

**CENTRO UNIVERSITÁRIO INTERNACIONAL UNINTER
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO E NOVAS
TECNOLOGIAS**

ANDRÉ ROBERTO GUERRA

**A INFLUÊNCIA DA REALIDADE ESTENDIDA IMERSIVA NO
ENSINO E APRENDIZAGEM DE DISCIPLINAS STEM PARA A
CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO NA MODALIDADE EAD:
PROPOSTA DE UM FRAMEWORK PARA CRIAÇÃO DE
CENÁRIOS IMERSIVOS**

CURITIBA

2024

**CENTRO UNIVERSITÁRIO INTERNACIONAL UNINTER
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO E NOVAS TECNOLOGIAS**

ANDRÉ ROBERTO GUERRA

**A INFLUÊNCIA DA REALIDADE ESTENDIDA IMERSIVA NO ENSINO E
APRENDIZAGEM DE DISCIPLINAS STEM PARA A CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO NA MODALIDADE EAD: PROPOSTA DE UM FRAMEWORK
PARA CRIAÇÃO DE CENÁRIOS IMERSIVOS**

CURITIBA

2024

ANDRÉ ROBERTO GUERRA

**A INFLUÊNCIA DA REALIDADE ESTENDIDA IMERSIVA NO ENSINO E
APRENDIZAGEM DE DISCIPLINAS STEM PARA A CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO NA MODALIDADE EAD: PROPOSTA DE UM FRAMEWORK
PARA CRIAÇÃO DE CENÁRIOS IMERSIVOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu – Doutorado Profissional em Educação e Novas Tecnologias, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Doutor em Educação e Novas Tecnologias.

Área de Concentração: Educação

Orientador: Prof. Dr. Luciano Frontino de Medeiros

CURITIBA

2024

G934i Guerra, André Roberto
A influência da realidade estendida imersiva no ensino e aprendizagem de disciplinas Stem para a ciência da computação na modalidade EAD: proposta de um framework para criação de cenários imersivos / André Roberto Guerra. – Curitiba, 2024.
197 f. : il. (algumas color.)

Orientador: Prof. Dr. Luciano Frontino de Medeiros
Tese (Doutorado Profissional em Educação e Novas Tecnologias) – Centro Universitário Internacional Uninter.

1. Aprendizagem – Ensino via Web. 2. Realidade virtual na educação. 3. Framework (Arquivo de computador). 4. Software – Desenvolvimento. 5. Tecnologia educacional. 6. Inovações tecnológicas. I. Título.

CDD 371.334

Catálogo na fonte: Vanda Fattori Dias - CRB-9/547

FOLHA DE APROVAÇÃO



CENTRO UNIVERSITÁRIO INTERNACIONAL UNINTER
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO, PESQUISA E EXTENSÃO-PGPE
PROGRAMA DE MESTRADO E DOUTORADO PROFISSIONAL EM EDUCAÇÃO E NOVAS TECNOLOGIAS
Secretaria do Mestrado e Doutorado Profissional em Educação e Novas Tecnologias

Defesa N° 006/2024

ATA DE DEFESA DE TESE PARA CONCESSÃO DO GRAU DE DOUTOR EM EDUCAÇÃO E NOVAS TECNOLOGIAS

No dia 29 de abril de 2024, às 9h, reuniu-se a Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Educação e Novas Tecnologias, composta pelos professores: Luciano Frontino de Medeiros (Presidente-Orientador-PPGENT/UNINTER), Cinthia Bittencourt Spricigo (Integrante Externo Titular / PUC/PR), Dani Juliano Czelusniak (Integrante Externo Titular / PUC/PR), Manuel Gradim de Oliveira Gericota (Integrante Externo Titular/ UNIVERSIDADE DO PORTO), Gláucia da Silva Brito (Integrante Interno Titular-PPGENT/UNINTER), Rodrigo Otávio dos Santos (Integrante Interno Titular-PPGENT/UNINTER), Álvaro Emilio Leite (Integrante Externo Suplente /UTFPR), Prof. Dr. André Luiz Moscaleski Cavazzani (Integrante Interno Suplente-PPGENT/UNINTER), para julgamento da tese: "A INFLUÊNCIA DA REALIDADE ESTENDIDA IMERSIVA NO ENSINO E APRENDIZAGEM DE DISCIPLINAS STEM PARA A CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO NA MODALIDADE EAD: PROPOSTA DE UM FRAMEWORK PARA CRIAÇÃO DE CENÁRIOS IMERSIVOS", do doutorando André Roberto Guerra. O presidente abriu a sessão apresentando os professores membros da banca, passando a palavra em seguida ao doutorando, lembrando-lhe de que teria até vinte minutos para expor oralmente o seu trabalho. Concluída a exposição, o candidato foi arguido oralmente pelos membros da banca.

Concluída a arguição, a Banca Examinadora reuniu-se e comunicou o Parecer Final de que o (a) doutorando (a) foi:

() APROVADO(A), devendo o(a) candidato(a) entregar a versão final no prazo máximo de 60 dias.

(X) APROVADO(A) somente após satisfazer as exigências e, ou, recomendações propostas pela banca, no prazo fixado de 60 dias.

() REPROVADO(A).

Transformando
vidas por meio
da educação.

O Presidente da Banca Examinadora declarou que o(a) doutorando(a) foi aprovado(a) e cumpriu todos os requisitos para obtenção do título de Doutor em Educação e Novas Tecnologias, devendo encaminhar à Coordenação, em até 60 dias, a contar desta data, a versão final da tese devidamente aprovada pelo professor orientador, no formato impresso e PDF, conforme procedimentos que serão encaminhados pela secretaria do Programa. Encerrada a sessão, lavrou-se a presente ata que vai assinada pela Banca Examinadora.

Recomendações: O aluno deve fazer as alterações que foram colocadas por todos os professores integrantes da banca, em comum acordo com o orientador, conforme registrado no momento da defesa.



Dr. Luciano Frontino de Medeiros
Presidente




Dr. Manuel Gradim de Oliveira Gericota
Integrante Externo Titular

Documento assinado digitalmente

 CINTHIA BITTENCOURT SPRICIGO
Data: 07/05/2024 18:52:28-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dra. Cinthia Bittencourt Spricigo
Integrante Interno Titular

Documento assinado digitalmente

 GLAUCIA DA SILVA BRITO
Data: 08/05/2024 10:25:04-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>


Dra. Glauca da Silva Brito
Integrante Interno Titular



Dr. Rodrigo Otávio dos Santos
Integrante Interno Titular

Dr. Alvaro Emilio Leite
Integrante Externo Suplente

Documento assinado digitalmente

 ANDRÉ ROBERTO GUERRA
Data: 04/06/2024 11:31:41-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

André Roberto Guerra
Doutorando

Dr. André Luiz Moscaleski Cavazzani
Integrante Externo Suplente

Transformando
vidas por meio
da educação.

DEDICATÓRIA

Dedico essa tese à Dona Ivone Maria Guerra, quem sempre acreditou em mim e me incentivou. Se consegui chegar até aqui, foi graças a você, mãe, exemplo de fé e vida, meu alicerce. Dedico também a minha esposa Mariana e aos meus filhos, Isabela e Daniel, e às gerações futuras.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu Professor Orientador Dr. Luciano Frontino de Medeiros por todo apoio e incentivo, desde o início. Estendo o agradecimento ao Professor Dr. Germano Bruno Afonso *In memoriam*, e a todos(as) outros(as) Professores do PPGENT que contribuíram para minha formação, e também ao Professor Dr. Manuel G. Gericota orientador do estágio internacional no ISEP/IPP. Sem esquecer das preciosas dicas e orientações de sobrevivência do Dr. Dani Juliano Czelusniak. Obrigado a todos(as) que contribuíram diretamente para esse trabalho e formação, incluindo a minha família e a Fundação Wilson Picler de Amparo à Educação, Ciência e Tecnologia.

EPÍGRAFE

The video game says: Play me! Face it on a level, but it takes you Every time On a one on one...

...The data bank knows my number Says I gotta pay 'cause I made the grade last year...

...Satellites send me picture Get it in the eye Take it to the wire...

...Feel it going round and round Running out of chips, you got no line in an 8-bit town...

Who made who? Who made you? Who made who? Ain't nobody told you? - AC/DC, 'Who Made Who' 1986

Em um mundo de novas tecnologias e educação em constante evolução, somos levados a questionar quem realmente está no controle. Criamos a tecnologia, ou a tecnologia está nos moldando?

RESUMO

As novas tecnologias para educação estão atualmente se destacando pela diversidade de equipamentos e aplicativos utilizados, vivenciando a provável ruptura tecnológica com o Metaverso e com os novos dispositivos e meios de acesso e comunicação sem fio. Todos os elementos do universo acadêmico, especialmente as Instituições de Ensino Superior (IES), as universidades, as escolas e as academias, que se propõem a utilizar as novas tecnologias para o ensino aprendizagem tem muito a ganhar, tornando alunos protagonistas e aumentando o seu interesse pelos estudos. A pesquisa teve como objetivo geral elaborar um *framework* que sirva de base para nortear a criação de cenários imersivos para atuar no ensino e aprendizagem de disciplinas STEM para cursos de computação na Educação Superior à Distância (EaD). Os objetivos específicos foram: 1) Identificar as tecnologias existentes para o ensino com a Realidade Estendida Imersiva; 2) Fazer um estudo comparativo quantitativo e qualitativo, de caráter descritivo e exploratório sobre a utilização dessas no ensino; 3) Realizar o projeto piloto para o *framework*; 4) Avaliar o projeto piloto com especialistas da área. Os procedimentos metodológicos seguem os aspectos da pesquisa quali-quantitativa e básica, de caráter exploratório e aplicação de questionário, sendo inspirada pelo uso que estão norteados pelos pressupostos da *Design Science Research* (DSR), e baseia na Teoria da Cognição Situada e na Realidade Estendida Imersiva como fundamentos teóricos. A análise é descritiva, os resultados são apresentados a partir de quadros e tabelas. Permeia-se pelo problema de pesquisa, como um cenário de/com tecnologias imersivas Immersive VR, AR, MR, XR e RM (Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Realidade Mista, Realidade Estendida e Realidade Mediada - Imersivas) pode ser desenvolvido para atuar no ensino e aprendizagem de disciplinas STEM para cursos de computação na educação superior à distância (EaD)? A RSL foi realizada sobre as tecnologias disponíveis para o ensino com a Realidade Estendida Imersiva e são apresentadas soluções para o desenvolvimento (construção) de ambientes de realidade aumentada por computador, por meio de dispositivos (hardware) de realidade virtual imersiva, de ferramentas de desenvolvimento (software) e a conectividade, com aplicação em cenários de ensino aprendizagem. Um cenário com tecnologias imersivas pode ser desenvolvido para o ensino de disciplinas STEM em cursos de computação na EaD ao criar ambientes interativos e realistas que facilitam a compreensão de conceitos complexos. Através dessas tecnologias, os alunos podem participar de simulações práticas, visualizar modelos 3D, e interagir com elementos virtuais sobrepostos ao mundo real. A integração dessas tecnologias com plataformas de *Learning Management System* (LMS) permite um acompanhamento eficaz do progresso dos alunos. O design instrucional baseado em teorias de aprendizagem assegura que as atividades imersivas sejam pedagogicamente sólidas, promovendo engajamento e conhecimento. A acessibilidade e a compatibilidade com diversos dispositivos garantem que todos possam usufruir dessas ferramentas de maneira eficiente. Sendo assim, o *framework* fornece uma base para projetar experiências de aprendizado imersivo eficazes na educação STEM, enfatizando tanto a compreensão teórica quanto a

implementação prática para aprimorar o ensino e a aprendizagem por meio de tecnologias imersivas.

Palavras-chave: Aprendizagem Imersiva. Realidade Estendida. Ambientes Virtuais de Aprendizagem 3D. Educação e Novas Tecnologias.

ABSTRACT

New educational technologies are currently gaining prominence due to the diversity of equipment and applications used, experiencing the likely technological disruption with the Metaverse and with the new devices and means of access and wireless communication. All elements of academia, particularly Higher Education Institutions (HEIs), universities, schools, and academies, which propose to use new technologies for teaching and learning, have much to gain. These technologies empower students, making them the protagonists of their learning journey and enhancing their interest in their studies. The research had the general objective of developing a framework that serves as a basis to guide the creation of immersive scenarios to act in the teaching and learning of STEM disciplines for computing courses in Higher Distance Education (EaD). The specific objectives were: 1) Identify existing technologies for teaching with Immersive Extended Reality; 2) Make a quantitative and qualitative comparative study, of a descriptive and exploratory nature, about the use of these in teaching; 3) Carry out the pilot project for the framework; 4) Evaluate the pilot project with experts in the field. The methodological procedures follow the aspects of qualitative-quantitative and basic research, of an exploratory nature, and the application of a questionnaire, being inspired by the use that is guided by the assumptions of Design Science Research (DSR) and based on the Theory of Situated Cognition and Immersive Extended Reality as theoretical foundations. The analysis is descriptive, the results are presented from tables and tables. The research problem permeates the question of how a scenario of / with immersive technologies Immersive VR, AR, MR, XR, and RM (Virtual Reality, Augmented Reality, Mixed Reality, Extended Reality, and Mediated Reality - Immersive) can be developed to act in teaching and learning of STEM disciplines for computing courses in distance higher education (EaD)? The SLR was carried out on the technologies available for teaching with Immersive Extended Reality and solutions are presented for the development (construction) of computer-augmented reality environments, through devices (hardware) of immersive virtual reality, development tools (software) and connectivity, with application in teaching-learning scenarios. A scenario with immersive technologies can be developed for teaching STEM disciplines in EaD computing courses by creating interactive and realistic environments that facilitate the understanding of complex concepts. Through these technologies, students can participate in practical simulations, visualize 3D models, and interact with virtual elements superimposed on the real world. The integration of these technologies with Learning Management System (LMS) platforms allows effective monitoring of student progress. The instructional design based on learning theories ensures that immersive activities are pedagogically solid, promoting engagement and knowledge. Accessibility and compatibility with various devices ensure that everyone can efficiently use these tools. Thus, the framework provides a basis for designing effective immersive learning experiences in STEM education, emphasizing both theoretical understanding and practical implementation to enhance teaching and learning through immersive technologies.

Keywords: Immersive Learning. eXtended Reality. 3D Virtual Learning Environments. Education and New Technologies.

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

API	Application Programming Interface
AR	Augmented Reality (Realidade Aumentada)
AVA	Ambientes Virtuais de Aprendizagem
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CAVE	Cave Automatic Virtual Environment
C++	C PLUS – Linguagem de Programação Compilada multi-paradigma
C#	C SHARP - Linguagem de Programação multi-paradigma Orientada a Objetos
CISCO	A Cisco Systems, Inc. é uma companhia transnacional americana sediada em San José, Califórnia,
CISCO PT	Packet Tracer é uma ferramenta de simulação de rede da Cisco, projetado para orientar alunos sobre certificações de redes.
CPU	Central Processing Unit
DSR	Design Science Research
EaD	Educação a Distancia
EFiL	Educational Framework for Immersive Learning
HDR	High Dynamic Range
IA	Inteligência Artificial
ISEP/IPP	Instituto Superior de Engenharia do Porto/Instituto Politécnico do Porto <i>School of Engineering, Polytechnic University of Porto</i>
KERNEL	o Kernel significa o conceito central de cada etapa do <i>Framework</i>
LEEP	Large Expanse Enhanced Perspective
LMS	Learning Management System (Sistema de Gerenciamento de Ensino)
MR	Mixed Reality (Realidade Mista)
NPC	“Non-Playable Character,” traduz-se como personagem não jogável.
OA	Objeto de Aprendizagem
PPGENT	Programa de Pós-graduação em Educação e Novas Tecnologias do Centro Universitário Internacional Uninter.
RA	Realidade Aumentada (Augmented Reality)

RE	Realidade Estendida (eXtended Reality)
RM	Realidade Mediada
RQ	Research Question (Pergunta de Pesquisa)
RSL	Revisão Sistemática da Literatura
RV	Realidade Virtual (Virtual Reality)
SciELO	Scientific Electronic Library Online
SL	Second Life
SPSS	Statistical Package for the Social Science
SRV	Sistema de Realidade Virtual (Virtual Reality System)
STEM	Science, Technology, Engineering, and Mathematics (Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática)
TD	Tecnologias Digitais
UE	Unreal Engine e suas 5 versões
UNINTER	Centro Universitário Internacional
VCASS	Visually Coupled Airborne Systems Simulator
VIVED	Virtual Visual Environment Display
VPL	Virtual Programming Languages
VR	Virtual Reality (Realidade Virtual)
VRML	Virtual Reality Modeling Language
XR	eXtended Reality (Realidade Estendida)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
1.1 Objetivo Geral	29
1.2 Objetivos específicos.....	29
1.3 Estrutura da tese	29
2 METODOLOGIA	31
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	37
3.1 Educação e o uso da realidade aumentada por computador aplicada.....	37
3.2 Metaverso.....	53
3.3 Breve contextualização em relação ao desenvolvimento de um <i>framewor</i>	56
3.3.1 Requisitos Básicos para um Sistema de RV	56
3.3.2 Modelagem e Programação em Ambientes Virtuais.....	58
3.3.3 Processo de Desenvolvimento de Sistemas de RV.....	60
3.4 Linha do tempo acerca das Tecnologias de Realidade	66
3.5 <i>Second Life</i>	72
3.6 Sistemas interativos convencionais.....	74
3.7 Realidade Virtual Imersiva.....	76
3.8 Plataformas de Hardware para Cenários Imersivos	78
3.9 Plataformas de Desenvolvimento de Software	92
3.10 Funcionamento da Realidade Virtual (RV) Imersiva.....	104
3.11 Conectividade e a utilização dos novos meios de conexão.....	106
4 A REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA (RSL)	115
5 EXPLORANDO A TEORIA DE APRENDIZAGEM: COGNIÇÃO SITUADA E REALIDADE ESTENDIDA IMERSIVA	129
5.1 Teoria de Aprendizagem	129
5.2 A Teoria da Cognição Situada (TCS)	131
5.3 Aplicações da Realidade Virtual (RV) Imersiva no Ensino	139
6 A EXECUÇÃO DAS ETAPAS DA DESIGN SCIENCE RESEARCH (DSR)	142
6.1 Produto da Tese: Framework para Elaboração de Experiências de Imersão como Ferramenta para Aprendizagem em Ciência da Computação.....	142
6.2 Avaliação do Artefato – Formulário e Gráficos da Avaliação.....	142
CONCLUSÕES	169
REFERÊNCIAS	172
APÊNDICE A - Pesquisa de avaliação sobre a Utilização do Meta Quest Pro no ensino/aprendizado	193

1 INTRODUÇÃO

Esta tese descreve a pesquisa iniciada em novembro de 2017, durante conferência internacional sobre VR em Zurique, que motivou o desenvolvimento do projeto de pesquisa, utilizado com requisito fundamental do doutorado, que foi aceito pelo orientador Prof. Germano Bruno Afonso, e iniciou no 1º semestre de 2020, período da pandemia de COVID-19, que levou nosso Xamã (Prof. Germano), que não resistiu à infecção do vírus e faleceu em 26 de agosto de 2021.

A partir de então, o Prof. Luciano Frontino de Medeiros assumiu a minha orientação e deus novos horizontes para a pesquisa, e em novembro de 2022 realizei a RSL (Revisão Sistemática da Literatura) para mapear as tecnologias existentes para o ensino com a Realidade Estendida Imersiva, durante o estágio doutoral internacional de 1 mês no ISEP/IPP (Instituto Superior de Engenharia do Porto/Instituto Politécnico do Porto) em Portugal, sob a Orientação do Prof. Dr. Manuel Gericota. Dessa RSL, apresentada no capítulo 4 dessa tese, resultou o artigo *A Review of Immersivity in Distance Higher Education STEM subjects*, apresentado virtualmente pelo Virbela¹ e presencialmente na California Polytechnic State University, USA na 9ª Conferência Internacional do *Immersive Learning Research Network* (iLRN2023) em junho de 2023. No dia 11 de dezembro de 2023 houve a aprovação na banca de defesa de qualificação da tese, e já no início do ano corrente, 2024, efetuei os ajustes finais, com destaque para a avaliação sobre a Utilização do Meta Quest Pro no ensino aprendizado, realizada pelo grupo focal de especialistas - painel de especialistas.

O tema em questão, trata-se de uma pesquisa com potencial de aprendizagem significativa, sobretudo, pela introdução de novas práticas educativas e possibilidades ao processo de ensino e aprendizagem, pois envolve apresentação de uma proposta de um *framework* para criação de cenários imersivos. É interessante destacar que essa pesquisa se apoia na aplicação de tecnologias imersivas: Realidade Aumentada (AR); Realidade Mista (MR); Realidade Virtual (VR); Realidade Estendida (XR) e Realidade Mediada (RM).

¹ Virbela é uma plataforma de *Immersive Learning* no Metaverso, apresentada em detalhes no capítulo 3.9 Plataformas de Desenvolvimento de Software.

A conceituação de *framework* adotada neste trabalho, apoia-se em Shetu *et al.*, (2021), que destacam que o *framework* faz parte de um conjunto de códigos genéricos e basilar utilizados como um pacote por desenvolvedores que estão criando um site. Assim, a partir do momento que um projeto é dado início pelo profissional, esse pacote de códigos prontos é um suporte que promove o trabalho, impedindo a necessidade de iniciar o site do zero, isto é, partindo de uma base comum a qualquer desenvolvimento. Os *frameworks* podem ser baixados em comunidades de desenvolvedores, de forma gratuita, uma vez que são criados por esses profissionais.

Para Silva (2021), é importante acrescentar, que por ser um pacote de códigos padronizado, para usar um *framework* é imprescindível estar em consonância com a finalidade para o qual foi construído. Isso porque, há *frameworks* específicos para o desenvolvimento de aplicativos, manipulação de bancos de dados, programação de games, desenvolvimento de redes sociais entre outras finalidades. Cabe salientar, que, caso o interessado deseje construir um site simples e/ou estático, não será possível utilizar um *framework* de games. Os *frameworks* são desenvolvidos com base em diferentes linguagens de programação, com isso, durante a escolha de um *framework*, é fundamental estar conforme a sua linguagem nativa. Caso contrário, a comunicação entre ele e a sua aplicação não será possível. Em termos gerais, o *framework* nesse estudo destina-se a enquadrar a produção de conteúdo didáticos imersivos no âmbito do ensino superior.

Sobre o conceito de Objetos de Aprendizagem (OA), entende-se quaisquer materiais eletrônicos – imagens, vídeos, páginas web, animações e/ou simulações, que gerem informações destinadas à constituição do conhecimento “(conteúdo autocontido), explicitem seus objetivos pedagógicos e estejam estruturados de tal forma que possam ser reutilizados e recombinaos com outros objetos de aprendizagem (padronização)” (Carneiro; Silveira, 2012, p. 30).

Segundo Handa e Silva (2003) a OA compõem-se das principais características: a) Uma unidade de autoconteúdo de aprendizagem; b) Reutilizável; c) Alterável; d) Agregável; e) Acompanhado de metadados.

De modo mais específico, os OA são considerados uma unidade de autoconteúdo de aprendizagem porque cada objeto pode ser usado de forma singular e autônoma. Reutilizável porque cada um pode ser usado em múltiplos

contextos para os mais variados fins. É considerado alterável, pois é suscetível a alterações dentro de suas propriedades, agregável porque cada unidade educacional pode ser agrupada em maiores quantidades de conteúdos, adicionalmente às tradicionais estruturas de cursos sendo acompanhado de metadados, porque cada um carece passar informações descritivas, pois assim, permite que sejam encontrados de forma simples a partir de algum mecanismo de busca (Handa; Silva, 2003; Martins, 2018a).

Estudiosos como Carvalho (2017) e Martins (2018b), chamam atenção para a ideia de que os OA não podem ser combinados de qualquer forma, pois devem ser conectados com a finalidade de fornecer auxílio ao ensino, se houver a possibilidade de reproduzir determinado contexto de afinidade. Sendo assim, OA têm sido cada vez mais importante como um recurso para potencializar na reestruturação das práticas pedagógicas tradicionais, incorporando o uso da comunicação e informação, e da interação em ambientes educacionais.

No contexto contemporâneo de ensino nota-se o uso frequente de aulas expositivas por docentes em contextos educacionais, entretanto é imprescindível o uso de metodologias que despertem o interesse dos estudantes e promovam maior engajamento desses atores. O emprego de recursos computacionais deve estar comprometido com métodos que permitam a concepção sobre o conhecimento. Vale lembrar, que as ferramentas precisam despertar a reflexão dos estudantes sobre o seu autoaprendizado, impulsionando, assim, para receber o conteúdo e tema estudado em sala de aula (Lopes; Silva; Almeida, 2012; Queiroz; Pinto; Silva, 2019).

O século XXI, permitiu o surgimento de diversas ferramentas computacionais aplicadas tanto no ensino básico quanto no ensino superior, essas aplicações podem ser conferidas facilmente na Web. No campo do ensino superior, ferramentas educacionais que utiliza AR, MR, VR, XR e RM para auxiliar os estudantes, de curso superior, na compreensão mais eficiente dos tópicos das disciplinas é uma realidade, mesmo que ainda não seja uma prática consensual de todos os docentes, especialmente porque há diversas questões envolvidas, entre elas, a falta de conhecimento dessas ferramentas e/ou como correlacioná-las com os conteúdos abordados em sala de aula.

O Tabela 1 apresenta o conceito de cada uma dessas ferramentas citadas anteriormente e quais os dispositivos tecnológicos que se baseiam.

Tabela 1 – Tecnologias imersivas

TECNOLOGIAS IMERSIVAS	CONCEITO	DISPOSITIVOS TECNOLÓGICOS QUE SE BASEIAM
Realidade Aumentada (em inglês, Augmented Reality – AR)	Trata-se de uma modalidade de interface computacional avançada que busca alcançar a interação humano computador de uma forma mais natural e que mistura, em tempo real, objetos virtuais gerados por computador com elementos do ambiente físico.	Baseia-se em dispositivos tecnológicos de saída de dados, como, por exemplo, óculos especiais (head mounted displays), smartphones, computadores e projetores.
Realidade Mista (em inglês, Mixed Reality – MR)	É aquele em que objetos do mundo real e do mundo virtual são apresentados juntos em uma única exibição. Ou seja, une o mundo digital e o mundo real para propiciar uma experiência totalmente nova.	As tecnologias de exibição de RM mais usadas são: Microsoft Hololens; Caverna digital (CAVEs); Head up display; Head mounted display; DeepFrame e outros.
Realidade Virtual (em inglês, Virtual Reality – VR)	Substitui o mundo real por uma experiência de simulação (mundo virtual). Permite que o usuário entre em jogos, cenários e até pontos turísticos e se movimente por eles.	É dependente de equipamentos de visualização como: capacete de imersão, monitor, projetor e outros, normalmente utilizados em ambientes fechados. Diferentemente da RA, podendo ser usada em qualquer ambiente (aberto ou fechado).
Realidade Estendida (em inglês, eXtended Reality – XR)	Mescla o mundo físico e virtual, englobando um espectro de novas tecnologias imersivas: Realidade Aumentada (AR); Realidade Mista (MR) e Realidade Virtual (VR).	Funcionam com o auxílio de dispositivos tecnológicos: computadores, celulares, smartphones, visores, controles, aparelhos, vestes e outros.
Realidade Mediada (RM)	A RM difere da VR ao buscar uma fusão entre o mundo real e o mundo digital. Em vez de substituir completamente o mundo real, a RM aprimora e adapta as informações sensoriais para fornecer uma experiência personalizada.	Utiliza tecnologias que atuam como um filtro entre o usuário e o ambiente físico, mediando as percepções sensoriais. Isso pode ser feito através de dispositivos como óculos inteligentes, que adicionam informações contextuais ou gráficos sobrepostos à visão do usuário.

Fonte: Dados do autor (2024).

De acordo com Klettemberg, Tori e Huanca (2021), a AR é uma tecnologia que possibilita sobrepor elementos virtuais à nossa visão da realidade. Essa tecnologia em 2020 movimentou os negócios em entorno de 120 bilhões de dólares no mundo. O conceito foi cunhado no ano de 1992 por Thomas P. Caudell (cientista e pesquisador), durante a criação de um dos aviões mais conhecidos do mundo – o Boeing 747. Caudell observou que os responsáveis pela montagem da nova aeronave perdiam muito tempo analisando as instruções e pensou – o que poderia acontecer se caso acessassem a um monitor que fossem capazes de os guiar durante a instalação. Embora a invenção não tenha sido exitosa, foi aqui que surgiu o conceito de AR.

A MR faz parte de uma mistura de mundos físicos e digitais, desbloqueando intercâmbios naturais e intuitivas em 3D humanas, computadores e ambientais. Esta realidade assenta-se em avanços na visão computacional bem como no processamento gráfico, nas tecnologias de exibição, sistemas de entrada e computação em nuvem (Pereira *et al.*, 2021). Ainda conforme Pereira *et al.*, (2021), todas essas tecnologias são muitas vezes fundidas (integradas) para induzir os usuários a experiências mais imersivas. Seja assistindo filmes em 360°, caminhando por modelos 3D de edifícios, viajando pelo universo, jogando, ou realizando quaisquer outras experiências imersivas, as tecnologias de realidade podem criar uma ilusão para as pessoas (utilizadores) se sentirem como se estivessem presentes em um novo mundo digital.

O conceito de VR é creditado a Jaron Lanier – fundador da VPL Research Inc. No começo dos anos de 1980, para distinguir as simulações tradicionais feitas por computador de simulações, no qual envolve múltiplos usuários, em espaço compartilhado. Enquanto William Gibson usou a concepção de cyberspace em 1984, no seu romance de ficção científica *Neuromancer*. A VR é caracterizada como uma tecnologia de interface entre um usuário e um sistema operacional por meio de recursos gráficos 3D e/ou imagens 360°, cuja finalidade é criar a impressão de presença em um ambiente virtual diferente do real (Conceição; Medeiros; Carvalho, 2021).

Para tanto, esse intercâmbio é realizado em tempo real, com a utilização de técnicas e de equipamentos computacionais que colaborem na ampliação do sentimento de presença do usuário no ambiente virtual. É importante frisar que

esta sensação de presença é comumente mencionada como imersão. Em relação ao Mundo virtual, é importante entender que esse é um ambiente imersivo simulado por meio de recursos computacionais, destinado a ser habitado e permitir o intercâmbio dos seus usuários por meio de avatares, isto é, representações personificadas do usuário no ambiente digital (Conceição; Medeiros; Carvalho, 2021).

Uma comunidade virtual é uma comunidade que determina relações a partir de meios de comunicação à distância. Fundamenta-se pelo aglomerado de um grupo de indivíduos com interesses comuns que compartilham informações e experiências em ambiente virtual.

A XR trata-se de um conceito comumente utilizado para abranger conceitos de realidades digitais mais específicas – AR, MR e VR. Nesse sentido, “qualquer ambiente de realidade virtual que apresentar imersão sintética pode ser considerado como uma realidade estendida”. Esse conceito caracteriza-se “pela disponibilização de interações e experiências imersivas com o uso de simulações” (Silva, 2022, p. 17).

Mesmo que a XR, como um todo, leve alguns anos para evoluir, é possível identificar que a tecnologia tem grande capacidade de incentivar diversos contextos sociais, como os do trabalho, saúde, educação.

Um dos aspectos importantes que envolve a XR, é que, esta, se aproxima a significativas formas de expressão modernas, tornando os processos nos quais é aplicada uma experiência positiva e impactante. Na concepção de Silva (2022, p. 23), quando “conteúdos teóricos podem ser absorvidos visualmente, as possibilidades de abordagens de estudo de um determinado conceito se multiplicam, e o processo em si torna-se mais estimulante”. Nota-se que é apenas uma questão de tempo e o necessário investimento para que problemas de *design* e funcionalidades possam ser solucionados.

Estudos mais recentes, tem procurado esclarecer que a XR de alta qualidade tem se tornado ainda mais acessíveis, considerando o nível de investimento dos indivíduos. De acordo com Souza Filho (2022), o Futuro da XR revela que a medida em que a XR avança, outra tecnologia impulsiona os usuários para uma nova era, a Inteligência Artificial (IA), que desempenhará um papel significativo na área de XR, que vai desde assistentes virtuais auxiliando *designers* em VR até sobreposições de AR inteligentes.

A RM representa um quadro mais geral que inclui o continuum realidade-virtualidade (eixo X), assim como outro continuum derivado das sensações captadas através de dispositivos usados para modificar e misturar vários aspectos da realidade (eixo Y) (Mann, 2002). As RMs por tecnologias interativas digitais podem ser utilizadas em diversas aplicações, como jogos, treinamento e simulação, educação, arte e entretenimento, entre outros.

