disponível em: <https://www.unrealengine.com/pt-BR/spotlights/real-time-collaboration-in-vr-is-revolutionizing-design>. Acesso em: 15 nov. 2022.

UNREAL ENGINE. **UMG UI DESIGNER**. Disponível em: <https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/InteractiveExperiences/UMG/>. Acesso em: 15 nov. 2022.

VAISHNAVI, V.; KUECHLER, W. **Design research in information systems**. 2004.

XU, Z.; ZHENG, N. **Incorporating virtual reality technology in safety training solution for construction site of urban cities**. Sustainability (Switzerland), v. 13, n. 1, p. 1–19, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85098591103&doi=10.3390%2Fsu13010243&partnerID=40&md5=1f6aa74fa8d85b0d94f954dc7b93ef1a>.

WALTEMATE, T; GALL, D; ROTH, D; BOTSCH, M; LATOSCHIK, M. E. **The Impact of avatar personalization and immersion on virtual body ownership, presence, and emotional response**. IEEE transactions on visualization and computer graphics, v. 24, n. 4, p.1643-1652, 2018.

ZHANG, Q.; BAN, J. S. J.-S.; KIM, M.; BYUN, H. W.; KIM, C. H. C.-H. **Low-asymmetry interface for multiuser VR experiences with both hmd and non-HMD users**. Sensors (Switzerland), v. 21, n. 2, p. 1–18, 2021. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85099021340&doi=10.3390%2Fs21020397&partnerID=40&md5=0146039a3ef74ebbe4ba34cf6f822b4c>.

ZHAO, R.; AQLAN, F.; ELLIOTT, L. J.; BAXTER, E. J. **Multiplayer physical and virtual reality games for team-based manufacturing simulation**. 2020 ASEE Virtual Annual Conference, ASEE 2020. Anais... . v. 2020-June, 2020. Disponível em: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85095794969&partnerID=40&md5=e31dfb21bc53b2aac0dd9d5dd23ebd0d>.

APÊNDICE I – QUESTIONÁRIO PARA VALIDAÇÃO DA METODOLOGIA

Você está sendo convidado (a) a participar como voluntário de um estudo para fins acadêmicos, que tem como objetivo avaliar uma metodologia de desenvolvimento de metaverso imersivo. A pesquisa integra a dissertação de mestrado profissional do aluna Lucas Gregory Gomes de Almeida, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Manufatura;

Destaca-se o **caráter impessoal** do trabalho, que consiste no agrupamento das respostas dos questionários, refletindo o conjunto dos dados.

1) Você trabalha com motores de jogos?

Sim Não

2) Há quanto tempo você trabalha com um motor de jogo?

De 1 a 6 meses

De 6 a 12 meses

De 12 a 24 meses

Mais de 24 meses

3) Qual é o motor de jogo que você utiliza em seu trabalho?

Unity

Unreal Engine

4) Em uma nota de 1 a 5, qual seu nível de conhecimento com o motor de jogo utilizado?

1

2

3

4

5

5) Já desenvolveu alguma aplicação multiusuário?

Sim Não

6) **Em uma nota de 1 a 5, o quanto você conseguiu compreender a metodologia encaminhada?**

1 2 3 4 5

7) **Você seria capaz de reproduzir o que foi proposto pela pesquisa após ler a metodologia?**

Sim Não

8) **Se a resposta da pergunta acima foi não, descreva o motivo.**

Falta de experiência com o software e/ou a tecnologia proposta

Metodologia está incompleta

Metodologia está difícil de compreender

Outro