O uso dessas tecnologias tem o potencial de transformar a maneira como interagimos com o mundo, proporcionando vivências que antes eram impossíveis ou difíceis de alcançar (Travenzoli, 2023).

Essas realidades possibilitam a vivência de objetos, situações ou paisagens que não existem, não são possíveis ou não são seguras de serem efetivadas no mundo não-mediado, mas que podem ser percebidos como reais por meio dos sentidos e da cognição incorporada (Travenzoli, 2023).

Diante dos expostos, entende-se que os diferentes recursos computacionais como os citados acima têm sido empregados em distintas ferramentas eletrônicas e áreas do conhecimento.

Para Lima *et al.*, (2017) e Reis (2016), isso se deve em razão destes recursos serem capazes de permitir que o usuário interaja de maneira imersiva no problema a ser estudado ou resolvido.

Também é importante considerar que as tecnologias imersivas, dado o seu enorme potencial, têm sido cada vez mais utilizadas e estudada em uma infinidade de campos, que vão do turismo, ensino, varejo, jogos, saúde e até na manufatura. Tais tecnologias têm recebido destaque, sendo elogiadas por sua capacidade de criar passeios virtuais em lojas e destinos turísticos, reabilitar lesão cerebral, inspecionar virtualmente o *design* interior e exterior de um carro que ainda não existe, entre diversas outras aplicações. Na educação e treinamento, as tecnologias de realidade preenchem a lacuna entre educadores/instrutores e aprendentes/estagiários, permitindo uma colaboração mais estreita (próxima), mesmo quando as pessoas participam de cursos e treinamentos remotamente (Pedrosa; Zappala-Guimarães, 2019).

Essas tecnologias podem acelerar o aprendizado, ajudando as empresas a economizarem em treinamentos, fornecendo ambientes seguros, onde os funcionários e estagiários (*trainees*) podem aprender com as experiências e dos erros, sem riscos. Ajudam também os aprendentes (*learners*) a manter o foco e

a atenção ao conteúdo, potencializando o engajamento e a retenção de conhecimento. Ao analisar a tradução da palavra em inglês *trainee*, é possível encontrar diferentes significados, como, por exemplo, aprendiz; “em treinamento”; estagiário (Gale *et al.*, 2022).

Contudo, no Brasil o termo *trainee* tem expectativas diferentes por parte das empresas. Em linhas mais específicas, não querem somente treinar, mas também prepará-los/as para uma futura liderança e/ou cargo estratégico.

Nesse sentido, se caracteriza como uma grande aposta das empresas. Do mesmo modo, é uma porta de entrada no mercado de trabalho bastante almejada por universitários e recém-formados (Gale *et al.*, 2022).

Em colaboração ao exposto, é preciso ressaltar que o *trainee* há algum tempo era direcionado para jovens universitários e/ou recém-formados que desejavam construir uma carreira de destaque, porém, com o passar dos anos o mercado vem abrindo mais oportunidades para pessoas que se formaram há mais tempo (4 ou 5 anos), e surgem também vagas que não limitam o tempo de formação (Gale *et al.*, 2022).

Para apresentações e colaborações, as tecnologias de realidade, como, por exemplo, nos jogos, na indústria 4.0, na arquitetura ou na saúde, permitem visualização compartilhada em larga escala e representações vívidas e detalhadas de projetos e estruturas. Outra grande vantagem para a educação e o treinamento, é a fácil atualização de conteúdo e a utilização de recursos de imersão, pois não é necessário recriar ou desenvolver novamente todo o conteúdo, podendo ser reutilizado e editado o quanto for necessário, pois fornecer experiências imersivas, está permitindo que as marcas melhorem a forma como comercializam produtos, aproximando os clientes de seu mundo. Os consumidores podem experimentar e visualizar mercadorias antes de fazer uma compra física (Pedrosa; Zappala-Guimarães, 2019).

No contexto dessa pesquisa, também é importante considerar o termo metaverso, “utilizado para se referir a um tipo de ambiente virtual que tenta replicar a realidade. Pode ser um espaço compartilhado por múltiplos usuários, baseando-se na união de realidade virtual, realidade aumentada e internet” (Silva, 2022, p. 24). Ainda conforme o autor, em termos práticos, o metaverso pode ser compreendido como uma nova categoria da realidade, que apresenta aspectos virtuais e imersivos.

Como um dos desdobramentos do efeito do metaverso, tem-se o projeto do Facebook, mais notável dos tempos recentes, empregando o nome Meta. O projeto do Facebook é o próximo passo na jornada de conexões sociais.

Dentro do contexto apresentado, a pesquisa vislumbra um aprofundamento teórico no que concerne ao entendimento sobre quais são as maiores necessidades e as oportunidades mais promissoras no aprendizado que a XR e as tecnologias imersivas podem ajudar a satisfazer; quais são as maiores barreiras enfrentadas pelas instituições e organizações que buscam adotar XR e tecnologias de aprendizagem imersiva, a partir da questão da RSL:

- Qual é o valor agregado (os benefícios e vantagens) do uso de Immersive VR, AR, MR, XR e RM (Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Realidade Mista, Realidade Estendida e Realidade Mediada) no ensino e aprendizagem de disciplinas STEM para cursos de computação na educação superior à distância (EaD)?

Esses aspectos servirão de subsídio para a seguinte questão norteadora:

- Como um cenário de/com tecnologias imersivas Immersive VR, AR, MR, XR e RM (Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Realidade Mista, Realidade Estendida e Realidade Mediada - Imersivas) pode ser desenvolvido para atuar no ensino e aprendizagem de disciplinas STEM para cursos de computação na educação superior à distância (EaD)?

Com intuito de responder à questão norteadora e objetivos do estudo elaborou-se a seguinte hipótese:

- Através do modelo proposto é possível construir cenários imersivos em ambientes de AR?

Este modelo proposto viabiliza a utilização das atuais tecnologias, dispositivos e ferramentas de desenvolvimento, com destaque para o metaverso, com diversas aplicações dentro do contexto educacional.

A AR, MR, VR, XR e RM são tecnologias emergentes que podem ser usadas para melhorar o ensino e a aprendizagem de disciplinas STEM, especialmente em cursos ciência da computação.

De acordo com Ning *et al.*, (2021), a RV pode ser aplicada nas áreas:

a) **Educação**: os alunos poderão usufruir de uma imersão no ambiente virtual, contemplando modelos de estudo personalizados, como observação e aprendizado sobre galáxias, estrelas, arquitetura histórica, entre outros;

- b) **Indústria:** modelos 3D poderão aprimorar projetos em sua fase de fabricação e testes, além da utilização em testes de mercado e testes de campo;
- c) **Arte:** exposições de arte totalmente virtuais poderão ser realizadas, removendo as limitações físicas desse tipo de evento, proporcionando interações e experiências ao usuário em contato com as obras;
- d) **Medicina:** o treinamento médico pode ser virtualizado, bem como a realização de atendimentos médicos e monitoramento, além da informatização do setor médico;
- e) **Meio social:** as pessoas não precisarão se limitar às restrições do mundo real, tendo maior facilidade em expandir seus círculos sociais.

Essas tecnologias podem oferecer uma variedade de benefícios e aplicações já presentes no cotidiano da sociedade, no entanto, apesar das vantagens e evolução tecnológica associada ao mundo virtual, alguns pesquisadores da área indicam fortes limitações que podem influenciar significativamente no desenvolvimento do Sistema de Realidade Virtual (SRV).

As tecnologias de realidade têm o potencial de economizar até 70% do tempo do professor durante o processo de ensino em anatomia, biomecânica, mecanismo biomolecular, fisiologia, fisiopatologia e habilidades/procedimentos. Elas são capazes, por exemplo, de concentrar grandes quantidades de informações científicas (entre 30 e 100 páginas de textos científicos descritivos) em uma sequência de vídeo de um a três minutos, transmitindo as informações organizadamente e fluída, segundo um roteiro pedagógico pré-definido (Guerra *et al.*, 2021).

De acordo com Fernandes *et al.*, (2013), as principais vantagens da utilização de técnicas de RV e RA para fins educacionais, são as seguintes:

- a) Motivação de estudantes e usuários de forma geral;
- b) Grande poder de ilustrar características e processos;
- c) Permite a visualização de detalhes de objetos;
- d) Permite experimentos virtuais, na falta de recursos, ou para fins de educação virtual interativa;
- e) Permite ao aprendiz refazer experimentos atemporalmente, fora do âmbito de uma aula clássica;
- f) Possibilita interação, exigindo que cada participante se torne ativo dentro de um processo de visualização;

- g) Encoraja a criatividade, catalisando a experimentação;
- h) Provê igual oportunidade de comunicação para estudantes de culturas diferentes, a partir de representações.

Essas são apenas algumas das possibilidades de aplicação do metaverso, e os benefícios para a sociedade são diversos, incluindo uma maior acessibilidade, interação e imersão em diferentes áreas do conhecimento, economia de tempo e recursos, além de uma maior democratização de eventos e experiências (Silva, 2023).

As tecnologias de realidade permitem a intersecção entre a realidade física e a virtual, criando um pequeno universo fora do tangível. Essa integração possibilita que os sentidos humanos, como visão, audição e tato, sejam completamente integrados.

Nesse sentido, para ocorrer a imersão nesse ambiente, é necessário que o usuário utilize equipamentos especiais, como capacetes, óculos, *headsets*, entre outros dispositivos para aprimorar a experiência (Silva, 2023).

Apesar de todos os benefícios e evolução tecnológica, os autores Dionisio, Burns III e Gilbert (2013) indicam algumas limitações que podem influenciar significativamente no desenvolvimento dos SRV, sendo elas:

- I. A necessidade de imersão do usuário no mundo virtual com a utilização de equipamentos para melhorar a experiência pode ser limitante para o uso generalizado;
- II. Limitações na reprodução de outros sentidos, como olfato, paladar, equilíbrio e temperatura, que não são tão fáceis de reproduzir na RV como os sentidos de visão, toque e som;
- III. Dificuldade na reprodução fiel de gestos e expressões humanas pelos avatares para parecerem mais “vivos”;
- IV. Necessidade de que as roupas e acessórios pareçam mais naturais, acompanhando o realismo de movimento e expressão;
- V. Capacidade de acesso a partir de vários dispositivos e locais, permitindo que o ambiente virtual seja acessado de qualquer lugar e garantindo o armazenamento de experiência e identidade do usuário;
- VI. Escalabilidade do mundo virtual, para que ele possa suportar grandes variações de usuários no metaverso sem problemas de conexão;

VII. Interoperabilidade, possibilitando a transição entre sessões virtuais sem interrupções.

Outro ponto importante é que a segurança dos SRV precisa ser fortalecida, uma vez que as tecnologias de realidade coletam e processam dados muito detalhados sobre o que fazemos, vemos e até sobre nossas emoções. Além disso, existem problemas técnicos e de *hardwares* significativos a serem resolvidos, que incluem: exibição; iluminação natural; rastreamento de movimentos; conectividade; energia e térmica (Guerra *et al.*, 2021).

Portanto, percebe-se que os SRV estão prestes a transformar radicalmente a sociedade e a maneira como vivemos, possibilitando que os usuários expressem sua criatividade sem limites. Contudo, esse novo mundo virtual pode enfrentar desafios significativos decorrentes da presença de usuários mal-intencionados.

O Quadro 1 indica algumas limitações encontradas por outros pesquisadores das tecnologias de realidade na área da educação.

Quadro 1 – Limitações encontradas por estudiosos da área

AUTORES	PRINCIPAL LIMITAÇÃO
Wen (2016)	A principal limitação encontrada foi o fato de que uma sequência temática poderia levar de dois a oito meses para ser integralmente produzida, dependendo do nível de detalhamento das estruturas.
Schlemmer (2014)	A principal limitação foi o pouco tempo dedicado pelos discentes para a interação, além da pouca familiaridade dos docentes com as Tecnologias Digitais (TD), principalmente com os metaversos.
Fairén <i>et al.</i> (2017)	A criação de estruturas anatômicas 3D e a adaptação da CAVE representam um custo inalcançável para diversas instituições de ensino. Além disso, para tornar a atividade viável, o número de alunos para cada sessão deve ser limitado a 20, isso significa que a sessão deve ser repetida várias vezes para cobrir todos os alunos matriculados no curso, requerendo mais tempo e maior custo econômico.
Tori (2009)	O estudo encontrou limitações do sistema VIDA (atlas anatômico 3D interativo para treinamento a distância), pois nem todas as pessoas conseguem sentir o efeito estereoscópico prometido. Outro problema foi que os portadores de daltonismo poderão ter dificuldades de visualização de alguns recursos.

Fonte: Adaptado de Guerra *et al.*, (2021).

Nesse sentido, é necessário desenvolver sistemas e regras que desencorajem comportamentos antiéticos dentro dos ambientes virtuais. No entanto, a implementação dessas medidas pode criar um impasse, uma vez que diferentes regiões do mundo possuem regras e normas distintas (Silva, 2023).

Em face do exposto até aqui, a pergunta de pesquisa que orienta o desenvolvimento desta tese consiste em:

- de que forma uma proposta de ensino e aprendizagem que contemple cenários imersivos poderia ser concebida, planejada e estruturada, a partir das tecnologias e de estratégias de aprendizagem apropriadas para esta finalidade, dentro da área da ciência da computação?

Neste trabalho, propõem-se soluções para o desenvolvimento de ambientes virtuais de realidade aumentada (AR), por meio de dispositivos de realidade virtual imersiva (*hardware*), de ferramentas de desenvolvimento (*software*) e da conectividade, com aplicação em cenários de ensino e aprendizagem.

Trata-se de uma área de pesquisa emergente e relevante para a educação superior à distância, na área da ciência da computação.

A Realidade Virtual Imersiva tem o potencial de oferecer aos estudantes experiências de aprendizagem mais motivadoras, interativas e significativas, que favoreçam o desenvolvimento de competências e habilidades necessárias para o exercício profissional, e essa pode ser a maior contribuição do modelo proposto nesta tese, a solução original para melhorar o engajamento dos estudantes no processo de ensino e aprendizagem, tornando-o mais atraente e encontrando os estudantes nos seus locais preferidos, que são, em sua maioria, os ambientes virtuais, pois a disposição dos conteúdos via realidade virtual imersiva pode elicitar respostas cognitivas e afetivas nos utilizadores.

Além disso, a RV pode contribuir para a inovação pedagógica e para a superação de limitações impostas pelo ensino à distância, como a falta de contato presencial, a dificuldade de acesso a laboratórios e equipamentos, e a baixa qualidade dos materiais didáticos. Portanto, é crucial desenvolver uma proposta de ensino e aprendizagem que contemple cenários imersivos, utilizando tecnologias apropriadas e estratégias de aprendizagem eficazes, na área da ciência da computação.

Nesse sentido, o problema de pesquisa se caracteriza em, como um cenário de/com tecnologias imersivas Immersive VR, AR, MR, XR e RM (Realidade Virtual, Realidade Aumentada, Realidade Mista, Realidade Estendida e Realidade Mediada - Imersivas) pode ser desenvolvido para atuar no ensino e aprendizagem de disciplinas STEM para cursos de computação na educação superior à distância (EaD)?

1.1 Objetivo Geral

Elaborar um *framework* que sirva de base para nortear a criação de cenários imersivos para atuar no ensino e aprendizagem de disciplinas STEM para cursos de computação na educação superior à distância (EaD).

1.2 Objetivos específicos

- 1) Mapear as tecnologias existentes para o ensino com a Realidade Estendida Imersiva;
- 2) Desenvolver um *framework* utilizando como base as tecnologias e ferramentas mapeadas, de maneira a contemplar a necessidade de construção de cenários imersivos;
- 3) Aplicar o *framework* em uma proposta de ensino e aprendizagem para um tópico da área da computação;
- 4) Avaliar a implementação do *framework* a partir das percepções de um painel de especialistas da área de ciência da computação.

1.3 Estrutura da tese

O capítulo introdutório apresenta uma visão geral da tese, destacando a relevância das tecnologias imersivas no ensino de disciplinas STEM em cursos de computação à distância bem como os objetivos do estudo.

O capítulo dois descreve os métodos de pesquisa utilizados, destacando a abordagem qualitativa e o uso de estudos de caso para desenvolver e validar o *framework*.

O terceiro capítulo trata-se da fundamentação teórica, abrangendo diversos aspectos, como, por exemplo, exploração de como a realidade

aumentada pode ser utilizada na educação para enriquecer a aprendizagem, a discussão do conceito de metaverso e suas implicações educacionais e outros aspectos.

O quarto capítulo focaliza atenção numa revisão sistemática da literatura sobre o uso de tecnologias imersivas na educação, identificando lacunas e oportunidades para pesquisa.

No quinto capítulo há uma significativa abordagem sobre as teorias de aprendizagem relevantes para o desenvolvimento do framework, examina a cognição situada e sua aplicação em ambientes de aprendizagem imersivos. Além de analisar casos práticos de uso de RV imersiva no ensino.

Em seguida há uma abordagem detalhada da aplicação do método DSR na criação e avaliação do framework proposto, descreve o framework desenvolvido para guiar a criação de cenários imersivos e apresenta os métodos e resultados da avaliação do framework, utilizando formulários e gráficos.

E por fim, as conclusões, que resumem os principais achados da pesquisa, destacam as contribuições do framework para a educação superior à distância e sugerem direções para pesquisas futuras.

2 METODOLOGIA

Metodologicamente, a pesquisa está fundamentada na DSR (*Design Science Research*) com vistas a robustecer a avaliação dos artefatos e, por consequência, do conhecimento gerado.

Importa destacar ainda a importância do conceito de validade pragmática para a *design science*, a qual tem como premissa que a pesquisa realizada sob seu paradigma, além de ser rigorosa, atendendo à validade científica, também deve objetivar a validade pragmática, ou seja, a utilidade. A validade pragmática assegurará que a solução proposta para resolver determinado problema de pesquisa de fato funcione, garantindo que os resultados esperados sejam alcançados (Arnott; Pervan, 2012).

A *design science* compreende o conceito de validade pragmática, a qual tem como premissa que a pesquisa realizada sob seu paradigma, além de ser rigorosa, atendendo à validade científica, e deve objetivar a validade pragmática, ou seja, a utilidade. A validade pragmática visa assegurar que a solução proposta para resolver determinado problema de pesquisa de fato funcione, garantindo que os resultados esperados sejam alcançados (Dresch, 2013).

Além de garantir a utilidade da solução proposta para o problema, a validade pragmática deve se ocupar também de outras questões, como a relação custo-benefício da solução, se ela atende às particularidades do ambiente/contexto em que será aplicada e as necessidades dos interessados na solução proposta. Numa síntese, os principais conceitos da *design science* são:

- a) *Design science*: ciência que procura consolidar conhecimentos sobre o projeto e desenvolvimento de soluções para melhorar sistemas existentes, resolver problemas e criar novos artefatos.
- b) Artefato: algo que é construído pelo homem; interface entre o ambiente interno e o ambiente externo de um determinado sistema.
- c) Soluções satisfatórias: soluções suficientemente adequadas para o contexto em questão. As soluções devem ser viáveis, não necessariamente ótimas.
- d) Classes de problemas: organização que orienta a trajetória e o desenvolvimento do conhecimento no âmbito do *design science*.

- e) Validade pragmática: busca assegurar a utilidade da solução proposta para o problema, considerando custo/benefício, particularidades do ambiente em que será aplicada e as reais necessidades dos interessados na solução.

Uma vez explicitados os conceitos básicos do design *science*, é necessário buscar seu entendimento em comparação aos das ciências tradicionais. Tendo em vista as diferenças conceituais entre essas ciências, a estrutura para produção do conhecimento, quando fundamentada no design *science*, é diferente daquela utilizada pelas ciências tradicionais. O ponto comum é que, tanto na ciência tradicional como no *design science*, a pesquisa deve ser conduzida a partir dos fundamentos dos métodos científicos. As principais diferenças entre a ciência tradicional e a *design science* são apresentadas no Quadro a seguir:

Quadro 2 – As principais diferenças entre a ciência normal e a *Design Science*

Categorias	Ciências tradicionais (sociais e naturais)	<i>Design Science</i>
Visão do conhecimento	Representacional: nosso conhecimento representa o mundo como ele é; a natureza do pensamento é descritiva e analítica. Mais especificamente, a ciência é caracterizada pela busca por conhecimentos gerais e válidos, ajustes nas formulações de hipóteses e testes.	Pragmática: conhecimento a serviço da ação; a natureza do pensamento é normativa e sintética. Mais especificamente, o <i>design</i> assume que cada situação é única e se inspira em propostas e soluções ideais, pensamento sistêmico e informações limitadas. Além disso, enfatiza a participação, o discurso como um meio de intervenção e a experimentação pragmática.
Natureza dos objetos	Fenômenos organizacionais como objetos empíricos, com propriedades descritivas e bem definidas, que podem ser efetivamente estudados de uma posição externa.	Questões organizacionais e sistemas como objetos artificiais com propriedades mal definidas, tanto descritivas como imperativas, exigindo intervenções não rotineiras por agentes com posições internas na organização. Propriedades imperativas também se desdobram de fins e de sistemas idealizados de maneira ampla.

Foco no desenvolvimento da teoria	Descoberta da relação causal geral entre variáveis (expressas em afirmações hipotéticas): a hipótese é válida? As conclusões permanecem dentro dos limites de análise.	Será que um dado conjunto integrado de proposições de projeto funciona em uma certa situação (problema) mal definida? O projeto e desenvolvimento de novos artefatos tendem a se mover para fora das fronteiras da definição inicial da situação.
--	--	---

Fonte: Dados do autor (2024).

Enquanto nas ciências tradicionais os métodos científicos comumente empregados são: o indutivo, o dedutivo e o hipotético-dedutivo, no *design science* um quarto método científico se apresenta: a abdução.

O método abduutivo é necessário, por exemplo, quando o investigador está propondo possíveis soluções para resolver o problema em estudo.

Em contrapartida, se a etapa da pesquisa exige raciocínio lógico para avaliar determinado aspecto do artefato, por exemplo, o método dedutivo pode ser o mais indicado.

Nesse caso, o pesquisador faz uso do seu conhecimento pregresso para construir e avaliar o artefato que está desenvolvendo.

A seguir apresentamos uma breve síntese do que poderia ser considerada a função central de cada um dos métodos científicos, a fim de esclarecer melhor o método abduutivo:

- I. Método Indutivo: afirma a partir do que é
- II. Método Dedutivo: Afirma o que deve ser
- III. Método Abduutivo: Sugere o que pode ser

O fato de a *design science* utilizar a abdução na condução de suas investigações não significa que os métodos científicos tradicionais não sejam utilizados.

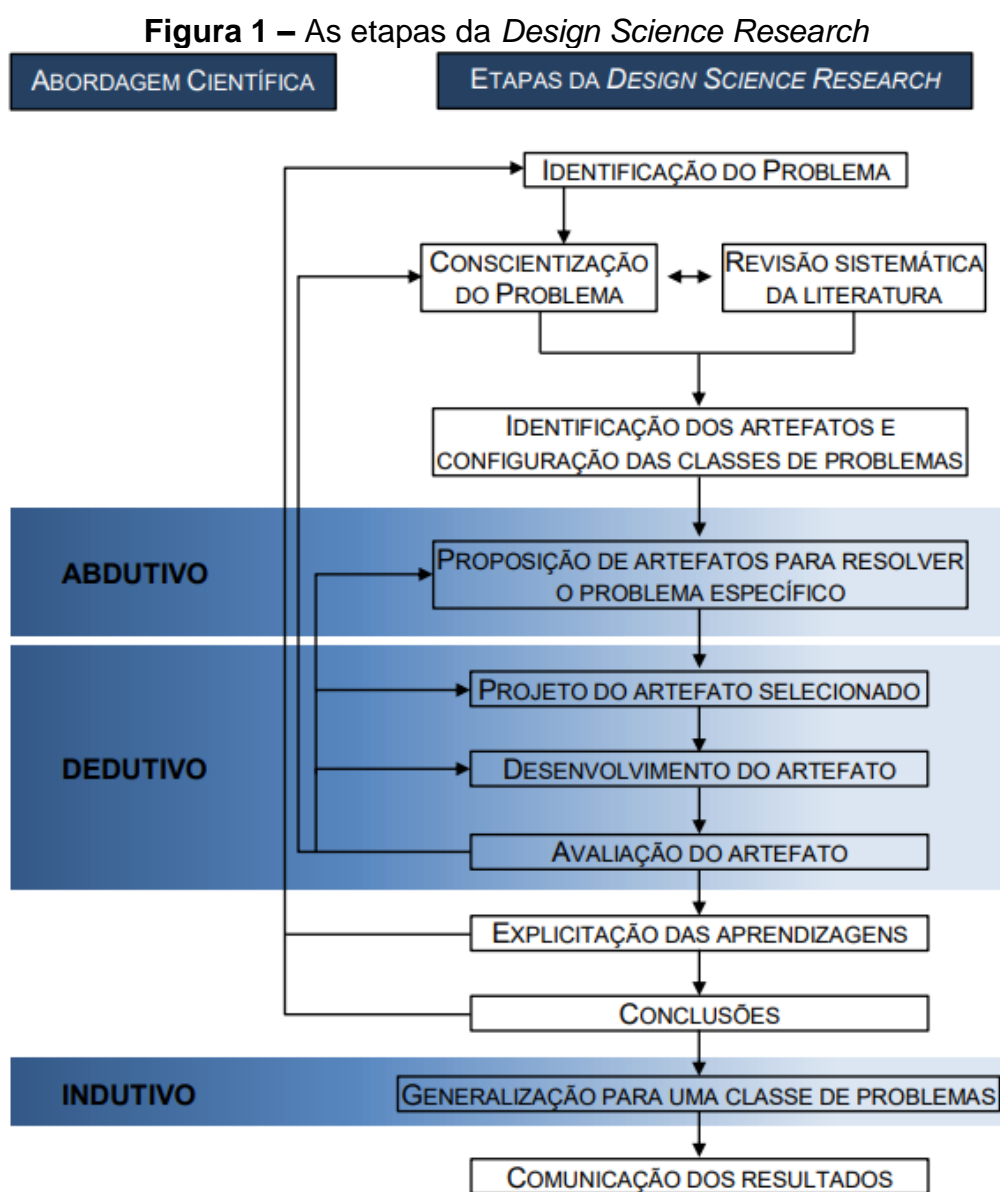
No entanto, eles apresentam certas limitações, e por essa razão, as pesquisas realizadas sob o paradigma do *design science* costumam ser orientadas por mais de um método científico, conforme a etapa que está sendo desenvolvida e com o objetivo.

Quando o paradigma epistemológico é a *design science*, surge outro método de pesquisa, a *Design Science Research* (DSR).

Diferentemente de outros métodos de pesquisa, esta busca produzir conhecimento na forma de uma prescrição para apoiar a solução de um determinado problema real, ou um projeto, para construir um novo artefato.

Os métodos de pesquisa fundamentados nas ciências tradicionais também podem ser aplicados sob o paradigma do *design science*.

É possível conduzir um estudo de caso fundamentado no paradigma do *design science* quando o objetivo do pesquisador é, por exemplo, formalizar ou avaliar um artefato existente. A Figura 1 a seguir ilustra a abordagem científica e as etapas da DSR:



Fonte: Adaptado de Dresch (2013).

As pesquisas realizadas nas áreas que envolvem a tecnologia da informação precisam definir de maneira clara quais serão os modelos teóricos a serem construídos, quais experimentos serão eventualmente realizados, como os dados serão organizados e comparados, fazendo com os resultados obtidos possam servir de base e modelo para a implementação e resolução de problemas em outros ambientes além daquele que serviu como lócus do estudo (Wazlawick, 2009).

A pesquisa em foco, seguiu os pressupostos da Pesquisa Exploratória, Revisão Sistemática da Literatura – RSL, com aplicação de questionário, e Quanti-qualitativa.

A análise é descritiva, os resultados são apresentados a partir de quadros e tabelas.

O caráter exploratório, tem a capacidade de ampliar o campo de pesquisa e aprofundar a discussão em questões antes analisadas ou não.

Oportunizam maior e melhor esclarecimento dos fatos em questão ou das razões que levam um determinado evento, fenômeno, etc.

Para Piovesan e Temporini (1995):

Define-se pesquisa exploratória, na qualidade de parte integrante da pesquisa principal, como o estudo preliminar realizado com a finalidade de melhor adequar o instrumento de medida à realidade que se aspira conhecer. Em outras palavras, a pesquisa exploratória, ou estudo exploratório, tem por objetivo conhecer a variável de estudo tal como se apresenta, seu significado e o contexto onde ela se insere. Pressupõe-se que o comportamento humano seja melhor compreendido no contexto social onde ocorre (Piovesan; Temporini, 1995, p. 321).

Esse tipo de pesquisa permite maior aproximação entre pesquisador e objeto pesquisado, pois é uma pesquisa que explora cada vez o problema em foco, e conseqüentemente tudo que está em volta.

Com vistas a uma melhor qualificação do estudo, adotou a abordagem quanti-qualitativo, sendo esta, a melhor opção para o estudo em tela.

As estruturas e os processos argumentativos visaram desmitificar e entender o que acontece durante o processo de aprendizagem com AR e como esses alunos se adequam a tal processo.

As características de cada abordagem são:

- a) a pesquisa quantitativa pelo uso da quantificação, tanto na coleta quanto no tratamento das informações, utilizando-se técnicas estatísticas, objetivando resultados que evitem possíveis distorções de análise e interpretação, possibilitando uma maior margem de segurança;
- b) a pesquisa qualitativa, por sua vez, descreve a complexidade de determinado problema, sendo necessário compreender e classificar os processos dinâmicos vividos nos grupos, contribuir no processo de mudança, possibilitando o entendimento das mais variadas particularidades dos indivíduos.

A abordagem quanti-qualitativo considerou a aplicação de questionários, onde para garantir a veracidade dos resultados os dados foram analisados no pacote estatístico computadorizado *Statistical Package for the Social Science* (SPSS) versão 20.0. Sendo posteriormente interpretadas as respostas e, assim então, transformadas em textos que contribuíram para o esclarecimento e desenvolvimento da pesquisa.

O uso da análise descritiva é um mais detalhado, em que os dados são adquiridos a partir do levantamento de informações através de diferentes técnicas de coleta, como, por exemplo, questionários, entrevistas, observação sistemática, análise de documentos, abordagens de campo, formulários e testes diversos.

Segundo Ferro e Rejowski (2020, p. 3), na análise descritiva, “[...] estabelecem relações entre variáveis e descrevem características de determinado fenômeno ou população”.

O próximo passo é a identificação dos artefatos e configuração das classes de problemas.

Aqui inicia a elaboração (descrição) do *framework*, instanciando uma proposta concreta, o ensino de disciplinas STEM para cursos de Ciência da Computação na modalidade à distância (EaD), utilizando as tecnologias de Realidade Estendida e Imersiva, apresentados especificamente no capítulo 6.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O texto está dividido em onze subseções, a saber: educação e o uso da realidade aumentada por computador aplicada; Metaverso; Breve contextualização em relação ao desenvolvimento de um *framework*; linha do tempo acerca das Tecnologias de Realidade; *Second Life*; Sistemas interativos convencionais; Realidade Virtual Imersiva; Plataformas de *Hardware* para Cenários Imersivos; Plataformas de Desenvolvimento de *Software*; Funcionamento da Realidade Virtual (RV) Imersiva; Conectividade e a utilização dos novos meios de conexão.

3.1 Educação e o uso da realidade aumentada por computador aplicada

A AR se configura como sendo uma integração de informações virtuais com o mundo real. Quem é usuário dessa tecnologia pode ver o mundo real juntamente com imagens geradas por computador, projetadas e perfeitamente integradas (Oliveira, 2011).

É importante considerar ainda que a AR no campo da educação pode ser aplicada trazendo novos ambientes de aprendizado, e contribuindo com os processos educacionais, tornando-os como mecanismos significativos que podem reacender processos educativos (Pedrosa; Zappala-Guimarães, 2019).

Na área da educação essas iniciativas têm potencial para revolucionar a forma de trabalho dos professores, e claro, abrir novas possibilidades para os estudantes de diferentes fases do ensino.

A AR surge sobre o conceito de sobreposição de imagens virtuais em cima de elementos reais e se expande para convergência do que é *interface*, de como interagir com o conhecimento digital, com informação digital (Meirinhos, M.; Meirinhos, C., 2021), isto é, com esse mundo de possibilidades de informações que existem e, traz também a possibilidade hoje de entendemos que sendo uma maneira de interagir de interface, mistura-se com outros conceitos: controles, atuadores, leituras de informações, *big data*, simulações, multimídia.

Segundo Pedrosa e Zappala-Guimarães (2019) contribuem dizendo que:

A distribuição e a utilização das denominadas “novas tecnologias” têm sido objeto de políticas sociais e educacionais. Televisores, data-shows, lousas eletrônicas, tablets e aparelhos de som são alguns dos artefatos disponibilizados nas instituições de ensino acompanhados, geralmente, de um discurso que determina a inserção de artefatos eletrônicos e aplicativos digitais à melhoria da qualidade do ensino e à inovação do processo ensino-aprendizagem. Entretanto, a construção de novas práticas educacionais não decorre simplesmente da introdução de tecnologias, não se pode associar o simples uso dessas tecnologias à inovação e melhoria da qualidade do processo de ensino-aprendizagem (Pedrosa; Zappala-Guimarães, 2019, p. 125).

Tal inclusão requer uma reflexão anterior, visto que permite reconhecer sobre pontos, iniciar sua aplicação, bem como se faz necessário a realização de pesquisas em torno do tema, com vistas a não incorrer ao erro (Ferreira, 2014).

Hoje em dia tem-se uma profusão de mídias que se misturam com o mundo real, mas é preciso ir além quando se trata da AR, no sentido de que, ela não é só uma mistura do virtual com o meio real, mas uma mistura que têm um tipo de registro com o mundo real, por exemplo, se temos uma mesa, e sobre essa mesma colocamos um objeto virtual, se puxarmos a mesa o objeto tem que vir junto como se ele estivesse fisicamente conectado a ela (Lima *et al.*, 2017).

Se for apenas uma projeção no espaço, é uma mídia display, ou seja, não é uma AR.

Sobre a AR no âmbito da educação, Morales e Garcia (2017), trazem algumas vantagens:

É intencionalmente atraente, desperta a curiosidade e o interesse ao nível pessoal e emocional; pode ser usada em praticamente qualquer assunto, o que é importante os alunos que têm preferências individuais. Esta flexibilidade, transversalmente, garante que ninguém fica de fora; pode até ser utilizado para atividades extracurriculares e passatempos; respeita as diferenças individuais dos alunos, uma vez que engloba muitos estilos de aprendizagem diferentes; É personalizável, pois os professores podem modificar e adaptar material de uma classe para outra, e a cada ano, dependendo das necessidades estudantes; oferece a oportunidade para os próprios alunos serem criadores de novos materiais para uso nas aulas; É portátil, porque é trabalhado nas aulas e em casa, permitindo assim aprender e ser partilhado (Morales; Garcia, 2017, p. 280-281).

Existe outro requisito que é a interatividade e o tempo real.

Ao ter esses três requisitos - um registo tridimensional, do virtual com real e a interatividade em tempo real, temos a AR (Dainese; Garbin, 2009).

O conceito de interatividade pode ser descrito como “o grau para o qual um usuário pode modificar o ambiente de RV em tempo real” (Radianti *et al.*, 2020, p. 3).

Já a presença é “a experiência subjetiva de estar em um local ou ambiente, mesmo quando o usuário encontra-se fisicamente situado em outro” (Radianti *et al.*, 2020, p. 3).

Mütterlein (2018) afirma que a imersão é

[...] como o sentimento de estar envolvido e absorvido pelo mundo virtual. Outros pesquisadores veem a imersão como uma capacidade tecnológica de um sistema de RV. Isso significa que existem tecnologias de RV que são mais ou menos imersivas, por exemplo, usando mais ou menos sensores ou com um campo de visão maior, ou menor (Mütterlein, 2018, p. 1407).

Sendo assim, podemos afirmar que a imersão, do ponto de vista psicológico, pode ser definida como um estado mental onde a atenção do usuário esteja totalmente voltada a uma tarefa, de modo que deixe de perceber o ambiente ao seu redor (Guerra *et al.*, 2021).

A imersão, do ponto de vista tecnológico, também pode ser definida como:

[...] a medida em que os computadores conseguem entregar uma ilusão inclusiva, extensa, envolvente e vívida da realidade. Mais precisamente, isso inclui o grau em que a realidade física é excluída, a gama de modalidades sensoriais envolvidas, a extensão do ambiente circundante, assim como a resolução e precisão do conteúdo exibido (Radianti *et al.*, 2020, p. 3).

A definição de imersão, do ponto de vista tecnológico, divide a RV em imersiva e não imersiva. Para alcançar o objetivo de imersão como capacidade tecnológica, a RV imersiva abrange tecnologias complexas e revolucionárias que possibilitam a navegação em espaços tridimensionais, interação em tempo real, percepção multissensorial, dentre outros (Guerra *et al.*, 2021).

É necessário ainda destacar que é possível expandir o conceito de AR para qualquer mídia, inclusive o áudio, por exemplo, pessoas com deficiência visuais podem ter experiências de AR, tendo sons tridimensionais, registrados

com o ambiente, propiciando essa pessoa experiências virtuais dentro do mundo real dela, diferentemente da realidade virtual em que a pessoa imergirá o usuário num ambiente virtual (Castorena; Valencia, 2019).

Então, se faz necessário de alguma forma desconectá-la do mundo real, para que ela só se sinta como se estivesse naquele mundo virtual, na AR não, pois ela já está presente no mundo real. Dessa forma, não tem o desafio de fazê-la com que ela se sinta presente no outro mundo por que ela já está no mundo real dela, simplesmente enriquecido com elementos virtuais (Lopes, 2005).

Então, esse é o grande potencial, além de se poder utilizar dispositivos móveis – celular, tablet e outros que já tem câmera, sensores de movimento, sensores de posição, acelerômetros que permitem fazer com que tenha esse registro com o mundo real dos objetos virtuais (Rodrigues; Pinto; Rodrigues, 2010).

A AR veio como um grande suporte para a educação, uma vez que permite incorporar outras formas de conduzimos ao processo educativo, pautado em ferramentas que podem dinamizar essa construção teórica e prática de cada aluno. Experiências com a AR tem sido utilizado nas aulas de ciência, anatomia, medicina, bem como no estudo das questões geográficas, cidades por que é possível colocar elementos dentro de uma que já existe (Barba; Lopes, 2013).

A utilização da AR no campo da educação possibilita a quebra de paradigmas nesse contexto porque a tecnologia por muito tempo foi vista dissociada de uma educação dinâmica.

Corroborando com esse pensamento, Forte e Kirner (2009):

Pensar na adoção de recursos tecnológicos como ferramentas facilitadoras no processo educacional pode ser encarado hoje como uma tarefa comum. Ao observarmos a questão sob um ponto de vista amplo, podemos inferir que a adoção de recursos tecnológicos em sala de aula não, é algo novo, mas sim que grande parte das escolas sempre estiveram atentas às características suscitadas pelos comportamentos dos alunos e da sociedade em geral, a fim de que de acordo com estes comportamentos o processo educativo fosse melhorado. A adoção de tecnologias, então, pode ser entendida como um processo natural, que busca na realidade do educando um link que traz para o ambiente escolar as ferramentas já adotadas por estes, dando às tecnologias finalidades distintas daquelas que foram lhe atribuídas inicialmente (Forte; Kirner, 2009, p. 1).

E sobre a importância da tecnologia na educação, Guerra *et al.*, (2021):

Para apresentações e colaborações, as tecnologias de realidade permitem visualização compartilhada em larga escala e representações vívidas e detalhadas de projetos e estruturas. Outra grande vantagem para a educação e o treinamento, é a fácil atualização de conteúdo e a utilização de recursos de imersão, pois não é necessário recriar ou desenvolver novamente todo o conteúdo, podendo ser reutilizado e editado o quanto for necessário (Guerra *et al.*, 2021, p. 221).

Ou seja, mecanismos que podem trazer um ar novo para as aulas, isso se justifica pelo fato de que os aparelhos tecnológicos como o celular sempre foram vistos como uma espécie de vilão porque prejudicava diretamente o ensino, mais tarde isso foi sendo entendido que não é o objeto que atrapalha ou dispersa os alunos, mais a forma como esses mecanismos estão sendo utilizados, isto é, de forma desconectada da realidade, em especial a realidade do aluno.

Apesar de ainda existir alguns entraves do uso da tecnologia na sala de aula também é possível ver experiência que corroboram para um processo educativo multifacetado, onde o aluno possa aprender para além do livro didático, não o substituindo, mas apresentando que há outras maneiras de construção do processo de ensino e aprendizagem por meio de estratégias que já são conhecidas pelos alunos ou por boa parte deles (Rezende *et al.*, 2021).

Também há o entrave dos professores sobre como utilizar determinado recurso tecnológico, por isso que é fundamental a inclusão de aparelhos tecnológicos em sala de aula, pois é uma forma dos professores experimentarem outros sentidos e significados de uma prática docente, de incluir as ferramentas tecnológicas correlacionadas com o que está sendo trabalhado em sala de aula (Rosa, 2013).

Nesse sentido, é válido ressaltar a necessidade de maior preparação, treinamento do corpo docente no uso das ferramentas que lhes permitirá criar novos conteúdos e do tempo que a sua criação implica.

Em contribuição ao exposto, Modelski, Giraffa e Casartelli (2019, p. 9), acrescentam que além da formação para o uso de recursos tecnológicos, a “familiaridade com as tecnologias [também] vem do uso, frequente, contínuo e diário, delas”.

Sobre esse exposto, Lalueza e Crespo e Camps (2010) destacam:

[...] as ferramentas não são apenas um complemento acrescentado à atividade humana, mas a transformam e, ao mesmo tempo, definem as trajetórias evolutivas dos indivíduos, cujas habilidades se adaptam às ferramentas em uso e às práticas sociais por elas geradas (Lalueza; Crespo; Camps, 2010, p. 47).

Desse modo, também é importante compreender que a,

[...] necessidade de avançar nas ações de formação docente para além da simples instrumentalização no uso de recursos tecnológicos. A preocupação ocorre em nível didático, porque o desafio do professor é pensar em possibilidades de utilização; uma vez que estamos acostumados com uma educação pouco interativa (Modelski; Giraffa; Casartelli, 2019, p. 9).

Outro aspecto necessário de ser explorado, é a importância de se medir a quantidade de trabalho, a carga de trabalho colocada sobre o docente quando lhe é exigido incorporação de realidade virtual ou aumentada nos seus conteúdos educativos e a forma como tal será eventualmente remunerada essa carga extra.

Sobretudo porque, aprender a usar diferentes recursos tecnológicos requer tempo, prática, o que exige ainda mais trabalho docente, por isso, é fundamental alinhar as questões que envolvem a carga de trabalho como também a remuneração frente a carga extra.

Diante desses argumentos apresentados, estudiosos como Pontes e Barboza (2020) consideram:

É possível afirmar que a formação do professor pode contribuir diretamente para com a utilização das TIC nas aulas e, sobretudo, no impacto que pode causar no aluno e possibilitar aprender conceitos matemáticos de uma forma mais prazerosa, constituindo-se a tecnologia em uma aliada importante para a construção do conhecimento. Necessitando que o professor tenha segurança nos conhecimentos tecnológicos e no conteúdo de matemática. Conhecer as dificuldades que o professor enfrenta em sala de aula com relação à utilização das TIC pode contribuir para a melhoria do processo de ensino e aprendizagem neste momento crucial do ensino público no país (Pontes; Barboza, 2020, p. 35).

Além disso, quando o aluno fica na sala de aula navegando pelas redes sociais ou usando o equipamento dispositivo de uma forma indevida, é preciso que o professor reveja suas práticas, porque a sua metodologia já não faz mais sentido para os alunos. Esses alunos precisam ser envolvidos, desafiados, ter um objetivo a ser alcançado, porque quando estão envolvidos nesse processo dificilmente terão tempo para se distrair com algo que não os motive verdadeiramente (Rosa, 2013; Sturion *et al.*, 2018).

Hoje, tem-se uma gama de ferramentas tecnológicas e de possibilidades que podem tranquilamente estar sendo utilizadas pedagogicamente na educação. Existem diversos aplicativos de produtividade, aplicativos técnicos específicos, como para a área de eletroeletrônica e automação industrial. Assim, a ideia é criar roteiros de utilização desse tipo de solução que existe e colocar tudo isso num dispositivo que o aluno tenha fácil acesso.

De acordo com Gomes (2014):

A introdução da tecnologia na sala de aula põe problemas complexos porque todos sabemos que o mundo está a mudar e que a sala de aula não se pode manter com a sua poeira medieval, mas ninguém sabe, ainda, definir o caminho de progresso, apesar do investimento e da experimentação feita nos últimos decênios em muitos países. Se não mudar, a sala de aula parecer-lhes-á um espaço bafiento, irrelevante, que devem evitar ou sobreviver-lhe com o mínimo de interação. Mesmo com o risco de continuarmos a errar, temos de insistir na modernização do espaço de convívio escolar. Não devendo isolar a sala de aula do mundo tal como ele é visto pelo jovem, temos de criar estratégias de utilização das tecnologias para a aprendizagem ou, pelo menos, de compatibilização dessas tecnologias com alguma eficácia da aprendizagem (Gomes, 2014, p. 39–40).

Hoje, devido às grandes inovações no campo tecnológico, não há como negar a potencialidade das ferramentas tecnológicas, além disso, não há como desassociar a tecnologia da educação, em quaisquer níveis de educação.

Assim como em todas as áreas-tanto nas áreas de lazer, da indústria, do conhecimento, ou seja, em todas as áreas, a tecnologia não se dissocia (Almeida; Bautista; Addor, 2017).

Por isso é essencial que professores e alunos entendam a importância das tecnologias, não apenas enquanto uso de entretenimento ou lazer, mas também como facilitadoras de aprendizagem.

Atrelado a isso, é importante destacar que, à medida que as mudanças sociais se tornam predominantes no desenvolvimento social, é fundamental acompanhar essas transformações, e uma delas é o uso da tecnologia como forma de contribuir na educação (Darido; Bizelli, 2015).

É importante ressaltar que o avanço da tecnologia tem ocorrido de forma veloz e exponencial. Historicamente, é possível verificar que com o passar do tempo as tecnologias vêm sendo introduzidas de diversas formas na sociedade e, por ter uma grande potencialidade, tem papel fundamental também na educação, como meio de retroalimentar o campo de ensino (Maciel; Fernandes, 2011).

A chegada dos equipamentos eletrônicos como os celulares, trouxe muitas mudanças para a sociedade, além disso, a chegada dos televisores em cores também pôde e pode nos colocar a pensar a relevância que tem esses equipamentos de modo a realinhar a forma de ser e estar na sociedade, e em todos os contextos socioculturais (Cavalcante; Vasconcellos, 2007).

Na perspectiva de Maia e Meirelles (2009):

A tendência atual é aliar tecnologia à educação e, em virtude desta nova realidade, torna-se cada vez mais necessária a implementação de uma nova cultura docente e discente nas instituições educacionais no Brasil. A aplicação das novas tecnologias na educação implica numa revolução tão intensa nos paradigmas educacionais atuais, que poderá levar a uma evolução na metodologia do ensino presencial, caracterizando-se, portanto, numa oportunidade ímpar para as instituições de ensino e os professores repensarem a prática de ensino e aprendizagem (Maia; Meirelles, 2009, p. 9).

Dentro dessa perspectiva, a educação encontra mais uma aliada aos processos de ensino e aprendizagem, de modo que as escolas, universidades sejam constituídas de outras lentes sobre as tecnologias, mas em especial sobre como a tecnologia tem promovido mudanças significativas para o ensino.

É importante chamar atenção ao fato de que não basta apenas incluir as ferramentas dentro do contexto da sala de aula, mas propiciar momentos em que as tecnologias dialoguem com os conteúdos abordados, com as discussões em curso (Martins, 2017).

Nesse sentido, a introdução de tecnologias no contexto da educação seja na educação básica, ensino fundamental ou médio e, notadamente no universo

do ensino superior, sendo esta última modalidade campo de estudo desta pesquisa, propiciam um processo educativo ainda mais dinâmico, que a partir de novas práticas de ensino e aprendizagem, podem ser capazes de permitir a melhoria da qualidade do ensino, além de alargar o alcance da instituição de ensino, abrindo-a a outros públicos, além de seus muros, públicos que, de outra forma, não teriam acesso, e nem a possibilidade de se beneficiar desse ensino.

Seguindo essa linha de raciocínio, autores como Moser *et al.*, (2021):

Tecnologias e inovação têm sido a tônica no século XXI, principalmente em aplicações em diversas áreas, como educação, administração, engenharias e áreas multidisciplinares. Metodologias de ensino e aprendizagem que abordam o *microlearning* se enquadram nessa perspectiva, com potencial para proporcionar aulas com experiências que se descortinam de maneira mais dinâmica e eficaz. Essa estratégia tem estado implícita em diversas técnicas que contemplam redes sociais com propostas pedagógicas, em contextos de postagens rápidas em *blogs* e mesmo interações proporcionadas por assistentes cognitivos. Mesmo sem haver uma conscientização como metodologia estabelecida, com possibilidade de proporcionar benefícios, o bom uso do *microlearning*, produzindo conteúdos que possam ser consumidos pelos usuários de maneira rápida e prática, sem deixar de ser educativa, passa a ser um dos grandes desafios contemporâneos (Moser *et al.*, 2021, p. 145).

É notório os benefícios que podem trazer para a educação a partir do uso das tecnologias, mas também é importante considerar que antes de qualquer inserção é fundamental conhecer os alunos e saber também com base em suas demandas aos conteúdos e ferramentas que promovem o ensino (Moreira; Kramer, 2007).

Não é de hoje que muitos estudos dedicam sua atenção à abordagem desses recursos, porém hoje tem se tornado uma espécie de questão pública, com vistas a retroalimentar o espaço educacional.

Visando qualificar ainda mais as aprendizagens e a forma como está sendo articulado esse ensino, até porque os alunos experimentam diariamente realidades diversas sobre as tecnológicas e nada mais substancial do que as incluir na educação (Valente; Almeida, 2020).

Há muitas experiências em que a AR tem sido utilizada com vistas a contribuir com o processo de ensino e aprendizagem.

Instituições de ensino superior tem se esforçado a trabalhar com recursos inovadores para retroalimentar não só o processo de ensino e aprendizagem, mas também a formação de um profissional competente e cada vez mais em consonância com o presente contexto sociocultural.

Com o intuito de contribuir com o escopo de estudos sobre a AR no contexto das instituições de ensino, algumas estratégias têm sido criadas, tal como um livro on-line com informações atualizadas tanto sobre a AR como também sobre a sua relevância, conforme Hastrup-Kiil e Staab (2021):

Teaching how to create and code Augmented Reality (AR) is an emerging topic in Higher Education. This should not be confused with the interest of various other subjects to use AR applications and content. Only a few top-tier universities world-wide currently offer courses that give instruction of how to code AR. Few have related content and none have a full curriculum on AR. The goal of this book project is to create the first comprehensive Open Educational Resource (OER) as a foundation for AR curricula in Higher Education. The AR-FOR-EU book is the compiled documentation of several courses the AR-FOR-EU consortium put together and gave at several occasions. The book contains materials for course organizers to compile and conduct their own courses for mixed reality education at higher education institutions aka universities. Every book about high tech risks being outdated already when going into print, so we are planning for a continuously developed and updated online book, working with an open community of contributors, Open-Source style (Hastrup-Kiil; Staab, 2021, p. 1).

Vale considerar ainda que a produção de livros, como é o caso desse livro em questão, tem apoio do *Projeto Alianças Estratégicas ERASMUS+* para o Ensino Superior denominado Realidade Aumentada na Educação Universitária Europeia Formal – AR-FOR-EU.

Em contribuição a isso, carece ressaltar que o projeto AR-FOR-UE estabelece e fortalece de modo estratégico parcerias, com a finalidade de corroborar com o ensino de Realidade Aumentada no contexto do Ensino Superior - nos níveis de graduação e pós-graduação (Hastrup-Kiil; Staab, 2021).

Além disso, a obra apresenta os pré-requisitos para a compreensão dos conceitos necessários do ensino de Realidade Aumentada, com uma seção com tópicos avançados, com questões sobre os processos e práticas que conduzem a um processo pedagógico que corrobora com uma análise teórico-prática sobre a AR no ensino superior, e que podem ser abordados nos currículos.

O livro ainda promove uma perspectiva abrangente e introdutória com relação a AR. É importante declarar ainda a respeito do livro que:

The book project follows an agile approach differing from the classic development process typical for printed content. Contributors can play several different roles in the production process. We are looking for authors, reviewers, agile editors, designers, software developers, visual artists, and testers. Agile teams are responsible for the generation of chapters and act as product owners. Reviewers will review chapters and communicate with the author teams. Team champions drive forward the agile development of chapters. Designers lay-out the online book and printed versions. Software developers are responsible for interactive Web graphics, application examples, and other dynamic code. Visual artists are responsible for appealing visualizations. Testers will thoroughly try out the final versions of the book (Hastrup-Kiil; Staab, 2021, p. 2).

Esse livro é indispensável para entender como funciona a AR na educação, sobretudo por que a obra utiliza o *Git* para gerenciamento de versões e uma organização do GitHub para sua produção, hospedagem bem como a entrega de conteúdo do livro para assegurar o seu desenvolvimento ágil.

Utiliza-se ainda “o sistema de rastreamento de problemas baseado no GitHub para a comunicação entre os membros da comunidade, como os autores e os revisores” (Hastrup-Kiil; Staab, 2021, p. 2).

Considerando essa estratégia, também é fundamental destacar que há 20 anos, no cenário de transição entre o século XX e XXI, diversos estudiosos envolvidos com temáticas como tecnologias educacionais observam que o desenvolvimento rápido e incremental dos recursos tecnológicos digitais tem-se polarizado de forma a mobilizar profissionais da educação a implementarem em suas práticas educacionais possibilidades de redesenhar os processos de ensino e aprendizagem, especialmente se considerarmos o avanço da internet (Cardoso *et al.*, 2014; Klettemberg; Tori; Huanca, 2021; Cruz-Cunha *et al.*, 2010).

Nesse sentido, é importante refletir:

- que tipo de educação está sendo ofertado em meio a tantos mecanismos tecnológicos disponíveis?

E, como é possível incluí-las no espaço escolar e no ensino superior.

Segundo Castro e Kampff (2021):

Imagine uma escola na qual professores e estudantes terão acesso à Internet e artefatos tecnológicos diversos, com os quais poderão interagir com os diferentes objetos de conhecimento, nas diferentes disciplinas, potencializando assim os processos de ensino e de aprendizagem. Esta é a “escola do futuro” e, acreditem, em pouquíssimo tempo será o ambiente no qual estarão inseridos todos os professores e estudantes. Esta projeção se cumpriu, ainda que parcialmente. Pois, quando falamos em Educação no Brasil, temos de levar em consideração as características e singularidades das duas redes que constituem o sistema nacional de educação básica: a rede pública e a rede privada. Ambas possuem os mesmos objetivos sociais e pedagógicos, já que se encontram sob as determinações contidas na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional [...] (Castro; Kampff, 2021, p. 111-112).

Os autores ainda expressam em sua obra “*Realidade Aumentada na educação: algumas reflexões*”, que,

Segundo o Censo da Educação Básica / 2020 (publicado em 2021), o Brasil possui cerca de 180 mil escolas de educação básica, com 77% (139 mil escolas) integradas à rede pública e 23% (41 mil escolas) à rede privada. Sobre o público atendido por ambas as redes, contabilizou-se 47,3 milhões de estudantes matriculados. Destes, 38,5 milhões se encontram matriculados na rede pública e 8,8 milhões na rede privada. Com relação à infraestrutura tecnológica das escolas de ensino fundamental e médio, o Censo nos apresenta os seguintes dados: 90 mil escolas da rede pública possuem acesso à internet (65% da rede), enquanto na rede privada são 40 mil escolas (97% da rede) respectivamente. O Censo também demonstra que quanto mais ao norte e ao nordeste do país as escolas públicas se localizam, menor a disponibilidade de Internet – e outros elementos estruturais básicos (Castro; Kampff, 2021, p. 112).

A compreensão de um contexto escolar preenchido por novidades educacionais permite que os estudantes possam adquirir cada vez mais o interesse sobre os conteúdos abordados, além disso, demonstra a potencialidade que os recursos tecnológicos têm não apenas para os setores comerciais, mas também para a área da educação (Qayyum; Zawacki-Richter, 2018; Olcott Junior *et al.*, 2015; Davis; Eickelmann; Zaka, 2013).

Os artefatos tecnológicos ajudam a facilitar atividades no ambiente que, quando feitos de modo exclusivamente manual, prolongam os processos resolutivos, - organizações de eventos, dinâmicas educativas e outras.

A partir das próximas mudanças acontecendo na sociedade contemporânea e em seus paradigmas de produção comercial, as tecnologias fomentam a produção do conhecimento, e tornam cada vez mais criteriosa a sua aquisição, exigindo, dessa forma, competências para a resolução de problemas de forma criativa e flexível (Shatunova *et al.*, 2021; Allcoat *et al.*, 2021).

Nessa esteira, é possível dizer que a aquisição do conhecimento nos espaços educacionais vem se tornando ainda desafiadores, porque ao passo em que a tecnologia pode colaborar para o seu desenvolver, também pode complexificar tal processo, sobretudo por que quando não há entendimento por parte dos profissionais sobre a gama de possibilidades e estratégias que podem ser utilizadas podem dificultar o campo teórico-prático (Ifenthaler; Spector; Sampson, 2010; Allcoat *et al.*, 2021).

Dessa forma, o desenrolar de uma educação que esteja permeada por ferramentas eficientes e contemporâneas, a exemplo do uso da RA, vem ganhando ainda mais destaque em diferentes áreas do conhecimento.

Na visão de Kajamaa *et al.*, (2022):

In the context of an increasingly differentiated society, aspects like diversity and emancipation via and within education in the digital age are central aspects for a proper understanding of digital-based teaching and learning in theory and practice. To develop such digital-based teaching and learning in theory and practice, contemporary media education and e-learning research face the challenge of opening up to a transdisciplinary dialogue with other scientific disciplines. Such a dialogue makes it possible to address and discuss education's complexity in the digital age drawing knowledge and research results from different fields, for discussions and a critical, integrative analysis of social transformations in the digital age, drawn from different fields such as the humanities, social sciences, and economics (Kajamaa *et al.*, 2022, p. 1).

Em contribuição ao exposto, carece apontar que a Série se esforça em analisar de forma bastante comprometida sobre as implicações da transformação cultural na educação no mundo contemporâneo da era digital, promovendo um diálogo transdisciplinar e com diferentes abordagens teóricas.

Além disso, o uso dessa tecnologia se constitui como fator que estimula e facilita a aquisição do conhecimento de quem as utiliza, tendo consciência crítica,

aberta e disposta a aprender com as novas mudanças (Qayyum; Zawacki-Richter, 2018).

Apesar das mudanças tecnológicas estarem disponíveis na sociedade há resistência de uma parcela da sociedade que por motivos diversos ainda se negam reconhecer a relevância dos recursos tecnológicos, por isso que trazer à tona seus benefícios e processos sociais que influem para uma construção social também inovadora pode desenhar novos contextos e práticas de sociabilidade (Allcoat *et al.*, 2021).

Em sintonia com o que foi apresentado no exposto anterior, de acordo com os estudos de Kaliraj e Devi (2022):

Educational institutions are committed to helping produce the workforce for this new world and the student experience to match it. It is necessary to align higher education with Industry 4.0 through education on the tools of Industry 4.0. As a tool of Industry 4.0, students should be made familiar with AR and learn how to apply AR techniques in the domains they work. AR has many advantages, including increased engagement and interaction, enhanced innovation and responsiveness, easy accessibility to the smartphone market, and cost-effectiveness. This technology is found to have applications in almost all domains, such as medical training, retail, repair and maintenance of complex equipment such as car motors or MRI machines, interior design for architecture and construction, business logistics, virtual “walkabouts” for potential tourists, classroom education, laboratory practicals, and field service, to build deeper bonds between characters and the audience in the entertainment field, and to provide geolocation-enabled AR for public safety (Kaliraj; Devi, 2022, p. 9-10).

Dentro dessa perspectiva, é possível entender que há muitas experiências salutaras em torno da AR na educação que podem estar sendo incorporadas no contexto da sala de aula, essa é apenas uma das experiências e estratégias que ao serem introduzidas na escola e/ou no ensino superior podem retroalimentar a área da educação.

É importante destacar que não há cartilhas de como produzir uma educação de qualidade, pautada no aluno e nas suas dificuldades, porém, é perceptível que conforme o avanço tecnológico ganha corpo em vários espaços a partir de variadas dimensões, estas, tem promovido outras lentes teóricas e práticas no processo de ensino e aprendizagem (Shatunova *et al.*, 2021; Allcoat *et al.*, 2021).

3.1.1 Breves experiências de utilização de cenários de realidade aumentada ou imersiva no ensino superior

A literatura apresenta uma significativa atenção em termos de melhoria da qualidade do ensino e aprendizagem, traduzida no incremento dos resultados obtidos pelos estudantes no âmbito do ensino superior.

De acordo com Lima, Pereira e Viana (2022) em sua produção intitulada “*AmongNET Game*: Um relato de experiência do uso da Virtualidade e da Realidade Aumentada no Ensino Remoto Emergencial de Redes de Computadores”, trouxe notáveis resultados quanto a utilização de AR ou imersiva no contexto do ensino superior.

Os autores desenvolveram e avaliaram o *AmongNET Game*, jogo que combina um ambiente virtual imersivo com um aplicativo móvel de AR, sua aplicação se deu no contexto do ensino superior, nos cursos da área de tecnologia (Ciência da Computação, Sistemas de Informação e Engenharia da Computação).

Os resultados apresentados pelos autores indicaram “boa aceitação dos alunos quanto aos aspectos educacionais do jogo; à imersão e diversão proporcionada; e, à interação e colaboração com os colegas” (Lima; Pereira; Viana, 2022, p. 1).

Na concepção desses autores, essas experiências permitem,

estimular professores de Redes de Computadores a introduzir práticas lúdicas em suas disciplinas, assim como instigar pesquisadores de Educação em Computação a estudar os impactos do uso de jogos no ensino superior. Os jogos também são desenvolvidos para ensinar computação com foco em níveis cognitivos inferiores, sendo usados para revisar e reforçar conhecimentos previamente ensinados (Lima; Pereira; Viana, 2022, p. 153).

A aplicação de tecnologias imersivas na educação, além de explorar o potencial dos alunos, permite seu maior engajamento na aprendizagem, despertam sua criatividade, melhora sua participação em sala de aula e colabora na promoção da autoaprendizagem. Para tanto, se faz necessário considerar a preparação do corpo docente, sendo esta, uma das dificuldades apontadas pelos autores em questão.

Outra experiência exitosa no campo do ensino superior com as tecnologias imersivas, é o caso apresentado por Jurgina *et al.*, (2021), em sua obra “Relato sobre a Utilização de Ferramenta com Realidade Aumentada no auxílio do Ensino-Aprendizagem de Topografia em Cursos Superiores”, no que se dedicaram apresentar a avaliação de uma ferramenta educacional que utiliza AR e Interface Tangível para colaborar no processo de ensino e aprendizagem dos alunos, de curso superior, mais especialmente nos cursos de Computação e de Engenharia Hídrica da Universidade Federal de Pelotas, sobretudo nos tópicos das disciplinas que abordam topografia e cartografia tridimensional.

Segundo Jurgina *et al.*, (2021), o interesse em inovar com o uso de tecnologias imersivas surgiu a partir da compreensão de que a utilização desses diferentes recursos pode facilitar a construção do conhecimento, ao permitir dialogar com o real e o virtual de forma simultânea em processos educativos que exigem um olhar ainda mais aprofundado sobre determinados conteúdos mais complexos. Acrescentam ainda que,

O ensino de topografia inclui a cartografia e a representação tridimensional de relevos. Seu estudo está presente no ensino técnico e superior. Todavia, seu estudo é complexo pela dificuldade enfrentada pelos educandos em converter a imagem em três dimensões em um mapa com duas dimensões (Jurgina *et al.*, 2021, p. 130).

Nota-se a que a utilização de ferramenta com AR no auxílio do ensino e aprendizagem de topografia em cursos superiores é muito importante, notadamente porque a maior dificuldade de ensinar topografia para os alunos estar na “limitação que a superfície plana tem de representar os relevos de um terreno. Em uma folha de papel ou em um quadro só é possível desenhar em duas dimensões” (Jurgina *et al.*, 2021, p. 131).

O que reforça a ideia de aplicar ferramentas com AR, como, por exemplo, a *ARSandBox*, que consiste em uma aplicação que integra AR e Interface Tangível para visualização 3D de ambiente geográfico, por meio de mapa topográfico.

Para Darley *et al.*, (2017), a aplicação da *ARSandBox* tem a capacidade de reduzir esta limitação, uma vez que, oferece a noção de um modelo tridimensional, aprimorando assim, o entendimento do aluno.

Conforme Ucdavis (2019), Darley (2017) e Jurgina *et al.*, (2021), a disposição da *ARSandBox* compreende uma caixa de areia com área de 1,5 m², com sensor Kinect 3D e projetor, que ficam localizados a 1m de altura, um computador com sistema operacional Linux, 2Gb de memória RAM e placa gráfica Nvidia para executar o software que faz a decodificação da área de interação.

Essas são algumas das possibilidades e resultados promovidos pela aplicação de Realidade Aumentada Imersiva no ensino superior.

É importante destacar que a implementação dessas tecnologias enfrenta desafios, o que é compreensível, pois refundamentar a área da educação a partir de novas práticas, ferramentas, novas perspectivas e preparação dos professores referente ao desenvolvimento de aplicações de AR e Virtual voltadas para a área educacional auxilia alunos e professores na tarefa do ensino e aprendizagem.

3.2 Metaverso

O termo Metaverso, originou-se do romance de estilo Cyberpunk, ‘Snow Crash’, publicado em 1992 pelo autor americano Neal Stephenson. Ele foi responsável por descrever uma realidade virtual 3D que sucederia à Internet, caracterizada pela representação de avatares controlados por humanos e a interação com “agentes de software”.

É importante considerar que, embora seja improvável que a visão de Stephenson de um mundo 3D singular substitua a Internet, suas contribuições são fundamentais, principalmente porque muitos conceitos que ele cunhou já se tornaram realidade.

Para Silva (2022), Peranovich e Zampieri (2022), o termo metaverso possibilita que o usuário faça parte do ambiente, e não simplesmente observar. É válido salientar que o desenvolvimento da ideia de um aspecto digital do usuário assinala para as distintas configurações a partir das quais os ambientes virtuais estão se aplicando na sociedade.

Os autores acrescentam que o termo em inglês *digital twins* refere-se também – a cópia de objetos, bem como a sistemas e processos que já existentes, permitindo assim, testes ágeis e contínuos.

Sobre essa linha de raciocínio, Silva (2022) descreve:

Disney e McDonald's são dois grupos que já estão realizando experimentos com ideias que se aproximam do metaverso, oferecendo aos seus clientes a possibilidade de comprar e consumir produtos dentro de um ambiente virtual. Com o constante avanço dessa nova ferramenta, ambientes poderão ser simulados a partir de interpretação de dados, possibilitando que decisões mais inteligentes sejam tomadas. A evolução da tecnologia 5G, internet das coisas e *edge computing* são algumas das principais que poderiam ampliar o potencial das bases de metaversos (Silva, 2022, p. 24-25).

O autor avança em suas descrições referente ao termo e as suas possibilidades de ação, uma vez que destaca:

[...] o metaverso já apresenta vários de seus atributos já em funcionamento, oferecendo experiências e atividades únicas do ambiente virtual. Cada equipe deverá se preparar adequadamente a esse cenário próximo, pois os grupos que estiverem lado a lado com essas evoluções estarão um passo à frente (Silva, 2022, p. 25).

Nota-se que este termo é composto de meta de transcendência e universo e, refere-se a um mundo virtual tridimensional onde os avatares se envolvem em política, econômica, social, e atividades culturais. É amplamente usado no sentido de um mundo virtual baseado na vida diária, onde tanto o real e o irreal coexistem (Park; Kim, 2022).

O âmbito do metaverso é amplo e vem crescendo cada vez mais, por isso que há várias definições e conceitos que lhes faz referência. No contexto da educação, o metaverso pode se apresentar como uma possibilidade “para que professores possam se apropriar do metaverso em sala de aula e trabalhar com elementos desses do universo 3D” (Pereira, 2022b, p. 1).

Existem diversas tecnologias e recursos para serem utilizados na escola e no ensino superior, pois não há mais sentido persistir numa sala de aula do modelo do século passado.

De acordo com Mantovani, Backes e Santos (2011):

por meio da prática profissional docente, desenvolvida em espaços digitais-virtuais e da reflexão fundamentada num quadro teórico interacionista-construtivista-sistêmico, que os metaversos potencializam [...] interação em espaços digitais-virtuais” (Mantovani; Backes; Santos, 2011, p. 80-81).

Na área da educação, especialmente no ensino superior (campo da pesquisa), a inserção do metaverso cria possibilidades da comunicação virtual, interação e pode facilitar o processo de ensino e aprendizagem.

Para Tlili *et al.*, (2022) e Jambassi (2023), o metaverso na educação corresponde uma ideia nova, sobretudo porque, pode permitir que alunos assistam às aulas virtualmente, traz elementos envolvidos da aula presencial, permite a interação entre alunos e professores por meio de seus avatares.

Segundo Jambassi (2023), esse processo de utilização do metaverso no cenário educacional destaca-se como uma nova forma de aprendizados de uma forma imersiva.

Contudo, se faz necessário que os docentes estejam “preparados para essa nova realidade no processo educativo. Os alunos estão tão habituados às novas tecnologias digitais, que é emergente essas mudanças nas formas de ensinar” (Jambassi, 2023, p. 5).

Apesar de sua importância, a inserção do metaverso na educação há desafios a serem superados, entre eles:

- investimentos para sua implementação;
- acessibilidade (aos recursos) para todos e, sobretudo na formação docente para a sua utilização e preparação quanto a esse novo mundo imersivo que se aprimora a cada dia;
- compra de equipamentos, como os óculos 3D, que ainda são caros e faltam nas instituições escolares;
- atenção de usuários e gestores no metaverso quanto as questões legais, morais e comportamentais (Paula, 2022; Pereira *et al.*, 2022; Jambassi, 2023).

O metaverso é suportado por um conjunto de tecnologias, que sustentarão o desenvolvimento e a distribuição de OA: a AR, MR, VR e XR, a Internet das coisas, que permite a recolha de informação de sensores colocados em dispositivos hápticos, óculos, blockchain, para o armazenamento centralizado de dados, bem como o *edge computing*, a computação descentralizada, fundamental para o processamento da enorme quantidade de dados gerada e que precisam ser tratados para que dessa massa informe de dados se extraia informação útil ou a renderização local da imagem, vital em ambientes 3D e grande consumidora de recursos do processamento.

E, por último, a IA, a qual servirá para gerar respostas a questões colocadas pelos estudantes e monitorizar os servidores, melhorando continuamente a sua segurança. Estas são algumas das tecnologias à disposição que conformarão a nossa proposta de *framework* em termos tecnológicos.

Em resumo, o metaverso é um universo persistente, online 3D, que combina múltiplos espaços virtuais diferentes, que permitem a um utilizador trabalhar, encontrar-se com outros utilizadores, socializar, jogar e aprender, por exemplo, nesses espaços 3D.

É um termo que ainda está em evolução e não apresenta uma definição unificada, consensual na comunidade académica.

3.3 Breve contextualização em relação ao desenvolvimento de um *framework*

O desenvolvimento de um *framework* trata-se de um processo essencial na área da computação e desenvolvimento de software. Um *framework*, em termos gerais, é uma estrutura ou conjunto de diretrizes que oferece suporte para o desenvolvimento de aplicativos. O *framework* fornece um esqueleto ou arquitetura inicial para que os desenvolvedores possam construir seus projetos de software com mais eficiência.

3.3.1 Requisitos Básicos para um Sistema de RV

O desenvolvimento de sistemas de RV teve suas origens na criação dos softwares, com a utilização das metodologias tradicionais da engenharia adaptadas à elaboração de sistemas multimídias. A criação de produtos voltados para a indústria cinematográfica também contribuiu e permanece contribuindo com o desenvolvimento de sistemas de RV (Luz; Kirner, 2006).

Um sistema, basicamente, é caracterizado pela integração de diversos componentes, que atuam de forma inter-relacionada, visando atingir um objetivo comum.

No caso dos sistemas de RV, consideram-se os cinco requisitos detalhados no Quadro 3 como necessários.

Quadro 3 – Requisitos necessários para um sistema de RV

Interface de alta qualidade	A RV é utilizada como a interface de mais alto nível entre o ser humano e a máquina, pois permite que ambos interajam de uma maneira intuitiva para a pessoa, por imitar o que acontece na interação desta com o mundo real.
Alta interatividade	O ambiente deve reagir de maneira adequada às ações do usuário e permitir o maior número possível de ações.
Imersão	Um sistema de RV deve permitir que o usuário se sinta “dentro” do mundo virtual, seja com o seu corpo físico ou com uma representação qualquer (avatar, vídeo, simulação de cabine, etc.).
Uso da intuição/envolvimento	O sistema deve explorar a intuição do usuário “envolvido” pelo ambiente e, assim, proporcionar novas formas de interação. (Ex.: o projetista de um sistema de simulação de carro que inclua volante, marcha e pedais, tem muito mais liberdade de projetar ações do que outro projetista que não tenha. No primeiro caso, o projetista sabe que o usuário já está habituado a certas ações, por sua experiência no mundo real.
Analogia/ampliação do mundo real	Criar envolvimento e utilizar a intuição faz com que o sistema de RV atue como uma transferência do mundo real, capturando tudo de proveitoso que pode vir do fato do usuário já ter uma “noção” do que deve e de como fazer, acrescentando aspectos que não existem no mundo real. Por exemplo, um sistema de busca bibliográfica pode utilizar, de alguma forma, a habilidade do usuário de se locomover em uma biblioteca e olhar as estantes, mas a biblioteca “virtual” pode destacar visualmente volumes que possam ser do interesse do usuário.

Fonte: Adaptado de Valerio Netto, Machado e Oliveira (2002).

Basicamente, os sistemas de RV diferem entre si conforme os níveis de imersão e de interatividade proporcionados ao participante. Esses níveis são determinados pelos tipos de dispositivos de entrada e saída de dados do sistema, além da velocidade e potência do computador que o hospeda (Valerio Netto; Machado; Oliveira, 2002).

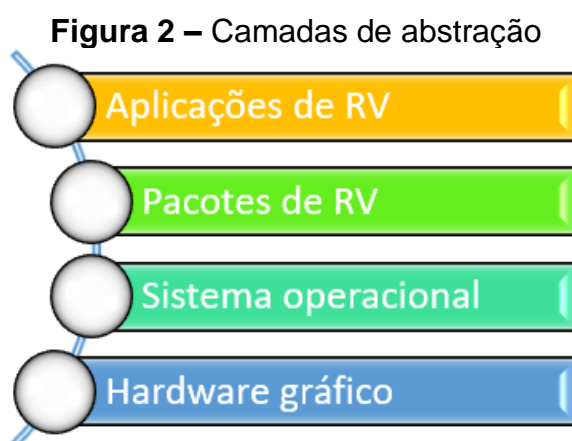
Portanto, em sistemas de RV, o ponto de vista é substituído pela experiência de estar além da atualização em tempo real e da imersão em um espaço tridimensional e dinâmico, visa-se, eminentemente, a interação multissensorial do corpo com o ambiente, o que se realiza via:

- a) dispositivos agregados ao corpo (capacetes, luvas, relógios, sensores, chips, etc.);
- b) ambientes físicos (salas e Cave Automatic Virtual Environment – CAVE), capazes de detectar, reconhecer, mapear e incorporar o usuário; e
- c) métodos híbridos.

Enquanto, por um lado, a incorporação de determinados dispositivos ao corpo do usuário possibilita a imersão, por outro, busca-se também libertar o corpo desses dispositivos com o intuito de deixá-lo atuar de forma mais natural e próxima da comunicação interpessoal (Hanns, 2006).

3.3.2 Modelagem e Programação em Ambientes Virtuais

Aplicações gráficas tridimensionais (3D) exigem um esforço computacional considerável para processá-las. É possível distribuir esse esforço entre processadores alocados em placas gráficas ou na placa principal do computador. Conhecer os detalhes dos modelos arquiteturais disponíveis e desenvolver aplicações que explorem ao máximo a potência computacional das placas e processadores faz com que as aplicações percam portabilidade, isto é, sejam fortemente dependentes do hardware para o qual foram desenvolvidas. No caso de a portabilidade da aplicação ser o fator preponderante sobre o desenvolvimento, opta-se por um modelo de desenvolvimento que utiliza o conceito de camadas de abstração sobrepostas, conforme ilustra a Figura 2 (Calonego Júnior *et al.*, 2006).



Fonte: Adaptado de Calonego Júnior *et al.*, (2006).

A camada denominada “hardware gráfico” corresponde a algum dispositivo de saída gráfica, por exemplo, uma placa gráfica usada em jogos. Uma vez inserida a placa no computador, a camada “sistema operacional” deve ser configurada. Os fabricantes dos dispositivos gráficos disponibilizam os programas que permitem ao sistema operacional ter acesso ao dispositivo gráfico. O sistema operacional gerencia o acesso ao hardware gráfico e oferece um conjunto de primitivas que viabilizam o acesso indireto de outras aplicações ao hardware gráfico. Isso significa que o programador não tem necessidade de conhecer como o hardware opera. Além disso, há a possibilidade de troca do hardware sem que haja a necessidade de modificação dos programas que utilizam as primitivas do sistema operacional (Calonego Júnior *et al.*, 2006).

O desenvolvimento de programas para um dado sistema operacional apresenta pouca portabilidade. O aumento dessa portabilidade é tratado na camada “biblioteca gráfica”. Ela implementa um padrão de comunicação com as primitivas do hardware, via sistema operacional, que aumenta essa portabilidade. Os exemplos mais comuns de camadas análogas à camada “biblioteca gráfica” são o OpenGL e o DirectX. Programas que usam essas camadas podem ser transportados para diferentes sistemas operacionais, desde que haja uma versão correspondente à camada usada pela aplicação que execute naquele sistema operacional. A proliferação dessas bibliotecas gráficas possibilitou a criação de pacotes de desenvolvimento de RV (Calonego Júnior *et al.*, 2006).

A biblioteca OpenGL permitiu a especificação e o desenvolvimento de uma camada para a descrição de objetos, eliminando a preocupação com a implementação das gráficas primitivas ou com o hardware a ser utilizado pela aplicação. Esse modelo foi utilizado por Gavin Bell para escrever a primeira especificação de uma linguagem de modelagem de mundos virtuais denominada *Virtual Reality Modeling Language* (VRML) (Carey; Bell, 2000).

Diversos “pacotes de RV” utilizam programas escritos na linguagem VRML ou oferecem suporte para a conversão de códigos produzidos em outros formatos para VRML. Por exemplo, programas de desenho 3D, tais como o 3D Studio MAX e o Spazz 3D, exportam código VRML. Esses pacotes são a base para a implementação de aplicações de RV, que correspondem ao maior grau de abstração.

Em geral, as aplicações são desenvolvidas utilizando-se um pacote de desenho 3D, um pacote de RV, e linguagens de programação tais como C, C++, Java, Delphi, VB, ECMAScript, entre outras, que permitem ao programador ter acesso ao pacote de RV para desenvolver os controles de interação da aplicação com o usuário (Calonego Júnior *et al.*, 2006).

A programação em VRML, ou a construção de cenários virtuais, é uma tarefa complexa e exige dos gerenciadores o uso de estruturas de dados específicas para a otimização da visualização durante a navegação no ambiente virtual. Um “gerenciador de desenho” simplifica a tarefa de controle fornecendo ao programador uma interface de desenvolvimento de programa, também denominada Application Programming Interface (API). O uso de uma API permite ao programador elaborar um cenário virtual para navegação e interação de forma direta.

A criação de um mundo virtual é, portanto, a expressão de componentes do mundo real através de um modelo matemático que permita representar os elementos bem como as suas interações. Esse modelo é denominado grafo de cena e é usado por gerenciadores para otimizar o desenho das cenas 3D. Atualmente, há programas tradutores de código VRML para *Extensible* 3D (X3D), a fim de garantir que as aplicações desenvolvidas em VRML possam ser facilmente transportadas (Calonego Júnior *et al.*, 2006).

3.3.3 Processo de Desenvolvimento de Sistemas de RV

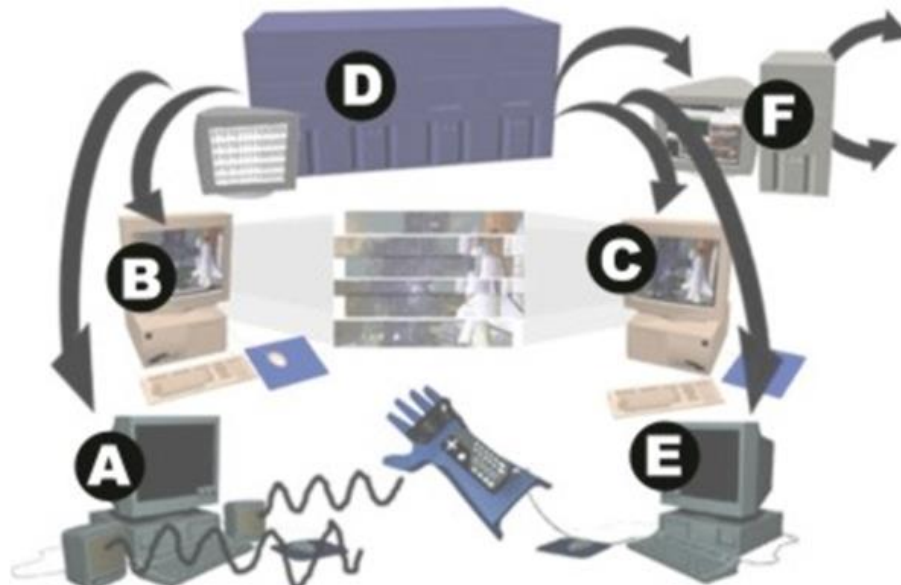
A Figura 3 apresenta um exemplo de arquitetura de sistema de RV que envolve processamento distribuído. Nesse tipo de arquitetura, diversos aspectos do mundo virtual são processados por diferentes computadores.

O computador A processa os dados referentes à geração do som, enquanto os computadores B e C geram as imagens que, em conjunto, geram a visão estereoscópica que alimenta o capacete de imersão, causando no usuário a sensação de profundidade.

O computador D é responsável pelo processamento computacional das tarefas em tempo real e pela integração do sistema, enviando e recebendo pacotes de tarefas que compõem a interface externa do sistema (tanto com o usuário, quanto com outros sistemas).

Já o computador E, refere-se ao controle do dispositivo háptico, de retorno da força enviada pelo usuário. O computador F, por sua vez, é responsável pela base de dados do sistema e pela atualização de dados referentes a agentes externos, utilizando, para isso, um meio de comunicação com outras bases de dados distribuídas (Luz; Kirner, 2006).

Figura 3 – Esquema de um sistema de RV de processamento distribuído



Fonte: Luz e Kirner (2006).

Em linhas gerais, um sistema de RV é composto por dois conjuntos de componentes:

a) Interfaces físicas e lógicas, que incluem as entradas e saídas do sistema, representadas por sensores e atuadores, respectivamente, as quais permitem a integração do ser humano com o sistema;

b) Processador lógico do mundo virtual, sendo esse componente responsável pelo controle do sistema. (Luz; Kirner, 2006).

Como qualquer sistema de *software*, o desenvolvimento de sistemas de RV pode basear-se nos modelos e métodos tradicionalmente indicados pela engenharia de *software*. Os modelos existentes, desde o tradicional Cascata até o atual Programação Extrema, podem ser adotados (Sommerville; Sawyer, 1997; Beck, 1999).

Mesmo com a existência de diversos métodos, cada empresa deve utilizar o que melhor lhe convier e, se necessário, adaptá-los ou até mesmo criar o seu próprio processo.

Um resumo dos principais modelos de desenvolvimento de *software* está representado no Quadro 4.

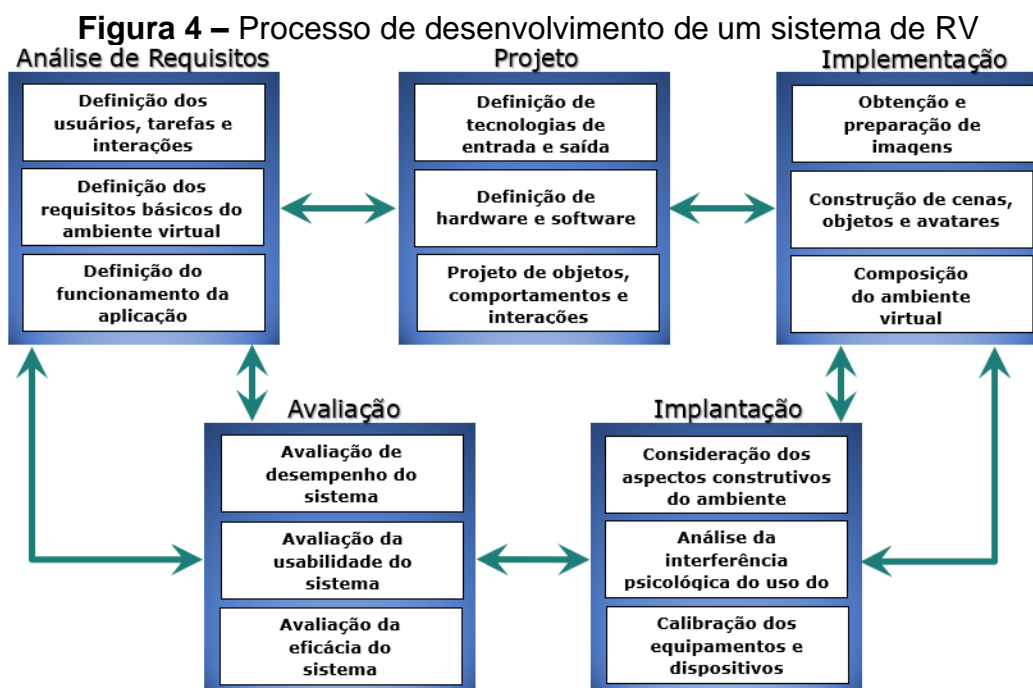
Quadro 4 – Principais modelos de *software* para sistemas de RV

<p>Modelo Cascata (<i>waterfall</i>)</p>	<p>É um processo tradicional de desenvolvimento de <i>software</i>, que envolve a consecução das etapas de levantamento dos requisitos, análise dos requisitos, projeto, projeto detalhado, implementação, testes, implantação e manutenção. Apesar de ser largamente utilizado, possui desvantagens, pois projetos dessa natureza possuem um ciclo de desenvolvimento longo e, nesse caso, muitas das tecnologias, soluções e até mesmo metáforas podem ter que ser modificadas antes da finalização do ciclo de desenvolvimento.</p>
<p>Prototipagem</p>	<p>Este modelo mostra-se adequado por permitir a criação de um protótipo ou produto final do sistema e colocá-lo à prova junto aos usuários finais, em um tempo relativamente curto. Entretanto, não prevê a reformulação do sistema ao longo do tempo, pois o protótipo é criado apenas uma vez e depois o ciclo de desenvolvimento transcorre linearmente.</p>
<p>Desenvolvimento Iterativo</p>	<p>É um modelo importante, embora exija que as principais funcionalidades do sistema sejam cobertas já no primeiro estágio de desenvolvimento. Em muitos casos, este modelo não leva a uma solução adequada, pois essas funcionalidades podem exigir um tempo e custo de desenvolvimento elevado, além de contribuir para distanciar o cliente do produto final, aumentando os riscos.</p>
<p>Modelo evolucionário</p>	<p>Apresenta características importantes, pois o ciclo de desenvolvimento de cada versão do sistema é reduzido em relação aos modelos anteriores. Neste modelo, o sistema é disponibilizado em versões que cumprem alguns dos requisitos totais do sistema.</p>
<p>Programação extrema</p>	<p>A <i>Extreme Programming</i>, com sua abordagem focada no problema e com contato constante com o cliente e usuário final, procura aumentar as chances de o sistema ser desenvolvido conforme as reais necessidades do usuário. O modelo estimula a criação rápida de versões, para que o usuário final possa avaliar e interferir no próximo ciclo de desenvolvimento. Este modelo é adequado quando os requisitos não forem totalmente esclarecidos e o contato com o cliente for possível. Para um sistema de RV completo, este modelo pode não ser adequado, principalmente quando for exigida a integração de equipamentos especiais de alto custo. A criação de uma réplica do sistema junto ao cliente e/ou o constante deslocamento do cliente ou dos desenvolvedores para a averiguação de cada nova versão pode também elevar muito os custos.</p>

Fonte: Adaptado de Luz e Kirner (2006).

Como para qualquer sistema de software, é importante que se disponha de um processo sistemático para o desenvolvimento de ambientes virtuais ou sistemas de realidade virtual. A necessidade de se entender e explicitar melhor o processo de desenvolvimento de ambientes e aplicações de realidade virtual motiva a pesquisa.

O processo de desenvolvimento de um sistema de RV compõe-se de etapas realizadas iterativamente, que são: análise de requisitos; projeto; implementação; avaliação; implantação, como apresenta a Figura 4.



Fonte: Luz e Kirner (2006).

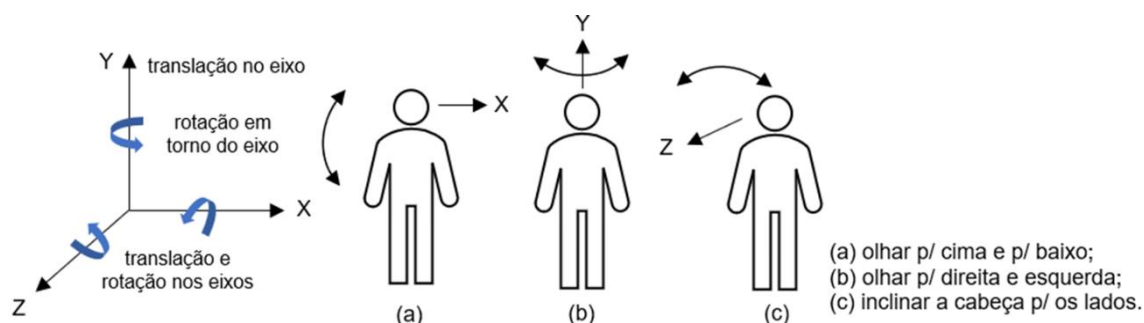
O desenvolvimento de SRV teve suas origens no desenvolvimento de sistemas de software, com a utilização das metodologias tradicionais da engenharia de software [McConnell, 1996], adaptadas à criação de sistemas multimídia, com a incorporação de recursos para análise e projeto de sistemas de distribuídos e de tempo real.

Além disso, questões de criação de produtos na indústria cinematográfica têm contribuído para o desenvolvimento de SRV, principalmente no que tange à criação do mundo virtual. Outra questão importante que se soma a discussão desta seção, é com relação aos objetos dos ambientes virtuais.

Em ambientes virtuais, como jogos, simulações ou experiências de realidade virtual, os objetos desempenham papel decisivo na criação de interações imersivas e dinâmicas.

Segundo Machado e Cardoso (2006) é importante observar que objetos dos ambientes virtuais geralmente podem mover-se com seis graus de liberdade (6DOF – *degrees of freedom*), implicando na possibilidade de três rotações e três translações (Figura 5).

Figura 5 – Navegação com seis graus de liberdade



Fonte: Adaptado de Tori, Kirner e Siscouto (2006).

Os seis graus de liberdade representam as diferentes maneiras pelas quais um objeto pode se mover e se posicionar no espaço tridimensional.

A Translação em x, y e z, refere-se ao movimento do objeto nas três dimensões do espaço.

Um objeto pode ser deslocado horizontalmente ao longo do eixo x, verticalmente ao longo do eixo y e também pode se mover para frente ou para trás pelo eixo z. Essas translações permitem que os objetos mudem de posição no ambiente virtual, indo de um ponto a outro (Tori; Kirner; Siscouto, 2006).

A Rotação em torno de x, y e z, faz parte dos graus de liberdade envolve as rotações do objeto, podendo girar em torno do eixo x, o que é conhecido como rotação "*pitch*", em torno do eixo y, chamada de rotação "*yaw*", e em torno do eixo z, chamada de rotação "*roll*".

Essas rotações permitem que o objeto mude sua orientação no espaço tridimensional, o que é fundamental para criar movimentos e interações realistas (Tori; Kirner; Siscouto, 2006).

A capacidade de objetos se moverem com 6DOF em ambientes virtuais é essencial para uma experiência mais imersiva e natural aos usuários.

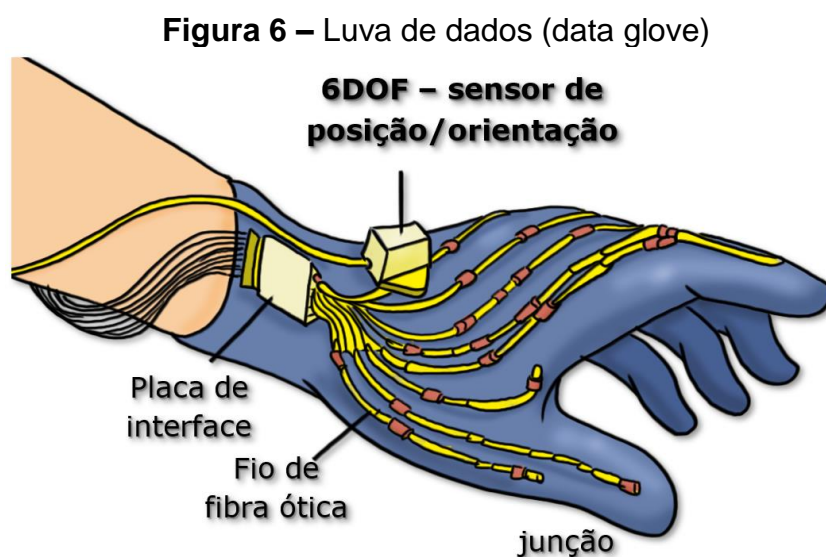
Isso permite que os objetos se comportem de maneira mais semelhante aos objetos do mundo real, onde podem ser deslocados e girados livremente em qualquer direção.

Isso é importante em aplicações de realidade virtual, onde a sensação de presença e interatividade é fundamental.

Os ambientes virtuais que suportam 6DOF geralmente usam tecnologias como sensores de rastreamento, controladores de movimento e algoritmos avançados para detectar e representar com precisão os movimentos e posições dos objetos.

Essa capacidade de movimento oferece um grande potencial para aplicações educacionais, jogos, treinamento, *design* e muitas outras áreas, enriquecendo as experiências digitais e ampliando os horizontes da criação virtual (Tori; Kirner; Siscouto, 2006).

Um exemplo dos 6DOF é a luva de dados (*data glove*), Figura 6.



Fonte: Adaptado de Machado e Cardoso (2006).

A luva de dados, também conhecida como "data glove" em inglês, é um dispositivo de interface homem-máquina projetado para capturar e transmitir os movimentos e gestos das mãos e dos dedos de um usuário para um sistema computacional. Essa tecnologia revolucionária permite uma interação mais natural e intuitiva com ambientes virtuais, jogos, simulações e outras aplicações. A luva de dados é equipada com sensores de alta precisão e dispositivos de feedback tátil, como pequenos motores de vibração (Gauterio, 2019).

Esses sensores são estrategicamente posicionados nos dedos e nas articulações da luva para registrar as nuances dos movimentos da mão e dos dedos em tempo real. Os dados coletados são então processados pelo sistema computacional para replicar os gestos e movimentos no ambiente virtual.

Também é preciso destacar que, ao mesmo tempo, em que as luvas de dados oferecem uma interação notável, também enfrentam desafios, como custos elevados e a necessidade de calibração precisa. No entanto, à medida que a tecnologia avança e se torna mais acessível, é provável o aumento em seu uso em uma variedade de campos, proporcionando experiências digitais cada vez mais imersivas e interativas.

3.4 Linha do tempo acerca das Tecnologias de Realidade

Parte da história das tecnologias da realidade é resumida através de uma linha do tempo, apresentada abaixo, extraída principalmente dos trabalhos de Basu (2019), Arth (2015), Mandal (2013) e Mann (2018).

Tabela 2 – Linha do tempo acerca das Tecnologias de Realidade

1896	George Stratton – (<i>upside-down eyeglasses</i>)
1929	Edward Link – 1º simulador de vôo mecânico - imersão, presença e interatividade
1961	Comeau e Bryan – Engenheiros da Philco - criam um HMD (<i>head mounted display</i>) que rastreia o movimento da cabeça seguindo um sistema de visualização por vídeo câmera remota
1963	Ivan Sutherland – Sketchpad. O 1º aplicativo de computador gráfico interativo que pode selecionar e desenhar usando uma caneta de luz
1968	✚ Ivan Sutherland – “Um visor tridimensional montado na cabeça” (Sutherland, 1968) o 1º HMD com rastreamento apropriado dos movimentos da cabeça. O 1º sistema de realidade virtual produzido em <i>hardware</i> , não em conceito. 1º sistema de realidade alterada
1972	✚ Pong – Atari. Gráficos interativos multijogador em tempo real
1973	✚ Evan and Sutherland Computer Corp. – Novoview
1976	✚ Myron Krueger – Realidade artificial Videoplace. O 1º exemplo de VR colaborativo colocalizado
1979	✚ Eric Howlett desenvolve o sistema LEEP (<i>Large Expanse Enhanced Perspective</i>) integrada nos HMD's da NASA (<i>VIVID display</i>)
1982	✚ Thomas Furness – <i>Armstrong Medical Research Laboratories</i> da Força Aérea dos EUA – desenvolveu o <i>Visually Coupled Airborne Systems Simulator</i> (VCASS)

-
- 1984** 🚧 Jaron Lanier – Fundou a VPL (*Virtual Programming Languages Research, Inc.* VPL VIVED (*Virtual Visual Environment Display*))
-
- 1985** 🚧 *DataGlove* foi criada pela VPL Research, Inc. inspirou a Power Glove lançada em 1989 pela Nintendo
-
- 1989** 🚧 Jaron Lanier, CEO da VPL, cunhou o termo *virtual reality*. RB2 (*Reality Built for Two*)
-
- 1990** 🚧 *Fake Space Labs*. Inicia o BOOM
-
- 1992** 🚧 Tom Caudell e David Mizell cunham o termo *augmented reality*. CAVE. Projetor de realidade virtual apresentado na SIGGRAPH'92
-
- 1993** 🚧 IEEE VR. O VRAIS'93 em Seattle e o workshop *Research Frontiers in Virtual Reality IEEE* em San Jose, se fundiram como IEEE VR
-
- 1994** 🚧 Paul Milgram e Fumio Kishino publicam *Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays* no qual eles definem o *continuum* Reality-Virtuality
-
- 1997** 🚧 Ronald Azuma – *A Survey of Augmented Reality*, define 3 características-chave para a realidade aumentada.
 🚧 Steve Feiner e seu grupo apresentam a *Touring Machine*, o 1º sistema móvel de realidade aumentada (MARS);
 🚧 Sony lança o *Glasstron*, uma série de HMD's (opcionalmente transparentes) voltados ao público em geral;
 🚧 Philippe Kahn inventa o telefone celular com câmera
-
- 1998** 🚧 *International Workshop on Augmented Reality (IWAR)* (Zhou, 2008).
 🚧 Epic Games lançou a engine 3D Unreal Engine
-
- 1999** 🚧 Hirokazu Kato e Mark Billinghurst apresentam o *ARToolKit*
-
- 2003** 🚧 Siemens SX1 – 1º jogo de realidade aumentada compatível com câmera de celular comercial chamado *Mozzies* (Caça ao Mosquito);
 🚧 Sinem Guven – Sistema de autoria em realidade aumentada móvel, uma combinação de arrastar e soltar 3D para posicionar a mídia e uma linha do tempo para sincronização
-
- 2005** 🚧 Unity – *A cross-platform game engine* desenvolvida pela Unity
-
- 2007** 🚧 O Google introduziu o *Street View*, suas vistas panorâmicas de 360º
-
- 2010** 🚧 Microsoft Kinect, criado e desenvolvido pelo curitibano Alex Kipman
-
- 2012** 🚧 Projeto *Fov2Go* do laboratório *MxR* da Universidade do Sul da Califórnia, um *kit* de *software* e *hardware* de experiências em **realidade virtual imersiva** usando *smartphones*.
-
- 2016** 🚧 Microsoft Dynamics 365 e Microsoft HoloLens são oficialmente lançados pela Microsoft para desenvolvedores dos EUA e Canadá
-
- 2019** 🚧 Microsoft HoloLens2 é lançado na MWC (Mobile World Congress)
-
- 2021** São lançados pela Ray-Ban os óculos de sol inteligentes Ray-Ban Stories Wayfarer. São uma nova geração de óculos de sol com tecnologia vestível
-
- 2022** O Meta Quest Pro é lançado pela Reality Labs, uma divisão da Meta Platforms. É um headset de realidade mista projetado para aplicações de realidade mista e realidade virtual, voltado para usuários empresariais e entusiastas
-

Fonte: Adaptado de Basu (2019), Arth (2015), Mandal (2013) e Mann (2018).

Na década de 60, Ivan Sutherland lançou em 1963 o Sketchpad, o 1º aplicativo de computador gráfico interativo que pode selecionar e desenhar usando uma caneta de luz. Em 1965, criou o conceito de *display* definitivo. Mas foi em 1968 que Ivan Sutherland criou “Um visor tridimensional montado na cabeça” (Sutherland, 1968) o 1º HMD com rastreamento apropriado dos movimentos da cabeça. O **1º sistema de realidade virtual** produzido em *hardware*, não em conceito, apresentado na figura 7, a seguir:

Figura 7 – O HMD de Ivan Sutherland



Fonte: Adaptado de Sutherland (1968).

Pong foi desenvolvido pela Atari em 1972, trazia gráficos interativos multijogador em tempo real para o público. Novoview, em 1973, foi o primeiro sistema digital de geração de imagens de computador para simulação de voo foi entregue pela Evan and Sutherland Computer Corp. Só era capaz de simular cenas noturnas com exibição limitada a um único horizonte sombreado.

Myron Krueger criou em 1976 uma realidade artificial chamada Videoplace. Este sistema capturava as silhuetas dos usuários em câmeras e as projetava em uma tela grande. Os usuários eram capazes de interagir com as silhuetas uns dos outros conforme suas posições eram mapeadas para o espaço da tela 2D. Este seria, sem dúvida, o primeiro exemplo de VR colaborativo colocalizado, em que os usuários monitorados localmente conseguiam interagir dentro do mundo virtual.

Eric Howlett, em 1979, desenvolveu o sistema LEEP (*Large Expanse Enhanced Perspective*) para fornecer um amplo campo de visão a partir de uma pequena tela. Esta tecnologia será posteriormente integrada nos primeiros HMD's desenvolvidos na NASA (*VIVID display*).

Em 1982, Thomas Furness no *Armstrong Medical Research Laboratories* da Força Aérea dos EUA desenvolveu o *Visually Coupled Airborne Systems Simulator (VCASS)* – um simulador de vôo avançado. Os pilotos usavam um HMD que aumentava a visão da janela fora da vista por descrever graficamente o alvo ou otimizava as informações acerca do caminho de vôo.

Mark Callahan do MIT, em 1983 desenvolveu um dos primeiros sistemas de realidade virtual no estilo HMD fora do laboratório de Sutherland.

A VPL (*Virtual Programming Languages*) *Research, Inc.*, é fundada em 1984 por Jaron Lanier, que no futuro irá cunhar o termo realidade virtual. VPL *Research, Inc.* é contratada pela NASA para trabalhar no *DataGlove* and *EyePhone*. VIVED (*Virtual Visual Environment Display*) – um HMD estereoscópico monocromático é construído pelo laboratório de pesquisa NASA-Ames com a finalidade de entregar experiências vívidas no espaço 3D.

Em 1985 a VPL *Research, Inc.* manufatura *DataGlove*. Essa luva de dados era interativa e ligada ao computador através de fios. Ela possuía sensores que rastreavam os movimentos e orientação da mão. Ela inspirou a *Power Glove* lançada em 1989 pela Nintendo, com o intuito de aumentar a sensação de presença em seus jogos.

No mesmo ano, Jaron Lanier, CEO da VPL, cunhou o termo *virtual reality* para trazer uma grande variedade de projetos virtuais em uma única rubrica. VPL *Research, Inc.* anuncia o RB2 (*Reality Built for Two*), um SRV completo. Esse sistema permitia que mais de um usuário compartilhasse o mesmo espaço virtual. As formas e comportamentos dos mundos virtuais eram especificados graficamente, de modo que não-programadores pudessem projetá-los. A Mattel apresenta o *PowerGlove* para o sistema de videogame doméstico Nintendo.

Fake Space Labs iniciou a comercialização do BOOM em 1990. BOOM é uma pequena caixa contendo dois monitores que utilizam tubos de imagem que podem ser vistos através dos orifícios para os olhos. O usuário fixa seus olhos através dos orifícios da caixa e a movimenta, deslocando-se pelo mundo virtual. A caixa fica suspensa através de um braço mecânico cujos sensores rastreiam a posição e orientação da caixa, de forma a ajustar as alterações de imagem do mundo visual.

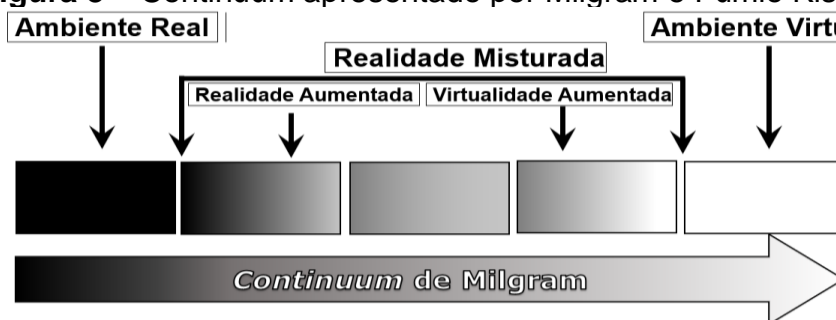
Um projetor de realidade virtual é apresentado na SIGGRAPH'92 em 1992 como uma alternativa aos HMD's. A principal atração era o sistema CAVE.

CAVE é um sistema de visualização científica e realidade virtual que usa imagens estereoscópicas projetadas em várias paredes. Introduziu uma qualidade e resolução superior para os displays de imagem e tem um campo de visão muito maior em comparação com sistemas baseados em HMD. Tom Caudell e David Mizell cunham o termo *augmented reality* para se referir à sobreposição de material apresentado por computador dentro do mundo real.

As duas primeiras conferências com orientação acadêmica são realizadas em 1993 para a comunidade de realidade virtual. O *VRAIS'93* em Seattle e o workshop *Research Frontiers in Virtual Reality IEEE* em San Jose. Mais tarde, o *VRAIS* e o *Research Frontiers in VR* simplesmente se fundiram para serem conhecidos como IEEE VR.

Paul Milgram e Fumio Kishino publicam em 1994 seu artigo intitulado *Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays* no qual eles definem o *continuum* Reality-Virtuality, no qual descrevem um *continuum* que vai do ambiente real ao ambiente virtual, entre eles estão a Realidade Aumentada, mais perto do ambiente real e Virtualidade Aumentada, que está mais próxima do ambiente virtual. A Figura 8 apresenta essa *continuum*.

Figura 8 – Continuum apresentado por Milgram e Fumio Kishino



Fonte: Adaptado de Milgram e Kishino (1994).

De acordo com Milgram *et al.*, (1994), o ambiente virtual e o real encontram-se em lados opostos, havendo um gradiente de possibilidades entre eles (realidade misturada ou MR). A RA ocorre quando o usuário interage com o ambiente e/ou elementos virtuais, mas esse continua sentindo-se pertencente ao mundo real. Por outro lado, a virtualidade aumentada (VA) permite ao indivíduo ser transportado para um mundo virtual rico em elementos do ambiente real.

Vale salientar que, na prática, essas questões são mais complexas de serem delimitadas, de forma que estabelecer onde um tipo de realidade termina e a outra começa ainda é um desafio (Tori; Housell; Kirner, 2021).

Ronald Azuma publicou em 1997 um artigo intitulado *A Survey of Augmented Reality* onde define 3 características-chave para a realidade aumentada: a) combina o real com o virtual; b) é interativa em tempo real; c) é registrada em 3D. Junto com o *continuum* de Milgram e Kishino (1994) a sugestão de Ronald Azuma conceitua a realidade aumentada. No mesmo ano Steve Feiner e seu grupo apresentam a *Touring Machine*, o primeiro sistema móvel de realidade aumentada (MARS). Ele usa uma tela transparente com um rastreador de orientação integral; uma mochila segurando um computador; GPS diferencial e rádio digital para acesso à web sem fio; e um computador portátil com interface para caneta e *touchpad*.

Ainda em 1997 a Sony lança o *Glasstron*, uma série de HMD's (opcionalmente transparentes) voltados ao público em geral. A adoção foi bastante pequena, mas o preço acessível do HMD o tornou muito popular na pesquisa de realidade aumentada. Por fim, ainda no mesmo ano, Philippe Kahn inventa o telefone celular com câmera.

Em 1998 ocorreu a primeira conferência de realidade aumentada intitulada *International Workshop on Augmented Reality (IWAR)* em São Francisco (Zhou, 2008). No mesmo ano o Unreal Engine é desenvolvido pelo fundador da Epic Games. Essa engine 3D é a base de muitos jogos desde então.

Hirokazu Kato e Mark Billinghurst em 1999 apresentaram o *ARToolKit*. O *ARToolKit* é uma biblioteca de rastreamento de código aberto gratuito, voltada principalmente para aplicativos de realidade aumentada. Ele foi desenvolvido e lançado com a colaboração entre o laboratório *HIT* e a *ATR Media Integration*.

Embora projetado para realidade aumentada, a biblioteca de rastreamento oferece uma solução econômica para fazer rastreamento de posição com apenas uma webcam.

Em 2003 foi lançado o Siemens SX1 com o primeiro jogo de realidade aumentada compatível com uma câmera de celular comercial chamado *Mozzies* (também conhecido como Caça ao Mosquito). No mesmo ano, Sinem Guven apresenta um sistema de autoria em realidade aumentada móvel para a criação e edição de narrativas hipermídia 3D que estão entrelaçadas com ambiente circundante de um usuário de computador vestível.

Seu sistema foi projetado para autores que não são programadores, e usou uma combinação de arrastar e soltar 3D para posicionar a mídia e uma linha do tempo para sincronização;

O Unity game engine foi lançada em junho de 2005. Unity é uma *cross-platform game engine* desenvolvida pela Unity Technologies e utilizada por grande parte dos desenvolvimentos de ambientes virtuais.

O Google introduziu em 2007 o *Street View*, suas vistas panorâmicas de 360 graus baseadas na web de imagens em nível da rua. Essas imagens são altamente eficazes na simulação de experiência imersiva quando renderizada através de seu modo estereoscópico 3D, posteriormente anunciado em 2010.

A Microsoft iniciou em 2010 a comercialização do Kinect, criado e desenvolvido pelo curitibano Alex Kipman, que apresenta tecnologia de detecção de movimento, microfone, câmera colorida e era integrado ao console Xbox 360.

Esse dispositivo permitia a execução de jogos interativos em realidade virtual no Xbox 360 e posteriormente no Xbox One. O projeto *Fov2Go* foi apresentado pelo laboratório *MxR* da Universidade do Sul da Califórnia em 2012. Ele é um *kit* de *software* e *hardware* que suporta a criação de experiências em realidade virtual imersiva usando *smartphones*. Esta foi a 1ª vez que um projeto de HMD foi oferecido comercialmente por um preço inicial de trezentos dólares.

O Microsoft Dynamics 365 é lançado pela Microsoft em 2016. Um sucessor do Dynamics CRM. Em 2016 o Microsoft HoloLens é oficialmente lançado para desenvolvedores dos Estados Unidos e Canadá. E em 2019, O Microsoft HoloLens2 é lançado na MWC (Mobile World Congress) em Barcelona.

Já em 2020, as cerca de 27 milhões Jogadores de Fortnite participaram de um evento virtual da estrela *hiphop* Travis Scott e a pandemia trouxe milhões de nativos digitais recém-chegados em mundos virtuais como Roblox e *Animal Crossing*. Jogadores chineses de Minecraft recriaram 1,2 milhões de metros quadrados dos hospitais de Wuhan como um tributo aos trabalhadores da saúde.

E em 2021 culminou com um frenesi imobiliário como Decentraland e Sandbox, onde investidores pagam milhões em Blockchain. E o Mark Zuckerberg mudou o nome da companhia Facebook para Meta e diz que gostaria que a fosse realizada a transição de uma empresa de mídia social para uma empresa do metaverso (Ball, 2022).

3.5 *Second Life*

Tão importante acontecimento que se destaca em capítulo próprio, o *Second Life* (SL) é uma plataforma de desenvolvimento de ambientes virtuais, cunhada em 2002 pela Linden Labs. Os utilizadores podem construir avatares, interagindo com outros avatares, bem como criar qualquer tipo de objeto, além de possibilitar a troca e compra de criações realizadas, e de terrenos virtuais.

Do ponto de vista de Brito (2022):

SL oferece ao usuário (residente) múltiplas funcionalidades: comercial, recreativa, educacional, cultural, etc. Entre 2003 e 2006, o número médio de usuários conectados chegou à marca dos 70 milhões de pessoas, conforme dados fornecidos pela própria página do SL. Houve, contudo, um declínio significativo nesse número a partir do ano de 2007, cujas possíveis causas podem estar no surgimento de outras formas de interação, como a popularização das redes sociais virtuais (Brito, 2022, p. 65).

Num contexto social de expressivas transformações sociais e tecnológicas, utilizadas para diferentes finalidades e setores, é significativo dizer que, as experiências pedagógicas que têm sido realizadas em mundos virtuais, mais especificamente no SL, chamam a atenção para a relevância do “espaço de aprendizagem”. A SL possibilita a criação de locais de aprendizagem dinâmicos e ricos, em múltiplas dimensões, o que pode estimular os alunos, em razão de sua interação ser mais intensa e significativa entre alunos-alunos e/ou alunos-professor, com o conteúdo abordado, com os objetos e o próprio contexto de aprendizagem, no seu caminho para o conhecimento.

De acordo com Romero-García, Buzón-García e Touron (2018), as novas metáforas de comunicação estão mudando rapidamente os costumes de todos os indivíduos, e se tratando da área educacional, é fundamental usar de todas as possibilidades de inovação para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem. Levando em consideração os contextos reais de e-learning, incorporados em um ambiente totalmente tecnológico, é basilar o aproveitamento desse tipo de capacidade para obter melhores resultados. É importante entender ainda que os contextos educacionais que usam SL devem formar objetivos claros, e comecem com atividades simples, envolvendo seus alunos, pautados na concepção e na avaliação de atividades de aprendizagem no mundo virtual.

3.6 Sistemas interativos convencionais

Os sistemas interativos convencionais, que historicamente se baseiam em telas indiferentes às ações físicas dos usuários, estão passando por uma transformação significativa à medida que a tecnologia avança e se desenvolve.

Esses sistemas se referem a interfaces digitais em que os usuários interagem principalmente por meio de dispositivos como teclados, mouses e telas sensíveis ao toque, sem que suas ações físicas ou gestos tenham um impacto direto na experiência de interação.

Embora essas interfaces tenham sido predominantes ao longo das últimas décadas, estamos testemunhando uma mudança para sistemas mais imersivos e reativos, que consideram as ações físicas dos usuários. Essa mudança é impulsionada por avanços em tecnologias como sensores de movimento, AR, VR e interfaces táteis avançadas (Travenzoli, 2023).

Os sistemas interativos convencionais pautados em telas indiferentes às ações físicas dos usuários (ex.: videogames ligados em televisores) estabelecem uma janela fixa para eventos que ocorrem a partir de seu enquadramento, controlados remotamente através de uma lógica de tradução e transdução.

Isso significa que a interação convencional remete a um controle remoto, que atua à distância em uma janela eletrônica (Figura 9), transluzindo gestos aprendidos por convenção (como toques em botões virtuais ou físicos) em representações visuais, na forma da movimentação de cursores, animação de avatares, movimentação de “câmeras” virtuais, etc. (Travenzoli, 2023).

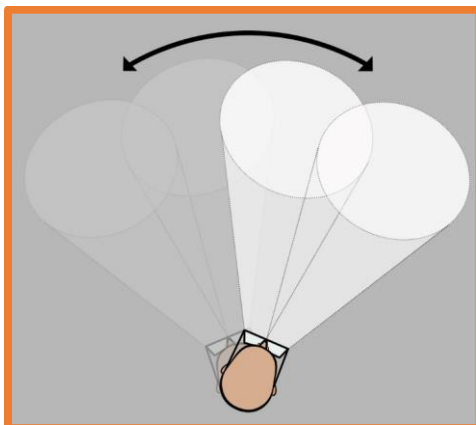
Figura 9 – Controle e monitoramento com um dispositivo convencional



Fonte: Adaptado de Travenzoli (2023).

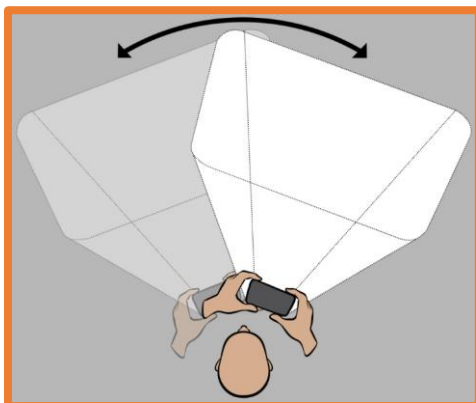
Por outro lado, as vivências em realidades mediadas, no geral, possuem o diferencial de acoplar os monitores e controle ao corpo do usuário, proporcionando um emparelhamento da “janela” às suas ações. Ao acoplar o monitor à cabeça por meio de *headsets* (Figura 10), ou à manipulação de dispositivos móveis (Figura 11), o aparato funciona ao mesmo tempo como controle e como instrumento de visualização (Travenzoli, 2023).

Figura 10 – Controle e monitoramento com um dispositivo *headset*



Fonte: Adaptado de Travenzoli (2023).

Figura 11 – Controle e monitoramento com um dispositivo móvel



Fonte: Adaptado de Travenzoli (2023).

A realidade mediada, portanto, refere-se a uma estrutura para modificação artificial da percepção humana por meio de dispositivos para aumentar, deliberadamente diminuir, e muito mais geralmente para alterar a forma da entrada sensorial (Mann, 2002).

As tecnologias podem mudar (mediar) a realidade de duas formas: 1) como resultado dum *design* deliberado da tecnologia para mediar a realidade, ou 2) como um acidente ou efeito colateral não intencional (Mann *et al.*, 2018).

3.7 Realidade Virtual Imersiva

Na RV imersiva, imagens geradas por computador envolvem completamente o usuário e substituem o ambiente real. Para uma experiência mais imersiva, os ambientes de RV usam diversos dispositivos convencionais e não convencionais de entrada/saída (HMD's, óculos 3D, *powergloves*, *spaceball*, *joysticks*, etc.) para tornar a interação o mais real e natural possível, como ilustra a Figura 12 (Guerra *et al.*, 2021).

Figura 12 – Exemplo de usuário em uma experiência de RV imersiva



Fonte: Shutterstock (2023a).

Uma abordagem diferente para alcançar imersão se faz com o uso de CAVE's (*Cave Automatic Virtual Environments*) ou cavernas virtuais (Figura 13). As CAVE's são salas onde todas as paredes, incluindo o piso, são telas de projeção ou monitores planos. O usuário, que pode estar usando óculos 3D (óculos de RV), é capaz de movimentar-se nesse mundo projetado. No entanto, que essa tecnologia não está disponível para a maioria das instituições de ensino, devido ao seu custo e dificuldade de deslocamento (Guerra *et al.*, 2021).

Figura 13 – Exemplo de uma caverna virtual (CAVE)

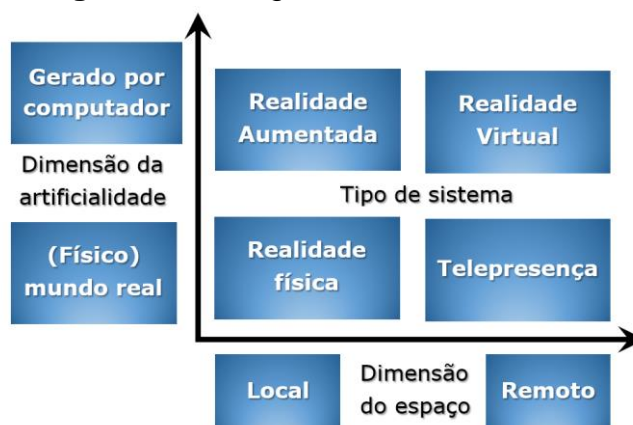


Fonte: DavePape (2021).

Considerando o fato de que a RV imersiva pode ser alcançada de diversas formas, ao desenvolver sistemas que fazem uso desse conceito, quatro elementos precisam ser considerados: O ambiente virtual, que está relacionado às características do ambiente e do modelo 3D; O ambiente computacional, envolvendo as características do computador e do sistema operacional; A tecnologia de RV, que abrange o cuidado no *hardware* utilizado, o rastreamento da cabeça e da mão e o mecanismo de reação; As formas de interação, que englobam o processo de reconhecimento gestual e sonoro, além da interface e participação de múltiplos usuários (Guerra *et al.*, 2021).

Além do Ambiente Virtual Automático da Caverna na EVL, Universidade de Illinois em Chicago, para melhor compreensão, também se faz necessário acrescentar o diagrama da artificialidade (Figura 14), que descreve que a RA e à RV podem ter suas diferenças estudadas quando vistas em um diagrama que considera a dimensão da artificialidade e a dimensão do espaço.

Figura 14 – Diagrama da artificialidade



Fonte: Tori, Hounsell e Kirner (2021).

Ambos os casos tratam de objetos gerados por computador, mas, no mundo físico, a RA está ligada com a realidade física, enquanto a RV refere-se ao sentido de telepresença.

Assim, pode-se comparar RA com RV levando-se em conta três fatores:

1) a RA enriquece a cena do mundo real com objetos virtuais, enquanto a RV é totalmente gerada por computador;

2) no ambiente de RA, o usuário mantém o sentido de presença no mundo real, enquanto, na RV, a sensação visual é controlada pelo sistema e,

3) a RA precisa de um mecanismo para combinar o real e o virtual, enquanto a RV precisa de um mecanismo para integrar o usuário ao mundo virtual (Tori; Hounsell; Kirner, 2021).

3.8 Plataformas de Hardware para Cenários Imersivos

A AR não, é algo tão novo como pode parecer, ao estar entre nós há bastante tempo, porém, hoje, as grandes empresas de tecnologia estão caminhando velozmente para que essa perspectiva seja a nova internet e para ser o novo mundo digital. Vale esclarecer que a partir da AR têm surgido muitas inovações que sem sombra de dúvidas resultam em grandes impactos sociais, tanto de natureza industrial quanto de natureza educacional, bem como em outras dimensões da sociedade (Lopes; Pozzebon; Ferenhof, 2019).

Entre os resultados dos estudos e experiências referente a AR temos o Microsoft HoloLens 2 - um dispositivo holográfico independente, ergonômico e livre com aplicações prontas para a empresa a fim de aumentar a precisão e a saída do usuário, uma de suas características é a possibilidade de realizar trabalhos com maior precisão e com as mãos livres (Microsoft Build, 2022).

Além do que foi expresso anteriormente, é importante considerar que a utilização do HoloLens 2 permite ainda melhorar os resultados da aprendizagem assim como tem a capacidade de revolucionar o currículo com planos de aula práticos e mais dinâmicos (Park *et al.*, 2020).

Em termos mais gerais, o Microsoft HoloLens 2, apresentado na Figura 15, se constitui com um computador holográfico sem fio, que qualifica a jornada de computação holográfica que deu início pelo HoloLens (1ª geração) para propiciar uma experiência mais envolvente e confortável e com maiores alternativas para colaboração na MR. Importa saber que o HoloLens 2 é executado no SO Windows Holographic, tendo o Windows 10 como referência, além de oferecer aos usuários, desenvolvedores, administradores uma plataforma robusta, segura e com bom desempenho (Ungureanu *et al.*, 2020).

Figura 15 – Microsoft HoloLens 2



Fonte: Microsoft Build (2022).

A partir do HoloLens 2 e dos aplicativos de MR, a sociedade tem experimentado vivenciar novas experiências que estão reinventando a forma de atuar de profissionais de diferentes áreas, seja na educação ou em outros campos como o da medicina, pois a utilização do HoloLens 2 tem proporcionado outras lentes de aumento, não no sentido categórico da palavra, mas no sentido de que hoje é possível através desse novo recurso qualificar seus trabalhos e conduzir a um processo com resultados mais significativos (Diaz, 2020).

O usuário ainda utiliza um novo sensor de profundidade "tempo de voo", que tem como funcionalidade o rastreamento do movimento de suas mãos graças a algoritmos complexos.

Na compreensão de Esteves-Júnior e Martins (2020) o HoloLens é definido como completo e autossuficiente, uma vez que se traduz num dispositivo que não é necessário um smartphone assim como um PC para ser executado. Vale ressaltar ainda que há uma variedade de sensores dentro do HoloLens, compreendendo uma unidade de medição de inércia, com um sensor de luz ambiente, além de quatro câmeras para abranger o ambiente. Expressando a relevância do HoloLens 2, Esteves-Júnior e Martins (2020) contam que:

A realidade mista hoje está em constante desenvolvimento interligado aos projetos de construção e de diversos projetos de engenharia, podemos destacar hoje com a ajuda de diversos óculos de realidade virtual que não se trata apenas de uma simples folha de papel, hoje desenvolvemos projetos de nível futurístico e o nível de educação vem aumentando com o auxílio dessa nova forma de enxergar o mundo, como, por exemplo, o óculos da Microsoft HoloLens pode possibilitar que o engenheiro civil ande pela obra visualizando diversos projetos em seu óculos e analisando o que está sendo construído e onde está sendo o motivo do atraso da construção, como se ele estivesse enxergando o projeto finalizado no local, assim diminuindo os grandes erros de projeto (Esteves-Júnior; Martins, 2020, p. 505).

Segundo Silva (2021, p. 7) “um dos grandes diferenciais do equipamento, é a possibilidade de interagir através de gestos com a imagem em 3D em questão, não sendo necessário o toque nos óculos”. O autor também contribui:

A tecnologia de realidade aumentada se expandiu para diversos setores da sociedade, desde tênis como o software da NIKE chamado Nike Fit [...], possui a capacidade através da realidade aumentada de realizar com precisão as medidas dos sapatos para cada pessoa. Outra aplicação comumente utilizada se trata

da aplicação em indústrias, trazendo para o time de engenharia e de manutenção funcionalidades que antes só eram possíveis através de moldes ou vídeos. É possível ver alguns exemplos citados pelo time da AEVO (2019), em artigo para o próprio site, que demonstra a utilização do HoloLens pela Ford, na substituição de moldes que antes eram confeccionados em tamanho real, pela versão em realidade aumentada desenvolvida pelo próprio time da fabricante (Silva, p. 2021, p. 8).

Para o autor, é fundamental tratar dos softwares de suporte remoto, já que podem trazer como possibilidade a economia em viagens, bem como o auxílio simultaneamente ao técnico que está no local. Considera também que é importante ter clareza de que existe uma variedade de óculos de RA, com diferentes modelos e fabricantes. (Silva, 2021, p. 7).

Porém, nesse tópico o foco é no Microsoft HoloLens 2. Conforme esclarecem Ungureanu *et al.*, (2020):

Mixed reality technologies have tremendous potential to fundamentally transform the way we interact with our environment, with other people, and the physical world. Mixed reality headsets such as the Microsoft HoloLens 1 & 2 have already seen great adoption in a number of fields, particularly in first-line worker scenarios, ranging from assisted surgery to remote collaboration and from task guidance to overlaying digital twin on the real world. Despite existing adoption in these fields, the general space of mixed reality is still in its infancy. Oftentimes, the development of new mixed reality applications requires fundamental research and the novel combination of different sensors (Ungureanu *et al.*, 2020, p. 1).

A investigação da visão computacional nesta área é reduzida pelo acesso a ferramentas que nos permitem recolher dados de sensores brutos e desenvolver novos computadores e algoritmos de visão que funcionam no dispositivo. O modo de pesquisa HoloLens possibilitou a investigação da visão computacional no dispositivo, permitindo acesso a todos os fluxos de sensores de imagem bruta – compreendendo profundidade e IR.

Segundo Ungureanu *et al.*, (2022), o HoloLens 2 de MR traz um conjunto de melhorias – um campo de visão maior, um núcleo DNN personalizado, com rastreamento articulado da mão e do olhar. Possui uma unidade holográfica de processamento (HPU 2.0) que executa todos os algoritmos de visão computacional no dispositivo – rastreamento da cabeça, manual, de olhares, mapeamento espacial, e acolhe o núcleo DNN, está localizado na parte da frente do dispositivo, perto dos sensores (Figura 16).

Figura 16 – A HPU (topo) está localizada na frente do dispositivo, perto dos sensores. O SoC (em baixo), um Qualcomm Snapdragon 850



Fonte: Ungureanu *et al.*, (2022).

Nota-se que o HoloLens 2 apresenta recursos potencializadores ainda mais avançados do que o anterior. Observando a AR “num contexto geral, é possível observar a existência de diversos aplicativos, que propiciam inúmeras utilizações, tanto na indústria, como também na vida pessoal” (Silva, 2021, p. 9).

A Evolução dos equipamentos ao longo do tempo trouxe a possibilidade de equipamentos ainda melhores, mais modernos e atuais, como o equipamento apresentado a seguir, adquirido para realização dos testes. O **Meta Quest Pro**.

Esse é o dispositivo que recebe maior destaque, pois foi utilizado durante a pesquisa e posteriormente adquirido. O Meta Quest Pro é uma evolução no mundo da RV, oferecendo uma experiência imersiva em um formato sem fio e autônomo. Desenvolvido pela Meta (anteriormente conhecida como Facebook), o Quest Pro é um dispositivo de RV projetado para levar o entretenimento, a colaboração e a produtividade a um nível totalmente novo (Figura 17).

Figura 17 – Meta Quest Pro



Fonte: Meta (2022).

A resolução visual do Quest Pro é nítida, com gráficos límpidos em alta taxa de atualização, resultando em imagens exibidas suaves e realistas.

Isso é fundamental para proporcionar uma experiência imersiva de alta qualidade, seja para jogos, visualização de conteúdo ou reuniões virtuais.

Além disso, o Quest Pro oferece uma biblioteca diversificada de aplicativos e jogos, muitos dos quais são exclusivos para a plataforma. Isso inclui jogos imersivos, aplicativos de produtividade, experiências educacionais e muito mais, tornando-o um dispositivo versátil para uma ampla gama de usos.

Outra característica notável é a capacidade de colaboração em RV. O Quest Pro permite que os usuários se encontrem e trabalhem juntos em ambientes virtuais compartilhados, tornando-o uma ferramenta poderosa para empresas que desejam realizar reuniões virtuais mais envolventes e eficazes.

No entanto, é importante mencionar que o Meta Quest Pro é mais do que apenas um dispositivo de entretenimento, pois também é explorado em diferentes campos, como, por exemplo, treinamento, terapia virtual e educação, onde sua capacidade de criar ambientes interativos e envolventes oferece oportunidades significativas de aprendizado e desenvolvimento.

Outro dispositivo que também tem destaque é o **Ray-Ban Facebook Viewer**, que também foi adquirido e utilizado durante a pesquisa. É um dispositivo inovador que combina o estilo atemporal dos óculos de sol Ray-Ban e as lentes *trassitions* com recursos de tecnologia de ponta para uma experiência única em óculos inteligentes.

Uma das principais características é a capacidade de capturar fotos e vídeos diretamente dos óculos, pois é equipado com câmeras embutidas, permitindo que os usuários registrem momentos sem a necessidade de segurar um smartphone ou câmera. Isso proporciona uma perspectiva autêntica e sem interrupções das experiências, facilitando compartilhar momentos especiais com amigos e familiares. O dispositivo é apresentado na Figura 18.

Figura 18 – Ray-Ban Facebook Viewer



Fonte: Meta (2023).

Além da experiência das câmeras integradas, oferece uma experiência auditiva imersiva por meio de alto-falantes integrados, permitindo aos usuários ouvir música, atender chamadas telefônicas e até mesmo interagir com assistentes de voz, tudo isso sem a necessidade de fones de ouvido adicionais.

A conectividade Bluetooth permite que os óculos se sincronizem com o smartphone dos usuários, fornecendo notificações discretas diretamente no campo de visão (Lawrence, 2021; Iqbal; Campbell, 2023).

Os usuários podem ver mensagens, atualizações de redes sociais e outras informações importantes, é projetado para ser confortável de usar durante todo o dia, com lentes de sol de alta qualidade com proteção contra os raios UV.

Também é resistente, garantindo sua durabilidade em diferentes condições climáticas. Projetado com privacidade e segurança dos usuários, possui indicadores visuais claros que mostram quando a câmera está em uso, permitindo que as pessoas ao redor saibam quando estão sendo gravadas.

Além disso, oferece controle sobre a coleta e o compartilhamento de dados, garantindo que os usuários tenham o controle total de suas informações pessoais.

Complementando a apresentação dos dispositivos, é importante destacar que há diversas outras opções de hardware disponíveis, e apresenta-se a seguir os seguintes Hardwares de Realidade Aumentada Imersiva – *Devices*:

Meta Quest 2 - Meta Quest 2 está chegando com 2 controles *touch*, espaço para óculos e carregador com cabo. É um avançado *headset* de VR que possui conectividade sem fio, uma bateria incorporada e rastreamento interno. Com este device, é possível explorar mais de 350 títulos em *fitness*, jogos, educação, entretenimento e muito mais. Ele permite que o usuário se sinta completamente imerso no mundo virtual (Figura 19).

Figura 19 – Meta Quest 2



Fonte: Meta (2022).

HTC Vive Pro 2 Headset – O *headset* HTC Vive Pro 2 permite as melhores experiências de imersão. É ideal para visualização de *marketing*, *design*, treinamento de precisão, etc. Possui um amplo campo de visão de até 120° (graus) que proporciona uma experiência visual melhor e mais confortável. Esse headset possui taxa de atualização de 120Hz. Com o brilho e contrastes de 5K *clarity* combinado com a resolução de 4896 x 2448 permite detalhes visuais finos (Figura 20).

Figura 20 – HTC Vive Pro 2 Headset



Fonte: Vive (2022).

HP Reverb G2 VR Headset – O *Headset* de VR HP Reverb G2 possui lentes ajustáveis, um controle, um alto-falante da Valve, 4 câmeras e painéis LCD 2160 x 2160. Combinado com os alto-falantes e lentes líderes do setor, fornecem visuais e som excepcionais. Esta é a melhor opção para utilizações mais longas. Possui fone de ouvido de 6m para PCs móveis e desktops. Oferece uma garantia limitada de 1 ano em mão-de-obra e peças. Este fone de ouvido é ideal para *design*, jogos e treinamento (Figura 21).

Figura 21 – HP Reverb G2 VR Headset



Fonte: HP Development Company (2022).

Peiloh VR Headset – O *headset* Peiloh VR tem *design* dobrável que o torna um produto compacto. Seu ângulo de visão de 110 graus permite que você mergulhe em filmes, jogos ou qualquer experiência visual. Com lentes de alta transmissão de 52mm com tecnologia antiluz azul que impedem que a luz azul prejudicial atinja os olhos. É compatível com hipermetropia de 200 graus e ajuste óptico de visão miopia de 400 graus (Figura 22).

Figura 22 – Peiloh VR Headset



Fonte: Chaudhuri e Things (2022).

VR SHINECON Virtual Reality VR Headset – O *headset* VR é adequado para a maioria dos smartphones com tamanhos entre 4,7 a 6,5 polegadas. Quanto maior o tamanho da tela, melhor será a resolução e o efeito 3D. Pode ser utilizado sem óculos, desde que seu foco ocular esteja abaixo de 500 graus. Feito em material ABS e uma lente de resina de 40 mm. As lentes de proteção japonesas protegem os olhos dos efeitos nocivos da luz azul (Figura 23).

Figura 23 – VR SHINECON Virtual Reality VR Headset



Fonte: Chaudhuri e Things (2022).

O VR SHINECON Virtual Reality VR Headset oferece uma porta de entrada acessível para o mundo da realidade virtual. É uma ferramenta versátil que pode ser usada para entretenimento, educação, treinamento entre outras finalidades. Com sua qualidade de construção e recursos imersivos, proporciona aos usuários a oportunidade de explorar e experimentar novos mundos virtuais.

Intel AR Headset – O Intel AR Headset é um dispositivo de RA desenvolvido pela empresa de tecnologia Intel. Esse headset combina o mundo virtual com o mundo real, permitindo que os usuários experimentem informações e objetos virtuais em seu ambiente físico, tornando-o uma ferramenta importante para uma variedade de aplicações (Figura 24).

Figura 24 – Intel AR Headset



Fonte: Allen (2023).

Uma das características é sua capacidade de sobrepor informações digitais ao mundo real. Isso é feito por meio de sensores avançados, câmeras e tecnologia de rastreamento de movimento que capturam o ambiente e permitem que o usuário interaja com elementos virtuais. É projetado para ser usado em colaboração. Os usuários podem compartilhar sua visão com outras pessoas, tornando-o uma ferramenta importante para comunicação e colaboração em ambientes de trabalho, educação e entretenimento (Kress, 2019; Anthes, 2019).

Além disso, o Intel AR Headset também auxilia no revolucionamento de setores como o da saúde, os médicos podem usá-lo para visualizar informações vitais de pacientes durante procedimentos cirúrgicos, ou os pacientes podem se beneficiar de orientações médicas em tempo real sobre como tomar medicamentos ou realizar terapias físicas.

A conectividade é uma característica fundamental desse headset, permitindo que seja usado em conjunto com dispositivos e sistemas existentes. Isso amplia as possibilidades para integração em diferentes setores, como automotivo, manufatura, educação e entre outros (Kress, 2019; Anthes, 2019).

Epson Moverio – Linha de dispositivos de RA. Esses óculos inteligentes oferecem uma experiência imersiva, combinando o mundo real com informações digitais sobrepostas, e têm uma série de aplicações em diferentes setores (Figura 25).

Figura 25 – Epson Moverio

Fonte: Fundação Formação e Futuro (2021).

Uma característica é a capacidade de projetar informações digitais diretamente no campo de visão do usuário, permitindo a visualização de gráficos, textos, vídeos e objetos virtuais enquanto mantém contato com o ambiente físico ao seu redor. Isso torna esses óculos adequados para diversas finalidades.

Na educação, pode ser uma ferramenta substancial, os professores podem usar esses óculos para criar aulas mais envolventes e interativas, projetando modelos 3D, diagramas e informações complementares diretamente para os alunos. Isso pode facilitar a compreensão de conceitos complexos e tornar o processo de aprendizado mais cativante.

No campo médico, podem ser usados por cirurgiões para visualizar informações críticas sobre pacientes durante procedimentos cirúrgicos. Podem também auxiliar os médicos a treinarem estudantes de medicina, fornecendo uma visão detalhada anatomia e procedimentos médicos (Zeng; He; Pan, 2019).

Além disso, o Epson Moverio é conhecido por sua conectividade e capacidade de integração, pode ser usado em conjunto com outros dispositivos e sistemas, tornando-o flexível e adaptável a uma variedade de cenários de uso.

Snapdragon XR – O Snapdragon XR é uma plataforma de processamento desenvolvida pela Qualcomm, e foi projetada especificamente para impulsionar experiências de XR, que incluem RV, RA e RM (Figura 26).

Figura 26 – Snapdragon XR

Fonte: Avinash (2021).

Uma das principais características do Snapdragon XR é o seu desempenho significativo para aplicativos e dispositivos XR, isso graças ao seu processador de alto desempenho, capacidades gráficas avançadas e suporte para conectividade 5G. O que se traduz em experiências mais envolventes e imersivas para os usuários, independentemente de estarem usando óculos de RV, dispositivos de RA ou outras soluções XR.

Além disso, o Snapdragon XR também oferece recursos importantes para melhorar a qualidade visual. Isso inclui suporte para resoluções de alta definição, taxas de atualização mais rápidas e tecnologias avançadas de rastreamento de movimento e gestos.

Esses elementos contribuem para uma experiência mais realista e precisa. Outro aspecto crucial do Snapdragon XR² é sua capacidade de rastreamento espacial, o que significa que ele pode entender e mapear o ambiente ao redor do usuário. Isso é fundamental para aplicativos de realidade aumentada, pois permite que objetos virtuais interajam com o mundo real de maneira precisa (Cheng, 2023).

A Qualcomm tem trabalhado em estreita colaboração com desenvolvedores e fabricantes para integrar o Snapdragon XR em uma variedade de dispositivos XR, desde óculos inteligentes até headsets de RV de última geração. Isso resultou em uma ampla gama de produtos que oferecem experiências imersivas e versáteis em diversos setores, como jogos, educação, saúde, *design* industrial e muito mais (Cheng, 2023).

Como reforça Prahani *et al.*, (2022, p. 1) “O desenvolvimento de tecnologias como dispositivos móveis, computadores, e outros dispositivos inteligentes está ocorrendo rapidamente, especialmente as tecnologias RA [...]”.

Para se ter uma ideia, a utilização da AR é tão significativa que diversas redes sociais já vêm incorporando a AR com o intuito de cativar ainda mais seus usuários e como finalidade de obter lucro da própria empresa que administra essas redes, segundo os estudos de Pereira (2022a):

² A Qualcomm apresentou seu 1º dispositivo de realidade aumentada — Snapdragon XR1 AR Smart Viewer — óculos que podem ser conectados ao nosso celular ou computador para oferecer gráficos em tempo real que vemos diretamente nas lentes. Esses óculos mostram gráficos monocromáticos em ambas as lentes, graças a telas micro-OLED capazes de exibir textos, gráficos tridimensionais e dados que parecem “flutuar” diante de nossos olhos.

Aplicativos de redes sociais como o Instagram também utilizam a RA com o recurso de filtros, o que permite aos usuários se caracterizarem de diversas formas, inclusive adicionando objetos digitais às suas características físicas. Os usuários podem assumir características físicas de animais como, por exemplo, de um cachorro. Em alguns casos é possível a interação com esses objetos e, com um movimento de olhos, por exemplo, é possível mover as suas orelhas de cão. Uma das principais empresas do ramo da tecnologia, a Google vem cada vez mais incorporando recursos de RA em seus produtos. Um exemplo disso é o recurso RA no site Google Pesquisa, que torna possível observar imagens tridimensionais de animais, inclusive com a emissão de efeitos sonoros característicos, levando você a um minizoológico (Pereira, 2022a, p. 53).

Ainda conforme esse exposto, o autor acrescenta que,

Por exemplo, na página do Google Pesquisa, faça uma busca em seu smartphone com a palavra Tigre. No resultado da pesquisa, o Google coloca à disposição do usuário a opção Veja em 3D, que dá acesso a uma imagem tridimensional do tigre. Para alguns dispositivos, também está disponível a função de Realidade Aumentada. Pronto, você pode ver o Tigre em uma representação tridimensional, com movimentos e sons, e caminhar ao redor dele, observando suas características de diferentes perspectivas (Pereira, 2022a, p. 53).

Esses são apenas alguns modos de utilização da AR, pode ser utilizada em diferentes setores, podendo oportunizar uma experiência imersiva e permitindo a interação, além de combinar objetos digitais com o ambiente físico.

Considerando o contexto de pandemia, muitos setores se desdobraram para encontrar alternativas de motivar empresas e espaços escolares que estavam sofrendo com os efeitos pandêmico – insegurança de investir no desenvolvimento de empresas de diferentes ramos - inovar em suas estratégias para atrair clientes, estimular nos alunos o gosto pela leitura e pelo processo de ensino e aprendizagem, redesenhar o ambiente escolar como novas linguagens e novas perspectivas de ensino, atraindo-os a partir de novidades tecnológicas (Silva, 2021; Pereira, 2022a).

Carece ressaltar também que na área da saúde essas tecnologias são/foram basilares, o HoloLens 2, por exemplo, vem sendo usado para simular um membro fantasma de pacientes que perderam por inúmeras razões seus membros – braços, pernas e outros. Com o apoio dessa tecnologia, os pacientes

têm compreendido que esses membros já não fazem parte de seu corpo, e que com o auxílio da tecnologia tem ajudado nesse processo (Prahm *et al.*, 2022).

O estudo de Prahm *et al.*, (2022) que trata da temática “Desenvolver uma realidade aumentada *wearable* para tratar a dor do membro fantasma usando o Microsoft Hololens 2”, traz essa experiência relatada anteriormente do uso Hololens 2 na simulação de um membro perdido,

After the amputation of a limb, up to 90% of the patients report a feeling of the missing body part still being present in their perception. This effect is known as phantom limb sensation and ranges from the simple feeling of presence to a specific position, shape or phantom pain. To alleviate this pain, patients engage in mirror therapy during which a mirror is placed in front of the patient's midsection, and the patient, while looking into this mirror, imagines that the amputated limb is in fact the healthy limb reflected in the mirror. However, this method is not without limitations. To address limitations of conventional Mirror Therapy take advantage of the inherent potential of commercial technology, we developed an innovative assistive therapy tool based on mixed reality (MR) on the Microsoft Hololens 2 (Prahm *et al.*, 2022, p. 1).

Desta forma, o membro residual do paciente é aumentado por um braço virtual sobreposto, que é completamente independente dos movimentos do seu membro sonoro e passa a interagir com o ambiente. Nesse caso, os pacientes devem mover-se livremente e executar tarefas bimanuais (Prahm *et al.*, 2022).

Essa possibilidade tem sido significativa e vem promovendo muitas outras iniciativas que quando realizadas adequadamente permitem diversos resultados que podem colaborar no processo evolutivo da saúde do indivíduo, dependendo de qual situação este/esta esteja passando. Essa tecnologia é uma ferramenta que auxilia no processo, não eximindo a responsabilidade e o papel do profissional (Scamati, 2020; Silva *et al.*, 2022).

E os desdobramentos de tal tecnologia no campo da educação no período pandêmico, Andrade, E., Andrade, F., e Medeiros (2022) declaram que:

Essa nova forma de ver mundo vem cada vez mais ganhando espaço e essas conquistas adentram nossas casas e como já era de se esperar conquistam os espaços da escola. O que traz uma vantagem para os alunos e professores assim como sugerido na metodologia ativa, pode-se inserir esses recursos nas estratégias de aprendizagem baseada em jogos e simulações para testar e validar argumentações e hipóteses

sobre determinados experimentos o que se torna uma proposta significativa permitindo o aluno identificar o que se aprendeu. As técnicas de gamificação passam a ganhar mais força, ficam ainda mais realistas, o que potencializa o engajamento dos envolvidos, elevando a motivação dos estudantes. O uso de óculos de realidade virtual ajuda na imersão nas aulas, direcionando a atenção ao que é realmente importante. O usuário entra no espaço imaterial/virtual e visualiza, manipula e explora os dados da aplicação em tempo real, usando seus sentidos, particularmente os movimentos naturais tridimensionais do corpo (Andrade, E.; Andrade, F.; Medeiros, 2022, p. 49-50).

É muito importante verificar que mesmo o cenário desafiador que se apresenta em relação a pandemia muitos contextos e áreas mantiveram os seus esforços, visando não só enfrentar a presente realidade, mas também produzir novos significados na execução de suas ações e teorias, para o campo da educação o uso de ferramentas inovadoras permitem ainda mais qualificar os desdobramentos técnicos e pedagógicos em sala de aula (Scamati, 2020; Silva *et al.*, 2022; Andrade, E.; Andrade, F.; Medeiros, 2022; Prahm *et al.*, 2022).

No setor de empresas prospera os lucros, tendo em vista os resultados rápidos que as ferramentas promovem, já na área da saúde, as tecnologias de RA se constitui como um grande aliado para contribuir no cuidado dos pacientes e para trazer maiores resultados, ainda mais eficazes em sintonia com a qualidade profissional de médicos, enfermeiros e outros. No presente contexto social, não se admite mais dizer que não há maneiras de reinventar um processo de ensino e aprendizagem pautado nos diferentes recursos tecnológicos disponíveis bem como na qualificação dos profissionais que estão a frentes dos processos educativos, desde professores até a comunidade familiar (Scamati, 2020; Silva *et al.*, 2022).

Para tanto, é importante que haja investimento para a educação e consciência crítica de que são múltiplos os recursos tecnológicos que podem estar sendo utilizados para diferentes fins, e cada vez mais tem surgido ferramentas mais potentes e mais aproximada da realidade social (Silva, 2021; Pereira, 2022a; Scamati, 2020).

Como vimos nesse capítulo essas novas ferramentas têm apontado para novos caminhos, seja na saúde, na educação e no setor empresarial.

Na acepção de Dal Forno *et al.*, (2021):

Embora estes sistemas estejam atualmente numa fase inicial, no futuro, o uso da tecnologia de realidade aumentada no ambiente industrial será muito mais amplo. A implementação na indústria pode alterar positivamente os processos, produtos, e métodos de treinamento em todos os níveis. A implementação da realidade aumentada nos setores industriais gera um grande avanço para as indústrias, pois reduz os riscos para os trabalhadores, aumenta a capacidade nas linhas de produção, e otimiza os recursos e processo de manutenção. Também pode-se destacar a criação de novos modelos de negócios, tornando-os mais eficientes e sustentáveis. Entretanto a tecnologia precisa enfrentar alguns desafios ao longo de sua implementação, principalmente nos setores industriais. Por ser uma tecnologia nova, o custo da implementação da realidade aumentada ainda é muito alto, fazendo alguns gestores questionarem sua necessidade (Dal Forno *et al.*, 2021, p. 8-9).

Como já foi mencionado ao longo desse estudo, conhecer como utilizar tais ferramentas é elemento básico, é preciso ter familiaridade com os recursos disponíveis, no caso dos operadores não seria diferente.

A falta de conhecimento sobre a tecnologia é uma barreira a ser superada, caso contrário haverá efeitos negativos sobre os usuários, que acarreta na diminuição da probabilidade de implementação.

3.9 Plataformas de Desenvolvimento de Software

O *software* é composto por todos os programas, onde cada um deles possuem finalidades a serem alcançadas e que responde a um referido sistema, quer sejam realizados pelo próprio usuário, quer sejam pelo fabricante do computador (Zeuch *et al.*, 2019; Schwab, 2019; Mendes; Silveira; Galvão, 2019).

A terminologia inglesa “*software*” teve sua utilização a priori em 1958 a partir de um artigo produzido pelo cientista americano John Wilder Tukey. Este cientista também foi responsável por incorporar o termo “*bit*” para indicar “dígito binário” (Canalli, 2021).

Em termos práticos, “o software é uma coleção de dados ou instruções que informam a um mecanismo como trabalhar. Ele, nada mais é do que um programa que você acessa no celular, tablet, PC, ou qualquer outro dispositivo eletrônico” (Costa, 2020a, p. 1).

Alia-se também ao conhecimento acerca dos *softwares* a ideia de que estes podem ser qualificados em três tipos.

Em primeiro lugar temos o *software de sistema* - conjunto de informações que são processadas pelo sistema interno do computador que propicia o intercâmbio entre o usuário e os periféricos do computador atravessadamente de uma interface gráfica. Conglomera o sistema operativo e os controladores de dispositivos – teclado, impressora, memória e outros (Ruiz Piedra *et al.*, 2018).

Em segundo, temos o *software de programação* – faz parte de um conjunto de ferramentas, possibilitando ao programador o desenvolvimento de sistemas informáticos, comumente empregando linguagens de programação e um ambiente visual de progresso integrado.

Em seguida vem o *software de aplicação* – programas de computadores no qual permite ao utente realizar uma série de tarefas características em diferentes campos de atividade, como por exemplo, educação, medicina, contabilidade, arquitetura e demais áreas comerciais (Ruiz Piedra *et al.*, 2018).

Dentro do que foi explicitado até o momento nesse capítulo, se faz necessário também trazer para discussão algumas ferramentas avançadas, como é o caso das seguintes ferramentas: Unreal, Unity, Adobe Aero, Microsoft Dynamics 365, Amazon AWS XR, software Virbela (plataforma de *Immersive Learning* no Metaverso) e o Microsoft Copilot (que é um robô de Inteligência Artificial integrado), essas duas últimas plataformas de Softwares serviram de base dos testes desse estudo.

Unreal e Unity são as *engines* mais populares para construção de jogos menores, que se justifica por várias razões. Um dos pontos que correlacionam ambos é a capacidade de gerar gráficos de qualidade AAA, além das pontes entre a maioria dos softwares padrão da indústria de games (Costa, 2020a).

Ambas possuem diversas ferramentas, como: simulador físico, editor de terreno, animações, suporte à RV, iluminação avançada e outras funcionalidades. Antes havia diferenças mais perceptíveis a respeito de seu mecanismo, levando em consideração apenas o jogo, porém, ao longo do tempo mudanças foram se acentuando, e hoje já não é mais possível identificar possíveis diferenças apenas a partir do seu resultado final. De forma mais abrangente, o Unreal despontou-se e foi lançado no ano de 1998 pela Epic Games, acompanhado do hit “*Unreal Tournament*” (Varella, 2021).

Dentro desse contexto, Velasco (2019) traz que:

Misturando ação com ficção científica, o Unreal foi lançado já no final da década, no ano de 1998. Ele é mais um dos jogos de tiro em primeira pessoa, cujo enredo consiste em uma aventura de um personagem anônimo (chamado Prisioneiro 849) a bordo da nave Vortex Rikers. Ao cair em um cânion em um planeta chamado Na Pali, os tripulantes se deparam com humanoides reptilianos, que os matam, com exceção do Prisioneiro 849, que deverá lutar para manter-se vivo (Velasco, 2019, p. 1).

Vale ressaltar ainda que Unreal tomou notoriedade pelos gráficos de freio no contexto da cultura de jogos AAA. Hodiernamente, devido a atração dos preços, no sentido de estarem mais acessíveis para os desenvolvedores menores, colocando está engine para competir frente a frente com o Unity. Apesar de sua documentação ser um tanto quanto confusa para o desenvolvedor, sua comunidade não é extensa quanto a do Unity (Lee; Ryoo; Seo, 2019).

Outros aspectos interessantes é que algumas de suas interfaces são intimidadoras, sem contar a linguagem de programação que é C ++. Capaz de oferecer relevante potência que uma engine de jogos precisa, assim, desvelando que seus gráficos são bastante relevantes, mantendo uma eficiência (Salama; Elsayed, 2021).

Para tornar esta *engine* mais acessível, com a admissão do *Blueprints* (sistema de codificação visual), além também de trabalhos contínuos para a melhoria de sua documentação, seguido de seu conteúdo de aprendizagem e atenção redobrada sobre a criação de uma comunidade pela Epic Games, que passou a se empenhar ainda mais nesses objetivos. É importante sinalizar que o Unreal, possui várias versões (Unreal Engine 1, 2, 3, 4 e Unreal Engine 5).

O Unreal Engine teve seu lançamento em 1998, seu 1º jogo foi Unreal, e continha: a) renderização, b) detecção de colisão, c) Inteligência Artificial, d) sistema de redes e sistema de arquivo. Além disso, utilizava a Glide API, a partir de uma linguagem de script que colaborou para sua popularização, e continha um sistema de cliente-servidor (Nunes, 2022; Esteves, 2021; Inácio, 2022).

Sobre a engine Unity, segundo a literatura, está teve sua fundação em 2004 com a finalidade de tornar o desenvolvimento de games acessível para todos os públicos, e não exclusivamente para grandes empresas (Fundas; Mikulić; Hrga, 2018; Jažo, 2021). Salama e Elsayed (2021) resgatam que:

In 2004, there were screenshots of the UE3 which were under development for over 18 months, but unlike UE2 which had the support of fixed function pipeline, UE3 was developed to use the advantageous of the fully programmable hardware shader. All lightening calculations were made by pixel. UE3 supported gamma correct high dynamic range renderer. Firstly, UE3 supported only Windows, PlayStation 3 and Xbox 360; IOS and Android were added in late 2010. Infinity Blade was the first game made for IOS and Dungeons Defenders was the first for Android. OS X support was added in 2011 along with the support of Adobe Flash Player 11 and it had been added through stage 3D hardware accelerated APIs. It was used in two Wii U games: Batman: Arkham City and Aliens: Colonial Marines. In 2012, Windows 8 and Windows RT support was added. Epic Games cooperated with Mozilla in 2013 to add the support of HTML5. UE3 added a lot of significant updates through its lifetime like large crowd simulations, destructible objects, touch functionality, soft body dynamics, iPod support, real-time global illumination solution, Steam works integration (Salama; Elsayed, 2021, p. 4).

Um dado importante do Unity é que a maioria dos desenvolvedores de jogos indie começaram ou ainda estão prestes a começar a utilizar o Unity como ferramenta principal. Dentre as justificativas que dão materialidade a esse exposto é que o *design* do Unity é intuitivo, usa de uma linguagem de codificação C# que promove bastante o aprendizado e o seu uso (Foxman, 2019).

Possui uma comunidade expressiva com uma significativa loja de ativos, além de numerosos tutoriais e cursos que podem ser entrados facilmente online. Nesse sentido, tais predicados fazem com que o Unity se torne uma opção significativa para as equipes menores e desenvolvedores que estão em processo de iniciar na área (Wiesing; Fink; Weidner, 2020).

O engine Unity entrega várias possibilidades e podem ser criados, presentes em mais de 25 plataformas e tecnologias líderes, com a finalidade de atingir o maior público possível.

Outra ferramenta importante é a Adobe Aero – responsável por ajudar na projeção de experiências imersivas adicionando “conteúdo digital sobre uma visão ao vivo da câmera do seu dispositivo móvel”.

Desse modo, tem capacidade de facilitar a criação de conteúdo imersivo para os *designers*, além disso, compõe-se de vários ativos 2D, 3D e inicial de áudio como formas abstratas, *design* de interiores, ativos animados, ilustrações em camadas, plantas, tipografia, efeitos sonoros e etc. A Aero faz a otimização dos ativos importados para um ambiente de RA (Hurley, 2022; Silverman, 2018).

Em vista disso, ainda é preciso considerar o que expressa Hutka (2021):

Immersive media's rapid growth presents a significant business opportunity for companies developing creative software. One such company is Adobe Inc, a multinational software corporation that builds creative design tools. In 2017, Adobe launched the first version of Adobe Dimension, a 3D design application targeting 2D designers that emphasized ease of use. In the same year, Adobe began development on what would become Adobe Aero, the company's first AR design tool. In 2019, Adobe would go on to acquire two major leaders in 3D creation software, Allegorithmic and Medium. In 2021, Adobe announced its Adobe 3D Substance Collection, including five 3D applications to span an end-to-end 3D creative workflow (Hutka, 2021, p. 62).

Seguindo o entendimento sobre as ferramentas avançadas, partimos para o Microsoft Dynamics 365, sendo este um software em nuvem, quer dizer, suas funcionalidades podem ser acessadas pela internet, em todo local, promovendo assim, o uso da plataforma (Silverman, 2018; Bellu, 2018; Critchley, 2018).

Tal ferramenta, constitui-se como uma solução que tem a capacidade de melhorar o processo de gestão de uma organização, independentemente de ser pequeno, médio ou grande porte (Critchley, 2020).

Pode-se dizer que a partir dela torna-se possível ter uma ampla visão de todo o caminho da instituição. Um fator preponderante é que a solução pode ser desenvolvida em módulos, isto é, as empresas podem contratar apenas ferramentas que tem a ver com o crescimento da organização, caso a instituição tenha pouca verba, poderá contratar somente as principais funções, com pouco gasto. A plataforma compreende várias funcionalidades e a instituição pode aderir segundo as suas precisões (Critchley, 2018; Zadeh *et al.*, 2020).

Entre as principais tarefas desenvolvidas para a solução dos problemas estão: Permite a realização de um gerenciamento de marketing, já que a plataforma disponibiliza de ferramentas para a análise de dados, assim, alcançando o desenvolvimento de estratégias assertivas para buscar atrair os clientes. Esta é apenas uma das funções disponibilizadas pelo Microsoft Dynamics 365 (Critchley, 2018; Khmelkov, 2020).

No que tange a essa explicação muitos autores têm se debruçado cada vez mais a compreender os predicados do Microsoft Dynamics 365, tendo em vista que as mudanças tecnológicas têm impulsionado a sociedade a se desafiar nos processos que estão curso, por isso que Elbahri *et al.*, (2019) acrescentam:

Como mencionado acima, o Microsoft Dynamics sincroniza-se com diferentes aplicações do Windows, tornando a transferência e a partilha de dados simples. Entretanto, é construído na subestrutura do Windows, implementando os rendimentos do Microsoft Dynamics Marketing significativamente menos tempo do que os métodos adicionais. A Microsoft Dynamics está a usar algumas línguas e pode esforçar-se com uma quantidade de diferentes moedas nas proximidades do marketing mundial — tornando-a perfeita para grandes indústrias globais. Para toda a pesquisa de pontos fortes, nenhum método de programa está sem os seus erros (Elbahri *et al.*, 2019, p. 69, tradução nossa).

Dando seguimento as ferramentas apontadas, temos também a Amazon Web Services, cunhada em 2006, a AWS trata-se de um provedor de serviços em nuvem que possibilita serviços de infraestrutura de TI para empresas através da internet, popularmente conhecido como computação em nuvem. Além disso, permite diminuir gastos com infraestrutura e potencializa a aquisição de hardware (Patterson, 2019; Tebaldi, 2016; Cook, 2018).

A AWS tem datacenters em todo o mundo, garantindo dessa forma maior segurança contra-ataques (redundância) bem como maior disponibilidade (Tebaldi, 2016; Kotas; Naughton; Imã, 2018).

Considerando as informações descritas no exposto anterior, e colaborando com a presente discussão envolvendo AWS, estudiosos da área que vem logrando êxito por meio de suas pesquisas como é o caso de Gupta, Mittal e Mufti (2021) sinalizam que:

Amazon web Services (AWS) is one of the oldest players in the market it was started in 2006. It provides a range of computing services like cloud storage, database service, analytics, network, Internet of things, mobile computing, and enterprise services. As this service provide an organization to grow at faster rate, reduce their cost and scale up their business. As AWS is one of the oldest cloud platforms in the market and is one of the famous cloud platforms available. So AWS is widely available. Amazon web Services (AWS) has 63 availability zones worldwide (Gupta; Mittal; Mufti, 2021, p. 3).

Além disso, ao usar os serviços de uma empresa, como a Amazon, obtém as certificações de segurança – FISMA Moderate, PCI DSS Level 1, HIPAA, ISO 27001 e FedRAMP, assim como os relatórios de auditoria SOC 1 e SOC 2 (Tebaldi, 2016; Wittig, M.; Wittig, A., 2018; Godla; Fikadu; Adema, 2022).

Dentro desse aspecto também a AWS, oportuniza um expressivo portfólio de serviços de nuvem globais, como por exemplo, armazenamento, computação, análises, bancos de dados, dispositivos móveis, redes, ferramentas para desenvolvedores e para gerenciamento, segurança e aplicativos empresariais, IoT dentre outros (Tebaldi, 2016; Hofmann *et al.*, 2022; Landoni *et al.* 2018).

Em termos mais específicos, a finalidade da AWS como provedor global de serviços é diminuir os custos bem como prover escala computacional (Khmelkov, 2020; Nanduri *et al.*, 2020).

Em relação ao software Virbela é fundamental destacar este, tem revolucionado a forma como as pessoas se conectam e colaboram em ambientes virtuais. Desenvolvido pela empresa Virbela, esse software foi criado com o objetivo de oferecer uma plataforma de comunicação e colaboração em espaços virtuais tridimensionais, onde os usuários podem interagir de maneira semelhante ao mundo real.

Uma das características mais marcantes do Virbela é a sua capacidade de criar espaços virtuais personalizados, conhecidos como "mundo virtual". Cada mundo virtual pode ser configurado de acordo com as necessidades de seus usuários, podendo variar desde ambientes de escritório virtuais até campus educacionais completos. Isso torna o Virbela uma escolha versátil para uma ampla gama de aplicações (Jauhiainen, 2021).

O software Virbela também se destaca pela sua abordagem à interação social. Nele, os usuários são representados por avatares personalizáveis, o que permite que eles participem de reuniões, eventos e atividades sociais de maneira mais imersiva. Além disso, o Virbela inclui recursos de voz espacial, o que significa que a proximidade entre avatares afeta a clareza do áudio, tornando as conversas mais naturais e realistas (Jauhiainen, 2021).

Empresas e instituições de ensino têm adotado o Virbela como uma alternativa eficaz às reuniões e salas de aula tradicionais, oferecendo a flexibilidade de interagir e colaborar à distância, eliminando as barreiras geográficas e tornando possível que pessoas de diferentes partes do mundo se encontrem e trabalhem juntas de forma eficiente. Além disso, o Virbela está constantemente evoluindo e adicionando novos recursos, o que o torna uma opção significativa para empresas, instituições acadêmicas e organizações que desejam explorar as possibilidades da colaboração virtual. Com sua interface

amigável e recursos inovadores, o Virbela está moldando o futuro da comunicação e da colaboração online (Jauhiainen, 2021; Delgado, 2020).

O software Virbela é fundamental na criação de ambientes de aprendizado imersivos no metaverso, contribuindo para a experiência de *Immersive Learning*, que é uma abordagem que coloca o aprendiz no centro da experiência, tornando-o protagonista do seu próprio processo de aprendizagem.

Assim, o *Immersive Learning* é o processo de aprendizagem mediante o uso de um ambiente simulado ou artificial. O ambiente permite que os alunos fiquem completamente imersos nos conteúdos, de forma que pareçam estar experimentando um local físico. Esse tipo de aprendizado está se tornando cada vez mais comum em cursos *online*. No entanto, vale ressaltar que o *Immersive Learning* não configura a mesma proposta de ensino a distância (EaD) ou ensino *online* (Movchan, 2023).

O conceito de EaD, segundo o Ministério da Educação e Cultura (MEC), é definido como:

[...] a modalidade educacional na qual alunos e professores estão separados, física ou temporalmente e, por isso, faz-se necessária a utilização de meios e tecnologias de informação e comunicação. Essa modalidade é regulada por uma legislação específica e pode ser implantada na educação básica (educação de jovens e adultos, educação profissional técnica de nível médio) e na educação superior (Brasil, 2023, p. 1).

O Ensino online de acordo com Almeida (2003), pode-se conceituar como:

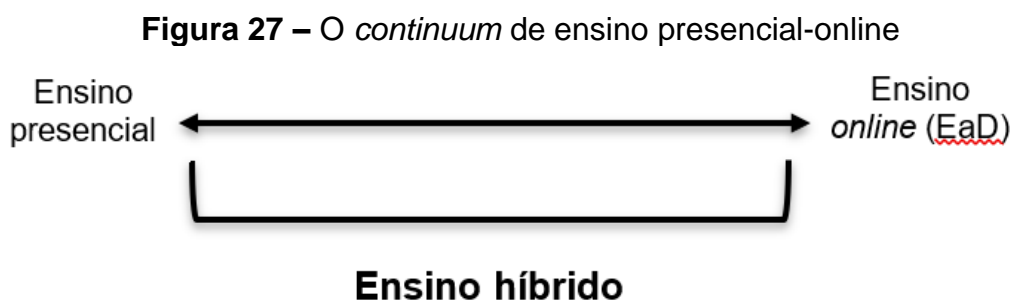
[...] uma modalidade de educação a distância realizada via *internet*, cuja comunicação ocorre de forma síncrona ou assíncrona. Tanto pode utilizar a *internet* para distribuir rapidamente as informações como pode fazer uso da interatividade propiciada pela *internet* para concretizar a interação entre as pessoas, cuja comunicação pode se dar de acordo com distintas modalidades comunicativas, a saber: comunicação um a um, ou dito de outra forma, comunicação entre uma e outra pessoa (*e-mail*); comunicação de um para muitos, ou seja, de uma pessoa para muitas pessoas (fóruns de discussão); e comunicação de muitas pessoas para muitas pessoas (criação de um grupo virtual) (Almeida, 2003, p. 329, tradução nossa).

Ao associarmos os recursos *online* ao ensino presencial, é possível constituir uma nova forma de entrega de conteúdo chamada de ensino híbrido.

Segundo Horn e Staker (2015), o ensino híbrido apresenta três características básicas:

- a) É qualquer programa educacional formal em que um aluno aprende, pelo menos em parte, por meio do ensino *online*, com algum elemento de controle do estudante sobre o tempo, o lugar, o caminho e/ou o ritmo;
- b) O aluno aprende, pelo menos em parte, em um local físico supervisionado, ou seja, longe de casa;
- c) As modalidades (presencial e *online*), ao longo do caminho de aprendizagem de cada aluno, estão conectadas para fornecer uma experiência de aprendizagem integrada.

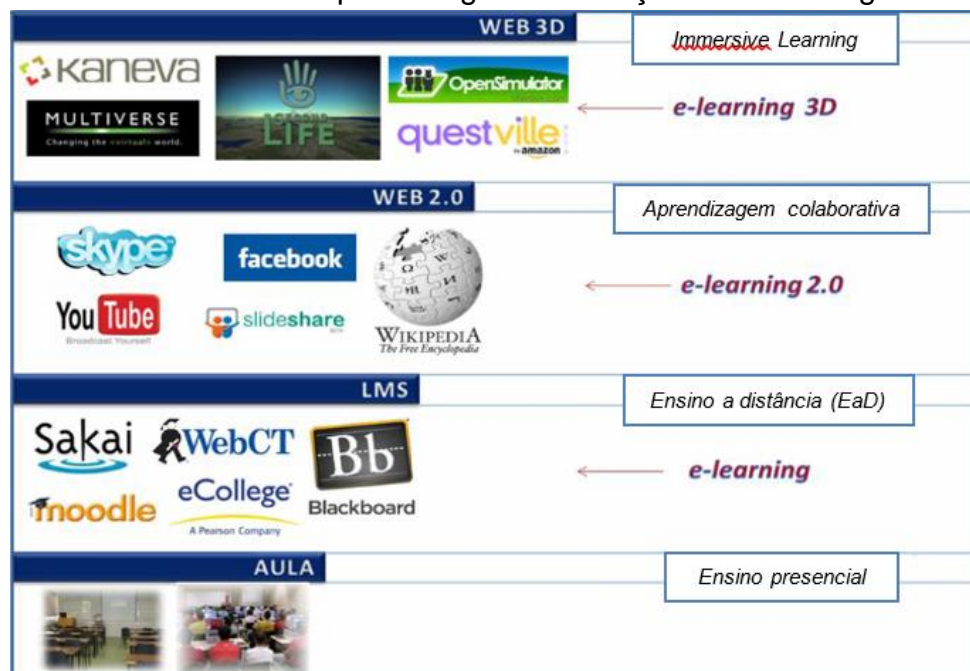
Na Figura 27 o ensino híbrido forma um *continuum* entre os extremos presencial e *online*. Tudo no meio, exceto os extremos, seria o ensino híbrido.



Fonte: Adaptado de Vieira *et al.*, (2021).

A Figura 28 demonstra a evolução das aulas presenciais para os atuais ambientes imersivos de aprendizagem (*Web 3D*), passando pelas fases (agora intermediárias) do ensino a distância e da aprendizagem colaborativa (*Web 2.0*). Enquanto parte da comunidade educacional ainda está trabalhando para extrair o máximo das possibilidades oferecidas pelas tecnologias da *Web 2.0* (ou seja, maior colaboração dos usuários, maior segurança no compartilhamento de informações e recursos, funcionalidades mais poderosas e suporte adicional para aplicativos criativos, entre outros) outras partes tentam abordar as novas possibilidades oferecidas pelos mundos virtuais 3D, acessíveis através da *Web* (Marcelino *et al.*, 2010).

Figura 28 – Ambientes de aprendizagem e evolução das tecnologias utilizadas



Fonte: Adaptado de Marcelino *et al.*, (2010).

Nota-se ainda a presença de outro termo diretamente relacionado ao *Immersive Learning*, que é “*e-learning*”. Leal e Amaral (2004, p. 4) afirmam que “a definição de *e-learning* é aprendizagem através do computador, ou aprendizagem eletrônica ou e-aprendizagem”. Os autores ainda discorrem sobre uma definição “forte” e outra “fraca” para o termo em questão. A conclusão é que a definição fraca é aquela obtida como subconjunto dos cinco tipos ou formas diferentes de *e-learning*: “Existem então 5 tipos ou formas diferentes de “*e-learning*”: 1- Ensino *online* assíncrono; 2- Ensino *online* com momentos assíncronos; 3- Ensino *online* misto (*online* e presencial); 4- Ensino *online*; e 5- Ensino baseado em computador” (Leal; Amaral, 2004, p. 3).

Já a definição forte é aquela obtida pela reunião de todos os agentes (entidades) que a definição fraca não contempla: “As entidades que a definição fraca não abrange são: o professor; a interatividade; o espaço temporal; o espaço físico; e a *internet*” (Leal; Amaral, 2004, p. 3). Com esse pensamento complexo os autores enunciam um conceito sobre o *e-learning*:

Então a definição forte de ‘*e-learning*’ é: o processo pelo qual, o aluno aprende através de conteúdos colocados no computador e/ou *internet* e em que o professor, se existir, está a distância utilizando a *internet* como meio de comunicação (síncrono ou assíncrono), podendo existir sessões presenciais intermédias (Leal; Amaral, 2004, p. 4).

A definição de *e-learning* deve ser utilizada com cautela, uma vez que pode ser alcançado com o uso de computador sem a presença de *internet*, ou ainda coexistindo com sessões presenciais intermediárias. Por conseguinte, *e-learning* não pode ser classificado como uma modalidade de educação a distância e nem apenas como uma forma de ensino *online* (Vieira *et al.*, 2021).

Por fim, de acordo com Dengel (2022), vale ressaltar que o termo “*Immersive Learning*” pode ser encontrado junto a definições mais ou menos satisfatórias. O autor destaca três definições principais, as quais diferenciam-se basicamente com relação ao ponto de perspectiva e podem ser visualizadas no Quadro 5. Ainda assim, há fortes inconsistências e limitações na terminologia, pois todas são bastante amplas (Dengel, 2022).

Quadro 5 – Definições de *Immersive Learning*

	Área de pesquisa	Processo interno	Método educacional
Definição	O <i>Immersive Learning</i> investiga os benefícios educacionais proporcionados por experiências artificiais que são percebidas como não-mediadas	O <i>Immersive Learning</i> é a construção ativa e a adaptação de modelos cognitivos, afetivos e psicomotores por meio de experiências artificiais que são percebidas como não mediadas	O <i>Immersive Learning</i> é um método educacional no qual as experiências artificiais que são percebidas como não mediadas são utilizadas como ferramentas de aprendizado
Foco	Pesquisador	Aprendiz	Professor
Perspectiva	Interna e externa	Interna	Externa
Sinônimo	<i>Immersive Education</i>	<i>Immersive Learning</i>	<i>Immersive Teaching</i>

Fonte: Adaptado de Dengel (2022).

As TDIC representam um novo marco de socialização. Nas sociedades tradicionais, as relações eram circunscritas no espaço e tempo próximo. A proliferação das TDIC sedimentou novas estruturas ao modificar as formas de organização social. O desenvolvimento das TDIC facilitou o compartilhamento de espaços de colaboração e produção, distribuição e agregação de informações em ambientes *online* de aprendizagem (Renó; Tymoshchuk; Silva, 2018).

Dessa forma, com o suporte dado pelas TDIC, pôde-se constituir as redes sociais virtuais que formam a base para as redes de aprendizagem. As ligações entre indivíduos, por meio de redes sociais, oportunizaram um leque de formas diferentes de aprendizagem no ciberespaço, em crescimento constante e ascendente, com grande interação e construção de conhecimento colaborativo. Aplicativos amplamente utilizados por aprendentes, que dispõem de manuseabilidade facilitada e intuitiva como *WhatsApp*, *Facebook*, *Instagram*, *LinkedIn* entre outros, fornecem algumas ferramentas que permitem transformá-los em redes de aprendizagem (Figura 29) (Vieira *et al.*, 2021).

Figura 29 – Exemplos de redes sociais com potencial para aprendizagem



Fonte: Shutterstock (2023b).

Uma forma em que se pode conduzir o aprendizado formal, valendo-se do uso de redes de aprendizagem, é através do conectivismo. O conectivismo é um sistema teórico que busca remodelar as práticas que fomentam a aprendizagem suportada por tecnologias digitais. Utilizando-se de ferramentas digitais como navegadores da *Web*, mecanismos de pesquisa, *wikis*, fóruns de discussão *online* e redes sociais, o conectivismo representa uma forma atualizada de suportar a aprendizagem baseada na premissa de que o conhecimento existe no mundo e não na cabeça de um indivíduo. Dessa forma, a interação adequada entre pessoas e máquinas, no ciberespaço, faz-se necessária para a construção do conhecimento (Vieira *et al.*, 2021).

No que tange ao Microsoft Copilot é interessante sinalizar que é uma poderosa ferramenta de programação assistida por IA que foi desenvolvida para auxiliar desenvolvedores de software em suas tarefas diárias. Criado pela Microsoft em colaboração com a OpenAI, o Copilot é uma extensão para o popular ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) *Visual Studio Code*.

O grande diferencial do Microsoft Copilot é sua capacidade de gerar automaticamente código-fonte e oferecer sugestões contextuais enquanto o desenvolvedor está escrevendo. O Microsoft Copilot faz isso com base em milhões de linhas de código de código aberto disponíveis na internet, bem como nas melhores práticas e convenções de codificação (Muñío, 2023).

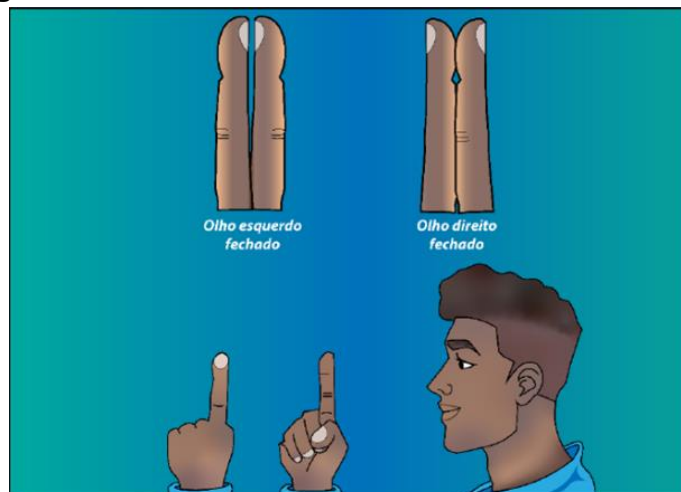
Este assistente de IA ajuda os desenvolvedores a evitarem erros comuns de programação e a manter um alto padrão de qualidade em seu código, pode fornecer exemplos de código, documentação relevante e até mesmo corrigir erros à medida que o desenvolvedor trabalha. O Microsoft Copilot também é altamente personalizável, permitindo que os desenvolvedores o adaptem às suas necessidades específicas (Muñío, 2023).

Pode ser treinado para se ajustar ao estilo de codificação de um programador e ser configurado para diferentes linguagens de programação, facilitando a colaboração entre membros da equipe de desenvolvimento, tornando o processo mais eficiente e produtivo, ao sugerir soluções para problemas complexos e ajudar a acelerar o desenvolvimento de novos recursos. No entanto, é importante notar que, embora o Microsoft Copilot seja uma ferramenta promissora, não substitui a experiência e a criatividade dos desenvolvedores (Muñío, 2023).

3.10 Funcionamento da Realidade Virtual (RV) Imersiva

Para entender o funcionamento da RV imersiva, é necessário compreender os conceitos relacionados à bidimensionalidade (2D: altura X largura), à tridimensionalidade (3D: altura X largura X profundidade) e ao rastreamento (Guerra *et al.*, 2021).

Segundo Gandra (2019), a expressão “visão estereoscópica” é oriunda do grego e significa “visão sólida”. É resultante da anátomo-fisiologia humana, que advém do fato de os olhos apresentarem distância média de 6,5 cm, direcionados para o mesmo sentido. Duas imagens (ligeiramente) diferentes, provenientes de cada olho, são unidas pelo cérebro para a formação de apenas uma imagem, fornecendo a noção de proporção e profundidade (Figura 30) (Fulford, 2004).

Figura 30 – Visões de cada olho de uma mesma cena

Fonte: Adaptado de Tori, Kirner e Siscouto (2006).

Os óculos 3D possuem duas lentes que auxiliam na criação de imagens virtuais 3D pela angulação de duas imagens 2D ligeiramente diferentes. Nossos olhos interpretam imagens 2D, processam imagens 2D e nosso cérebro é responsável por transformá-las em 3D com profundidade e perspectiva. Se o objeto ficar muito próximo, as lentes não conseguem juntar as imagens e os olhos perdem o foco. Então, outra função das lentes especiais que as lentes de RV usam é a de corrigir o ângulo da luz que entra no olho e você perceberá o objeto mais distante do que realmente está (Guerra *et al.*, 2021).

A interação entre o usuário e o computador, durante a qual dispositivos específicos são capazes de registrar pequenas oscilações corporais em tempo real, é uma das características mais importantes na RV imersiva (Gandra, 2019).

Quanto mais preciso o rastreamento, mais confortável será a experiência de RV imersiva. Ele funciona através da percepção do movimento do usuário e o rápido ajuste do ambiente virtual de acordo com esse movimento. Ou seja, se o usuário estiver observando um ambiente virtual através de um *headset* e vira sua cabeça para a esquerda, ele deve conseguir ver a porção esquerda desse ambiente que não estava visível enquanto ele olhava para frente. Da mesma forma, caso o usuário esteja ouvindo um som, ao caminhar na direção dele, sua intensidade deverá aumentar proporcionalmente, de acordo com a sua proximidade da origem desse som no ambiente virtual (Guerra *et al.*, 2021).

3.11 Conectividade e a utilização dos novos meios de conexão

Dentre esses novos meios de conexão, é possível destacar – Wi-fi 6, Redes de dados móveis 5G, internet via satélite – SpaceX. O Wi-Fi 6 faz parte de um novo padrão que simboliza a sexta geração de internet sem fio. Nesse aspecto, esse meio de conexão foi divulgado no ano de 2019 pela Wi-Fi Alliance, cujo objetivo é promover o entendimento do sistema de letras e números (802.11ax), bem como conceber um salto significativo de tecnologia no que se confere ao Wi-Fi 5 (802.11ac) (Khorov *et al.*, 2018; Duarte, 2020).

Para além da velocidade, este novo padrão sem fio propicia melhor desempenho em áreas com muitos pontos de acesso, impedindo a ocorrência de interferências de rede. Uma das características marcantes desse novo padrão é com relação ao fato de que esta focaliza na redução inteligente do consumo de bateria dos dispositivos. O Wi-Fi 6 se destaca como uma maneira de melhorar a conexão dos utentes com redes Wi-Fi. Entre as novidades, está o fato de que o Wi-Fi 6 permite aumentar a velocidade assim como a capacidade de tráfego de dados (Costa, 2020b).

O WiFi 802.11ax, conhecido como WiFi 6, promete um rendimento muito maior de até 10 Gbps, e uma melhor capacidade de gerenciar cenário de alta densidade, isto é, lugares lotados onde os usuários podem se conectar ao mesmo tempo (Aufranc, 2018).

Além disso, o Wi-Fi 6 promove um avanço fundamental na velocidade suportada, quando relacionado com o Wi-Fi 5 (NAIK *et al.*, 2020). Um dado interessante é que esse padrão tenha a capacidade de resistir velocidades de conexão de 9,6 Gb/s, diferentemente do Wi-Fi 5 que era capaz de chegar até 3,5 Gb/s (Oughton *et al.* 2021). Segundo Duarte (2020):

Antes da realização de um estudo aprofundado à norma 802.11ac bem como as tecnologias que a suportam é necessário proceder a uma análise na perspectiva de evolução das normas antecessoras 802.11. Devido à relevância dessa análise para a presente dissertação será exposto o resultado em seguida em capítulo próprio. Nos dias de hoje, as normas Wi-Fi mais utilizadas são a 802.11n e a 802.11ac Wave1. Apesar da norma 802.11ac ter chegado para ficar, a transição está já a ser demasiado rápida. Ainda existe muito legado relativamente à norma 802.11n, pois, muitos utilizadores e dispositivos ainda utilizam esta norma. A norma 802.11ac chegou ao mercado há

pouco tempo, tendo sido lançada de forma faseada a fim de rentabilizar equipamentos e diminuir custos para as empresas e utilizadores em geral. De momento encontramos-nos na transição da 802.11ac Wave1 Para a 802.11ac Wave2 no que diz respeito a equipamentos de estação, e, no entanto, a evolução é tão rápida que já estamos novamente a entrar na fase de transição para a norma 802.11ax o que demonstra a constante evolução das normas Wi-Fi 802.11 pois ainda não está totalmente consolidada no mercado a norma 802.11ac e já foi apresentada a sua sucessora (Duarte, 2020, p. 3-4).

A transição do Wi-Fi 5 para Wi-Fi 6 também possui limites são teóricos, uma vez que dificilmente algum dispositivo terá a capacidade de alcançar essas velocidades devido a perdas facilmente motivadas por sinais *wireless*. Em estados habituais de uso, o Wi-Fi 6 pode atingir taxas de transmissão acima de 1.200 Mb/s, já o Wi-Fi 5 alcançava pouco mais de 860 Mb/s (Soares, 2018; Oughton *et al.* 2021). Não obstante, o limite máximo sustentado pelo novo padrão ultrapassa em duas vezes a capacidade do Wi-Fi 5. Atrela-se também a isso, que toda a velocidade pode ser dividida entre os dispositivos conectados à rede (Costa, 2020b).

Já que os valores máximos de acesso são abstrusos de serem alcançados no dia a dia dos usufrutuários, o foco do Wi-Fi 6 é garantir que vários aparelhos sejam conectados à mesma rede com a menor intervenção possível (Chen *et al.*, 2020). Aglutinando a essas informações, Oughton *et al.*, (2021) trazem que:

IEEE 802.11ax, known now as 'Wi-Fi 6', is the first amendment in the Wi-Fi family to go beyond small indoor environments, and aim to optimise its performance in large outdoor deployments. Although, it enhances the nominal data rate by 37% compared to Wi-Fi 5, it aims at providing a 4x improvement in terms of throughput and spectrum efficiency in dense deployments, through new features such as Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA), Multi-User MIMO (MU-MIMO), and spatial reuse. At the same time, Wi-Fi 6 is reducing the power consumption per device. Whereas 2.4 and 5 GHz frequencies are used by legacy Wi-Fi technologies, the deployment of Wi-Fi 6 E specifically relates to the use of the new 6 GHz spectrum band which has already been assigned in frontier markets (e.g. USA, Korea, UK etc.) and is expected to receive similar allocation elsewhere (e.g. Europe) (Oughton *et al.*, 2021, p. 6).

Outro aspecto também é que as velocidades dos dispositivos podem não ter um acrescente significativo em episódios isolados.

Isso ocorre porque o padrão não foi desenvolvido para segurar a velocidade máxima para um dispositivo somente, porém para dividir essa velocidade entre os dispositivos conectados na mesma rede. Comumente, a partir do momento em que há múltiplos dispositivos conectados, ou seja, caso uma pessoa esteja jogando online e a outra esteja procurando assistir à Netflix, há uma baixa na velocidade e conseqüentemente elevados índices de variabilidade. Atualmente, o padrão tem a capacidade de dividir melhor o mapeamento conforme as necessidades de cada dispositivo (Costa, 2020b; Khorov; Levitsky; Akyildiz, 2020).

Com o Wi-Fi 6 é possível garantir a superação de vários problemas como por exemplo, caso uma pessoa use uma rede de Wi-Fi aberta numa praça movimentada, sem sombras de dúvidas encontrará dificuldades com interferências e instabilidades ao tentar se conectar à rede sem fio. Nesse sentido, o Wi-Fi 6 pode garantir que problemas como esses sejam evitados. A tecnologia trouxe uma mudança significativa no contexto do sistema MU-MIMO (Multi User - Multiple Input, Multiple Output), embora já estivesse presente no Wi-Fi 5 (Costa, 2020b; Grazia, 2021; Jha *et al.*, 2021).

Consiste em empregar diversas antenas para transmissão de dados, um detalhe interessante é que, quanto maior a quantidade, mais eficaz poderá ser a conexão com vários dispositivos (Naik *et al.*, 2020). Sobre a ótica de Maldonado *et al.*, (2021):

Wi-Fi 6 uses LBE mode where APs asynchronously perform the mandatory channel access mechanism, i.e. the assessment of the availability of the channel before transmission. The duration of the sensing and the maximum allowed time that a node can occupy the channel (before another sensing procedure must be performed) are determined based on the selected QoS access category [20]. The higher the priority of the data, the lower the duration of the sensing and the maximum transmit opportunity (TxOP) duration. When targeting delay critical traffic, the maximum TxOP duration needs to be limited. To do so, each AP must broadcast the desired TxOP settings to all connected STAs, which means overriding the default TxOP parameters associated with e.g. background and best effort traffic (Maldonado *et al.*, 2021, p. 5).

Contribuindo com essa discussão, Grazia (2021), em sua pesquisa intitulada “Futuro do TCP no Wi-Fi 6”, considera a partir de seus estudos que:

Thanks to the characteristics of Wi-Fi 6 and current Internet networks, we defined and modeled the concept of a hybrid bottleneck, where the Wi-Fi interface is initially the wireless bottleneck, up to the formation of a certain level of frame aggregation that allows the Wi-Fi 6 to reach the typical 1 Gbps of wired Ethernet bottleneck. The bottleneck migration has been modeled analytically and proved by experimental results. Continuing, the paper analyzed the performance of different TCP over this hybrid bottleneck, investigating it as a function of the TSQ size, a fundamental parameter to allow the wireless interface to match the wired bottleneck, and TP. Results show that relaxing the TSQ standard limit is fundamental to exploit the available Wi-Fi 6 throughput with TCP uploads. The optimal balance between TSQ relaxation and higher TP depends on the TCP variant used, with TCP YeAH and TCP BBRv2 that interoperate well with the tradeoff between throughput and latency increment. The first scenario considered, with only TCP uploads in place, has highlighted the performance of TCP YeAH. The reason is the nature of TCP YeAH, a hybrid algorithm which interoperates well with the tradeoff between throughput and latency increment. In the second scenario considered, with heavy congestion through the RRUL test, the sole TCP able to guarantee fairness between downstream and upstream has been TCP New Vegas, which also manifested the lowest latency, close to the base network RTT, despite the high congestion (Grazia, 2021, p. 11-12).

Passamos agora a abordar um pouco sobre as redes de dados móveis 5G, que se caracteriza uma evolução da presente rede de celulares de quarta geração. Uma rede ainda mais veloz e potente que, para além de ser “inteligente”, provoca menos impacto ao meio ambiente. Tal rede é considerada a quinta geração das redes móveis, além de ser um grande salto qualitativo e prático em relação à rede que é utilizada no contexto atual, a 4G. A rede 5G se aplica como um meio de comportar a exponencial dimensão de informações trocadas cotidianamente por bilhões de dispositivos sem fio difundidos mundialmente (Oliveira; Alencar; Lopes, 2018; Martins, 2016).

Conforme esclarece Martins (2016):

As redes 5G estão sendo preparadas atender uma gama de usuários tanto para “o mundo corporativo” quanto para os domésticos que alimenta uma voracidade por altas velocidades, segurança, confiabilidade e baixa latência. Essa é a expectativa que essa tecnologia promete, e é colocada como a verdadeira banda larga para uso sem perdas em qualquer situação de manuseio, com tanta capacidade o 5G será um ponto forte na ampla usabilidade da internet das coisas associado ao novo modelo IPV6. As redes 5G irá transformar o mundo, o seu

potencial é enorme, pois a sua aplicação não se trata somente de serviço móvel, mas também de capacidade de entrega com respostas rápidas. Desta forma, a população terá serviços contratados a partir desta tecnologia para atender suas necessidades a partir de um dispositivo fixo ou móvel. Irá atender as necessidades de projetos governamentais e empresariais nas áreas diversas (Martins, 2016, p. 13).

De modo mais específico, o 5G tem a missão de aumentar significativamente as competências da rede atual, conhecida como 4G, elevando a banda larga móvel a elevadíssimos padrões de velocidade de conexão e de usufruários sincrônicos. As redes 5G asseguram aos seus posteriores utentes uma cobertura ainda mais aberta e hábil, assim como máximas transferências de dados, e de um algarismo expressivamente maior de conexões sincrônicas (Lucca; Mauro, 2020; Oliveira, 2019).

As redes da 4ª geração, empregadas hoje em determinadas regiões do país, são capazes de conferir uma velocidade medial de conexão em torno de 33 Mbps (Costa, 2020b).

O 5G, considerado a quinta geração de comunicações sem fio, é uma tecnologia que vem tomando espaço e abrindo muitos debates.

De acordo com Santos (2022):

Isso tudo começa com voz analógica no 1G, perpassa ao 2G que permite voz digital e mensagens de texto, adentra ao 3G que traz à internet sem fio básica e vídeo de baixa definição e por fim, desenvolve a atual rede 4G onipresente, na qual é possível suportar acesso móvel à web, jogos, vídeo de alta definição e videoconferência. O 5G permite taxas de dados muito mais altas, latência reduzida, maior capacidade do sistema e conectividade de vários dispositivos – exatamente o que o Metaverso precisa. Essa camada de infraestrutura totalmente nova possibilita todos os tipos de experiências incríveis, tornando-se não somente mais uma ferramenta, mas sim um canteiro de obras inteiro, do qual estamos apenas arranhando a superfície (Santos, 2022, p. 1).

O autor também declara que há 4 maneiras pelas quais a tecnologia 5G oportunizará o futuro desse universo, para tanto, o autor destaca quatro maneiras que estão descritas na Tabela 3 abaixo:

Tabela 3 – Maneiras que a tecnologia 5G oportunizará o futuro desse universo

1. Conexão em qualquer lugar	Embora se possa ter uma experiência interessante de realidade aumentada ou realidade virtual sozinho, o Metaverso é mais do que apenas algo individual, ele é uma realidade digital persistente composta de grandes quantidades de informações e atividades. No momento em se precisa de uma conexão com fio ou Wi-Fi rápido para se conectar, o 4G simplesmente não oferece o tipo de banda larga necessária para suportar a conexão direta com uma rica experiência dentro desse universo imersivo.
2. Fator de forma de hardware menor	Um dos objetivos do futuro no Metaverso não é apenas a experiência que se obtém ao se conectar a ele, mas também a realidade do hardware que será necessário. Atualmente, os fones de ouvido Realidade Aumentada e Realidade Virtual são grandes e volumosos, geralmente conectados por meio de um cabo a uma máquina de jogos de última geração.
3. Renderização remota	Um dos maiores ganhos com o 5G e o Metaverse é a renderização remota. Ao fazer todo o “trabalho pesado” da renderização na borda, a experiência pode ser transmitida de maneira semelhante ao streaming de um filme. Atualmente, um usuário normalmente precisa de um computador de jogos de última geração para executá-los e as redes 4G são um gargalo para implementar o acesso rápido a tais opções imersivas.
4. Ampliação da realidade	Ainda que a Realidade Virtual tenha uma grande capacidade de tirá-la do mundo real e a Realidade Aumentada possa mostrar o virtual sobre o mundo real, o Santo Graal do Metaverso é combinar os dois com a Realidade Estendida. Para permitir uma realidade estendida realista, é preciso mapear digitalmente o mundo real.

Fonte: Adaptado de Santos (2022).

Essas diferentes maneiras expressas acima, possuem características distintas, mas que confluem para melhor articulação e materialização da tecnologia 5G. Na compreensão de Martins (2016):

Falar de redes 5G representa uma gama de possibilidade que vislumbra os pesquisadores, porém é um desafio enorme de grandes proporções. Pois exige que haja uma mudança brutal na tecnologia que tenhamos que nos adaptar. Porque estamos falando de inteligência no hardware que tomará decisões automáticas sem interferência humana (Martins, 2016, p. 21).

Diversos estudos que têm se debruçado a respeito do 5G, estima-se que essa rede seja capaz de conferir velocidades 50 a 100 vezes maior, chegando a atingir até 10 Gbps. Destarte, a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel) atualmente devido essas mudanças que tem sido promovidas pelas tecnologias, a Anatel avalia a petição de cinco empresas que almejam propiciar internet via satélite ao país (SpaceX, OneWeb, Kepler, Lightspeed e Swarm), o que deve atender às localidades que vem sofrendo com a deficiência de conexão – especialmente as mais distantes (Imperio; Pavani; 2021; Costa, 2020b).

As respectivas empresas devem empregar aproximadamente 4,8 mil satélites para compreender todo o Brasil. A estimativa é que os dispositivos sejam difundidos ao redor da Terra, com uma distância de 570 km, e que enviem o sinal para o solo com um retardo de até 40 milissegundos (Tristão, 2015; Hossain, 2013).

Embora seja moderno, os membros da Anatel ao avaliarem os pedidos, agem com cuidado, pois é fundamental compreender quais são os impactos que uma rede de telecomunicações via satélite pode causar ao país (Costa, 2020b).

Nessa linha de raciocínio, especialistas afirmam que uma rede ampla em baixa altitude (no máximo de 2 mil km) é capaz de ocasionar problemas, como por exemplo: ao lançamento de foguetes bem como satélites na Base de Alcântara (MA) (Lucca; Mauro, 2020; Costa, 2020b).

Nessa esteira, Oliveira, Alencar e Lopes (2018) colaboram que:

Na rede de acesso, o 5G NR inclui novas funcionalidades que expandem a capacidade da rede de acesso, como MIMO massivo e C-RAN. Com o SDN e NFV aplicado a infraestrutura física da rede, há uma facilidade na adoção da virtualização para a rede de acesso e *core*, permitindo um melhor suporte para os diversos serviços que utilizarão 5G. O fatiamento de rede permite a segmentação da rede pelas operadoras de forma que diferentes serviços personalizados possam ser implementados em redes lógicas com uma infraestrutura em comum, simplificando a construção da rede para atender o modelo de negócio específico (Oliveira; Alencar; Lopes, 2018, p. 49-50).

Estudiosos sejam eles clássicos ou modernos esclarecem que militares que dominam 70% dos aparelhamentos por satélite da Telebrás condenam essa concepção de interferências nos sinais de satélites usados para propósitos de segurança nacional.

Leonardo Euler de Moraes (presidente da Anatel), numa entrevista ao jornal *Folha de São Paulo*, afirmou que a tecnologia tem avançado cada vez mais e isso tem exigido que a sociedade acompanhe essas mudanças, além disso, destaca que isso implica diretamente no avanço em velocidade de conexão à internet, quanto maior o interesse e a procura da informação maior também é o uso da internet (ANATEL, 2020).

Por isso que investir em redes mais velozes e seguranças tem sido pensado e buscado corresponder as demandas e expectativas da sociedade, sendo também uma forma de manter as conexões com os países de grandes extensões territoriais e com desafios geográficos. Sendo assim, faz-se necessário ter clareza da importância de se trabalhar com organização e consequentemente na coordenação técnica da instalação dessas mega constelações de satélites, com vistas a garantir a convivência com as redes já assentes e que estão em curso (Costa, 2020b; Amaral, 2019).

Por exemplo, a banda de ondas milimétricos (tecnicamente 30-300 GHz, embora geralmente todas as bandas acima de 20 GHz são chamadas internet via satélite - SpaceX 'mmWave') contém mais de 90% do espectro de radiofrequência atribuído, e, no entanto, a maior parte do espectro mmWave é significativamente subutilizado. Gerações anteriores de tecnologia celular fizeram pouco uso destas frequências devido às suas pobres características de propagação e as limitações impostas pelas tecnologias digitais então disponíveis (Costa, 2020b; Oughton *et al.* 2021).

Nos últimos meses uma discussão ainda mais afluída acerca da internet via satélite – SpaceX, tem tomado maior proporção em diferentes redes de comunicação. Além também de estudiosos da área que declaram que se tudo correr de acordo com o planejado, a sociedade terá a chance de experimentar o serviço de internet via satélite da SpaceX pouco tempo (Team, Cohen, 2021).

Fato é que o CEO Elon Musk afirma: “O beta privado começa em 3 meses e público em 6 meses, começando com altas latitudes” (Andreje; Batagelj, 2021).

Apelidado de Starlink, o próximo serviço promete levar internet rápida e acessível para qualquer local do mundo. Será particularmente atraente para pessoas que vivem em áreas remotas ou mercados carentes com poucas opções de banda larga doméstica.

Espera-se velocidades de download de até 1Gbps com uma latência que varia entre 25 a 35 milissegundos, em comparação com os serviços de banda larga terrestre (Boley *et al.*, 2022; Mróz *et al.*, 2022).

A respeito do conceito de Starlink, Hernán (2020) descreve que:

Starlink é um projeto desenvolvido pela empresa SpaceX com o objetivo de criar uma rede de satélite que fornece cobertura de acesso à internet de banda larga para utilizadores localizados em qualquer parte do mundo. O seu principal nicho de mercado serão lugares isolados no nosso planeta onde uma infraestrutura com fios de acesso não é rentável para as empresas. A outra característica da rede é fornecer tempos de latência baixos e um preço acessível. Estas são duas das principais características que definem este projeto de risco. O projeto, nasce no início de 2015 pela mão do gigante americano, que procura lançar mais de 12000 satélites para oferecer o serviço (cuja permissão já foi concedida pela agência governamental que o regula), embora recentemente veio a ser conhecido que este projeto iria procurar chegar aos 30.000 satélites implantados (Hernán, 2020, p. 4).

Segundo o autor, hoje, a sede onde está localizada o projeto está situada em Redmond (cidade em King County, estado norte-americano de Redmond – Washington, nos Estados Unidos, país de origem da marca). Embora a internet via satélite não seja novidade, a rede da SpaceX foi projetada para alcançar velocidades mais rápidas, usando satélites em órbita baixa da Terra (LEO). O plano é que eles voem ao redor do planeta a uma distância de 200 milhas a 700 milhas acima da superfície enquanto eles transportam dados entre estações terrestres e usuários de internet abaixo (Boley *et al.*, 2022; Mróz *et al.*, 2022; Hernán, 2021; Cohen, 2021).

De acordo com a leitura de Mróz *et al.*, (2022) na obra intitulada “Impacto dos satélites SpaceX Starlink nas Observações de Pesquisa de Instalações Transitórias de Zwicky”, os autores e autores destacam que:

Since 2019 May when SpaceX launched the first batch of their Starlink constellation satellites, the astronomical community has expressed concerns about the constellation’s possible impact on astronomical observations. Currently (as of 2021 November 9), the Starlink constellation consists of 1667 satellites¹ in low-Earth orbit (LEO), and an additional 124 satellites have already reentered Earth’s atmosphere due to mal-function or were deliberately retired. Starlink satellites are launched in batches, with up to 60 satellites launched at a time. Fourteen Starlink batches were deployed in 2020 and seventeen are planned to be

launched in 2021. In total, SpaceX has received approval by the US Federal Communications Commission (FCC) to operate 12,000 satellites and has submitted filings for 30,000 additional Starlink satellites (Mróz *et al.*, 2022, p. 1).

Vale considerar também que para colocar o serviço em funcionamento, a empresa vem garantindo a aprovação dos reguladores para lançar até 40.000 satélites. A empresa implantou com sucesso outros 60 satélites Starlink no espaço para um total de 420 em operação. (Mróz *et al.*, 2022; Hernán, 2021).

Esse capítulo descreveu em uma análise detalhada as tecnologias imersivas, abrangendo Realidade Virtual (RV), Realidade Aumentada (RA), Realidade Mista (RM), Realidade Estendida (XR) e Realidade Mediada (Imersivas). O capítulo inicia com um debate sobre a aplicação da realidade aumentada na educação, seguido por uma exploração profunda do Metaverso. Posteriormente, se concentra na contextualização do desenvolvimento de um framework, abordando os requisitos fundamentais para um sistema de RV, a modelagem e programação em ambientes virtuais, e o processo de desenvolvimento de sistemas de RV.

Na segunda parte do capítulo, é traçada uma linha do tempo das tecnologias de realidade, discutindo o Second Life e os sistemas interativos convencionais, e mergulhando na Realidade Virtual Imersiva. As plataformas de hardware para cenários imersivos, as plataformas de desenvolvimento de software e o funcionamento da Realidade Virtual (RV) Imersiva. Encerrando com uma discussão sobre a conectividade e a utilização dos novos meios de conexão.

Este capítulo estabelece a base teórica para o problema de pesquisa, que busca compreender como um cenário de/com tecnologias imersivas pode ser desenvolvido para atuar no ensino e aprendizagem de disciplinas STEM para cursos de computação na educação superior à distância (EaD). Em sintonia com o objetivo geral da elaboração de um framework que oriente a criação de cenários imersivos para atuar no ensino e aprendizagem de disciplinas STEM para cursos de computação na educação superior à distância (EaD), em conjunto com os objetivos específicos, são diretamente informados e apoiados pela análise detalhada apresentada neste capítulo.

4 A REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA (RSL)

Em relação a RSL, é importante considerar essa etapa da pesquisa como fundamental para a “condução de pesquisas científicas, especialmente de pesquisas realizadas sob o paradigma da *design science*” (Morandi; Camargo, 2015, p. 141).

Para a realização da RSL se faz necessário o cumprimento de algumas etapas, como por exemplo:

a) fontes de busca da temática, b) estratégias para o viés da pesquisa, c) avaliação dos estudos, da literatura selecionada para serem utilizados na RSL, d) ferramentas a serem utilizadas na síntese dos resultados e por fim e) a apresentação do estudo (Brizola; Fantin, 2016, p. 29).

É válido acrescentar que a RSL é “crucial para que possamos obter as informações desejadas em um crescente volume de resultados publicados, algumas vezes similares; outras, contraditórios” (Morandi; Camargo, 2015, p. 142).

A RSL segue um método rigoroso, responsável, com planejamento, é de extrema relevância para a confecção de uma pesquisa qualificada sobre uma determinada temática. Conforme apresenta Morandi e Camargo (2015, p. 142), a RSL serve para “mapear, encontrar, avaliar criticamente, consolidar e agregar os resultados de estudos primários relevantes sobre uma questão ou tópico específico, bem como identificar lacunas a serem preenchidas, resultando em um relatório coerente ou em uma síntese”.

Inicialmente para a realização de uma RSL é crucial definir o tema central da pesquisa. Ao ser definido o tema central, parte-se para a criação de um arcabouço, ou em outras palavras “um esqueleto para a realização da pesquisa, um ponto de partida que permita entender a revisão e seu contexto, e que pode ser desenvolvido, refinado ou confirmado durante o andamento da pesquisa” (Morandi; Camargo, 2015, p. 146).

Para tanto, é fundamental que o/a pesquisador organize as estratégias de busca, sobretudo sobre o que quer responder, o que inclui: “a) O que buscar? b) onde buscar? c) como minimizar o viés? d) quais estudos considerar? e) qual será a extensão da busca?” (Brizola; Fantin, 2016, p. 32).

A RSL é um dos tipos de revisão da literatura que tem como objetivo resumir toda a informação existente sobre um fenômeno de maneira imparcial e completa. Ao contrário do processo não sistemático, a revisão sistemática é feita de maneira formal e meticulosa.

Isso significa que devemos seguir o plano definido nesse tipo de revisão que, dentre outras coisas, estabelece uma sequência meticulosa, bem definida de passos. Por isso, uma das vantagens da RSL é permitir que outros pesquisadores realizem futuras atualizações da revisão, caso sigam o mesmo conjunto de etapas estabelecidas no protocolo (GUIA ACADÊMICO, 2021).

Tabela 4 – Os elementos da RSL

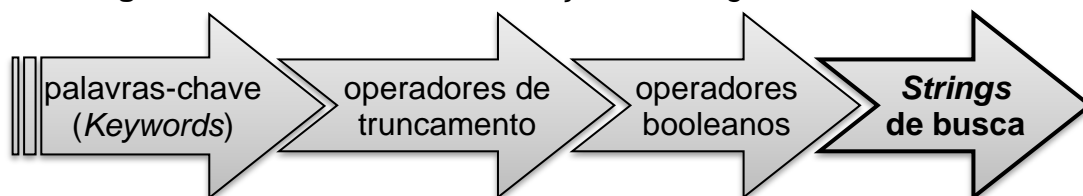
ELEMENTOS	
ANALISAR	Teses e Publicações científicas
COM O PROPÓSITO DE	Caracterizar e analisar
EM RELAÇÃO A	Realizar um levantamento das pesquisas existente nas bases bibliográficas digitais nacionais e internacionais sobre a <i>string</i> de busca elaborada
DO PONTO DE VISTA DE	Pesquisadores
NO CONTEXTO	Científico Acadêmico

Fonte: Dados do autor (2024).

Utilizando como método a RSL, aplicada para identificar, avaliar e analisar trabalhos relevantes para uma pesquisa específica, foram elaboradas as seguintes *strings* de busca de palavras-chave (*key findings*) a partir das palavras-chave (*keywords*): *Immersive Learning*; *Virtual Reality (VR)*; *Augmented Reality (AR)*; *Mixed Reality (MR)*; *eXtended Reality (XR)*; Tridimensional Virtual Learning Environment (3DVLE), para buscar documentos científicos e produções publicadas nas bases bibliográficas. A palavra-chave *Immersive Learning* justifica-se por ter maior aderência à área de concentração, Educação e Novas Tecnologias.

A Figura 31 ilustra o fluxo do processo de elaboração das *strings* de busca. Os operadores de truncamento são utilizados para inserir caracteres “coringa” e utilizar apenas o radical da palavra (sem precisar repetir singular/plural, etc.). Ex: “robo*”. Os operadores Booleanos são o AND para ligar as palavras chaves e o operador OR para colocar sinônimos (com uso de parênteses).

Figura 31 – Processo de elaboração de *strings* de busca.



Fonte: Dados do autor (2024).

Com a utilização do processo citado e considerando as definições dos operadores booleanos, onde o AND é disjuntivo e o OU é conjuntivo, foi elaborada a seguinte *string* de busca: (“Education” OR “Immersive Learning”) AND (“Virtual Reality” OR “Augmented Reality” OR “Mixed Reality” OR “eXtended Reality”) OR (“3DVLE” OR “Tridimensional Virtual Learning Environment”).

Para o IEEE Xplore foi utilizada a *string*: (“Author Keywords”: “virtual reality” OR “Author Keywords”: “VR” OR “Author Keywords”: “Augmented Reality” OR “Author Keywords”: “AR” OR “Author Keywords”: “Mixed Reality” OR “Author Keywords”: “MR” OR “Author Keywords”: “eXtended Reality” OR “Author Keywords”: “XR”) OR (“Author Keywords”: 3DVLE OR “Author Keywords”: learning) AND (“Author Keywords”: educat* OR “Author Keywords”: learning) OR (“Index Terms”: “virtual reality” OR “Index Terms”: “VR” OR “Index Terms”: “Augmented Reality” OR “Index Terms”: “AR” OR “Index Terms”: “Mixed Reality” OR “Index Terms”: “MR” OR “Index Terms”: “eXtended Reality” OR “Index Terms”: “XR”) OR (“Index Terms”: learning OR “Index Terms”: educat*) OR (“Index Terms”: 3DVLE OR Virtual Learning Environments) AND (“Full Text Only”: “distance education”).

Importa salientar que as bases de dados consultadas foram: Scientific Electronic Library Online (SciELO); Science Direct; Google Acadêmico; IEEE; Periódicos da CAPES.

A partir da pesquisa inicial, foram definidos os critérios de seleção dos trabalhos científicos, e a partir das buscas realizadas nas bases supracitadas foram encontrados e analisados mais de 5000 trabalhos. Após aplicar os filtros de seleção (análise dos critérios de inclusão/exclusão) foram selecionados trabalhos publicados nas subáreas: Ciência da Computação e Educação, reduzindo para 42 resultados, todos disponíveis para download, que depois de lidos e analisados seus resumos (*abstract*), foi aplicado o último filtro (extração), selecionando apenas teses.

Os critérios de inclusão e exclusão aplicados foram os seguintes:

A. **Empírico/Conceitual:** Empíricos - teses que apresentam experimentos empíricos sobre ambientes de ensino aprendizagem. Conceituais - teses que apresentam discussões teóricas referentes ao ensino/aprendizagem de disciplinas STEM em cursos de ciência da computação na modalidade a distância (EaD).

B. **Público-alvo:** identificar o público-alvo dos estudos, como professores, estudantes e outros profissionais da educação, especialmente nos cursos STEM.

C. **Instrumentos de pesquisa:** identificar quais instrumentos de pesquisa foram utilizados para produção de dados dos trabalhos selecionados.

D. **Abordagem de pesquisa:** identificar se utilizou abordagem qualitativa, quantitativa ou mista.

E. **Origem dos Estudos:** países de origem dos estudos analisados.

A Tabela 5 mostra uma prospecção das pesquisas atuais com a quantidade de resultados obtidos em cada uma das bases antes e após a aplicação dos critérios de exclusão. Nesta seção são apresentadas as produções científicas analisadas nas bases de dados – *Scientific Electronic Library Online* (SciELO); Science Direct; Google Acadêmico; IEEE; Periódicos da CAPES, com o objetivo de verificar e analisar os problemas de pesquisa dessas produções científicas. Após a leitura e análise dos documentos e a aplicação de todos os filtros, foram selecionadas 3 teses para a leitura integral da amostra final, como ilustra a Tabela 10, a seguir:

Tabela 5 – Resultados obtidos das *strings* de pesquisa nas bases de dados

Fonte	Execução (arquivos localizados)	Seleção (análise dos critérios de inclusão/exclusão)	Extração (após análise e leitura integral)
SciELO	75	2	0
Science Direct	73	8	1
Google Acadêmico	1643	18	0
IEEE	4886	9	1
CAPES	735	5	1
Total	5345	42	3

Fonte: Dados do autor (2024).

Após nova análise, foram identificadas 3 teses que puderam contribuir significativamente com a pesquisa (Tabela 6). Cabe salientar que esses resultados foram utilizados como base para evidenciar um possível problema de pesquisa a ser abordado neste trabalho:

Tabela 6 – Produções analisadas a partir das bases de dados

Autor	Título	Problemas Abordados
BACEVICIUTE, S.	Designing Virtual Reality for Learning.	<p>how we can combine knowledge from human cognition, psychology and behavioral insights to understand the efficacy of learning in VR.</p> <p>use that knowledge to guide the design of VR applications that improve learning and training.</p>
BOOKHAMER, R. S.	STEM in Elementary School Education: Evaluating a STEM and Augmented Reality Professional Development Workshop for Educators.	<p>What are the educator's perspectives of STEM education?</p> <p>Based on the professional development workshops, what is the educators understanding of STEM principles and 21st century skills after completing the workshops?</p> <p>Based on the professional development workshops, how are educators prepared and adept to effectively integrate augmented reality tools into STEM-based instruction?</p>
DENGEL, A.	Effects of Immersion and Presence on Learning Outcomes in Immersive Educational Virtual Environments for Computer Science Education.	What are the effects of technological and person-specific factors on learning outcomes in Educational Virtual Environments for learning Computer Science?

Fonte: Dados do autor (2024).

As 3 (três) teses foram escolhidas pela relevância dos temas, considerando o número de citações, e principalmente, por tratarem diretamente do assunto que esta tese aborda.

No trabalho *Designing Virtual Reality*, elaborado por Baceviciute (2020), a autora apresenta e enfatiza, desde o início de sua produção, a escassez de trabalhos científicos e pesquisas de qualidade no novo modelo proposto, utilizando as tecnologias relacionadas nas *keywords* pesquisadas. Em apenas alguns anos, o número de artigos que discutem esse tema tem aumentado exponencialmente, e alguns até começaram a propor VR para ser o meio final de aprendizagem. No entanto, a escassez de rigorosas avaliações empíricas, bem como evidências iniciais conflitantes, sugere que ainda sabemos muito pouco sobre como aprender em VR.

O destaque desta dissertação é a exploração das intersecções entre aprendizado e tecnologia virtual imersiva (*learning and immersive virtual technology*), na tentativa de descobrir formas de projetar ferramentas virtuais mais eficazes para o aprendizado. Em seu escopo de investigação estabelecido, defendendo a necessidade de se afastar da visão tecnocêntrica existente da VR, sugere considerar essa mídia como um sistema complexo que consiste em ambos – características tecnológicas únicas e conteúdo virtual especializado.

Expressando a distinção do VR, e reconhecendo suas capacidades de alterar os modos tradicionais de representação e interação, esta tese destaca a importância desse trabalho ser centrado nas *affordances* únicas deste novo meio em seu *design*, sem o debate sobre o que é VR em si, mas a forma como foi projetado que, em última análise, definirá seu sucesso na educação. Esse trabalho busca o entendimento das seguintes questões de pesquisa:

1. Como podemos combinar conhecimento da cognição humana, psicologia e *insights* comportamentais para entender a eficácia da aprendizagem em VR. “*how we can combine knowledge from human cognition, psychology and behavioral insights to understand the efficacy of learning in VR.*”

2. Como podemos usar esse conhecimento para orientar o projeto de aplicações em VR que melhoram o aprendizado e o treinamento. “*use that knowledge to guide the design of VR applications that improve learning and training.*”

Para responder a essas perguntas, foi configurada uma pesquisa multidimensional integrada estratégica que combina medidas de aprendizagem cognitiva, autorrelatos afetivos, instrumentos de carga cognitiva e métodos psicofisiológicos avançados de EEG (*electroencephalography*) e *eye tracking*. Configurados quatro estudos que avaliam VR com alunos adultos em ambientes universitários e empresariais. Fornecem implicações importantes para o campo da pesquisa educacional de VR e são destinados para serem usados como diretrizes baseadas em evidências para o *design* de ferramentas de aprendizagem virtuais imersivas.

RQ1: O estudo compara o sistema VR a uma apresentação de Powerpoint, explorando se os conhecimentos específicos de VR afetam os diferentes tipos de conhecimento testados. Embora ambos os estudos sejam comparações entre mídias, um fator central no *design* tem sido otimizar cada mídia utilizada, com base em seus conhecimentos exclusivos para a aprendizagem.

RQ2: O estudo compara uma condição de redundância às condições de representação de informações escritas e ouvidas (auditivas). Ambos os estudos terminam com diretrizes de *design* específicas e recomendações para futuras aplicações educacionais de VR.

O estudo sugere um convite para que educadores, *designers* instrucionais e produtores de conteúdo educacional de VR sejam mais críticos, reflexivos e mais conscientes no desenvolvimento de tecnologias futuras para a aprendizagem. Ao mesmo tempo, incentiva empresas de desenvolvimento de tecnologia, instituições e governos a investir em iniciativas de pesquisa estratégica e de *design* baseadas em evidências que ajudariam a desenvolver ferramentas de VR para o aprendizado verdadeiramente revolucionárias.

Na 2ª tese "*STEM in Elementary School Education: Evaluating a STEM and Augmented Reality Professional Development Workshop for Educators*", o destaque de Bookhamer (2022) é a utilização das tecnologias de *Augmented Reality* (Realidade Aumentada) no ensino de disciplinas STEM para o ensino fundamental. O trabalho do autor está centrado na apresentação e definição do STEM, contudo, o desenvolvimento da pesquisa aponta para outras importantes questões.

Em especial, para o problema da prática deste estudo de pesquisa, que se concentra nas pedagogias instrucionais existentes no ensino fundamental, que têm uma escassez de tecnologias integradas para apoiar e engajar os alunos na aprendizagem baseada em STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática). Desse problema de pesquisa surgem as perguntas orientadoras, usadas para orientar o estudo da pesquisa:

GQ1: Quais são as perspectivas do educador sobre a educação STEM? *“What are the educator’s perspectives of STEM education?”*;

GQ2: Com base nas oficinas de desenvolvimento profissional, qual é a compreensão dos educadores sobre princípios STEM e habilidades do século 21 após a conclusão das oficinas? *“Based on the professional development workshops, what is the educators understanding of STEM principles and 21st century skills after completing the workshops?”*;

GQ3: Com base nas oficinas de desenvolvimento profissional, como os educadores são preparados e adeptos a integrar efetivamente ferramentas de realidade aumentada na instrução baseada em STEM? *“Based on the professional development workshops, how are educators prepared and adept to effectively integrate augmented reality tools into STEM-based instruction?”*

O objetivo do estudo é determinar o grau em que a formação em oficinas de desenvolvimento profissional de STEM com a Realidade Aumentada (AR) prepararam educadores para introduzir aplicativos AR em um ambiente de sala de aula. O estudo busca investigar a capacidade dos educadores de acessar e implementar novas tecnologias que influenciarão positivamente o ambiente de aprendizagem.

Em seguida o autor apresentou as seguintes questões de pesquisa:

RQ1: Educação STEM - Perspectivas dos Educadores sobre a Educação STEM; *“STEM Education - Educators Perspectives of STEM Education”*;

RQ2: Desenvolvimento Profissional STEM - Perspectivas dos Educadores sobre a Desenvolvimento Profissional STEM; *“STEM Professional Development - Educator Perspectives of STEM Professional Development”*;

RQ3: Desenvolvimento Profissional em Realidade Aumentada - Perspectivas dos Educadores sobre a Realidade Aumentada. *“Augmented Reality Professional Development - Educator Perspectives of Augmented Reality”*.

As limitações do estudo foram descritas pelo autor, justificando a existência de limitações, embora o desenvolvimento profissional tenha apresentado resultados positivos. Os educadores conseguiram implementar as ferramentas de realidade aumentada dentro de um período de um mês e meio. O prazo limitou o conteúdo que os professores puderam usar ao pesquisar os aplicativos RA. Essa restrição fez com que os educadores ficassem muito limitados em aplicativos alinhados aos seus currículos. Os professores tentaram ser flexíveis com o conteúdo que estavam cobrindo, mas era difícil encontrar aplicativos RA que pudessem substituir diretamente a instrução direta. Os aplicativos foram mais utilizados na forma de enriquecimento e revisão de conteúdo que já havia sido ensinado anteriormente.

Os educadores discutiram o trabalho de preparação que precisava ser realizado antes que os alunos pudessem usar os aplicativos de forma eficaz. O tempo necessário para ensinar os alunos a usarem efetivamente os aplicativos antes da execução deste estudo provou ser eventualmente complicado. Educadores também indicaram que os alunos que têm que realizar pesquisas ao mesmo tempo em que usavam os aplicativos no mesmo dispositivo, tornaram-se difíceis. O estudo não abordou todas as falhas com a instrução e entrega utilizando ferramentas RA, mas usou mais da experiência dos educadores.

Os estudos futuros e implicações apresentados mostram que a integração do Professor com as tecnologias de RA forneceu aplicações de novas ferramentas de aprendizagem no ambiente de sala de aula, permitindo aos educadores desenvolverem estratégias de aprendizagem para demonstrar tecnologias avançadas. Há a oportunidade de ter todos os educadores do ensino fundamental preparados para entender e integrar a aprendizagem baseada em STEM, seja através de instruções mais tradicionais, ou avançadas tecnologias como realidade aumentada.

Com base no estudo e em seus achados, este pesquisador tem três recomendações:

1. **Sustain and Grow** (Crescimento Sustentável): Também conhecido como retenção, o primeiro objetivo é sustentar (manter) o que já foi criado através de oficinas de desenvolvimento profissional STEM/RA;

2. **Building STEM Educators** (Formação de educadores STEM): Capacitá-los através desenvolvimento profissional, com alocação de recursos e tempo de planejamento;

3. **Student Engagement** (Engajamento dos estudantes): Educadores devem continuar encontrando maneiras de alcançar todos os alunos, fornecendo vários métodos de instrução e aprendizagem para que cada aluno possa ser bem-sucedido academicamente e pessoalmente.

Em pesquisas futuras, o autor indica que seria bom refletir mais sobre a limitação da instrução, pedagogia, e alinhamento de padrões dentro da educação STEM. A alfabetização, as habilidades e a aprendizagem STEM são de vital importância para o sucesso das futuras carreiras dos alunos. As ferramentas de realidade aumentada provaram ser uma maneira eficaz de engajar os alunos na aprendizagem baseada em STEM. Tanto os dados qualitativos quanto quantitativos indicam uma mudança na capacidade das organizações de infundir a integração tecnológica com o aprendizado baseado em STEM.

Os resultados positivos obtidos com o estudo indicam para futuras pesquisas o desenvolvimento profissional e a integração tecnológica que apoiem educadores e a aprendizagem de alunos.

Por fim, a 3ª tese "*Effects of Immersion and Presence on Learning Outcomes in Immersive Educational Virtual Environments for Computer Science Education*", Dengel (2020) apresenta um amplo e completo trabalho sobre a imersão e presença (participação), conceitos fundamentais para os melhores resultados no ensino utilizando das tecnologias de realidade virtual, com ênfase aos cursos de Computação. Desde a introdução do texto, o autor apresenta que conceitos abstratos e ideias da Educação em Ciência da Computação podem se beneficiar de visualizações imersivas que podem ser fornecidas em ambientes virtuais.

Esta tese explora os efeitos das principais características dos ambientes virtuais - imersão e presença, sobre os resultados de aprendizagem em Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) para o ensino aprendido da Ciência da Computação.

Na Teoria, apresenta que a imersão é uma descrição quantificável da tecnologia para imergir o usuário no ambiente virtual; presença descreve o sentimento subjetivo de “estar lá”. Semelhante à sensação de estar fisicamente presente, no mesmo espaço (ex. laboratórios) com os demais colegas de classe. Enquanto a imersão tecnológica pode ser vista como um forte preditor de presença, traços motivacionais, cognição e o estado emocional do usuário também influenciam a presença. Essas variáveis técnicas e específicas (individuais) para pessoas no cenário pedagógico considerado na tese, são abordados no que o autor denomina como “*Educational Framework for Immersive Learning* (EFiL)”. (em tradução livre, um Modelo de Trabalho Educacional para Ensino/Aprendizagem Imersiva).

O autor afirma que a presença tende a ser enfatizada pela comunidade acadêmica como um critério central, que influencia os processos de aprendizagem imersivos. O modelo proposto (EfiL) fornece uma compreensão educacional da aprendizagem imersiva como atividades de aprendizagem iniciadas por um ambiente que evoca uma sensação de presença. O contexto de aplicação da pesquisa utilizado pelo autor considera a Ciência da Computação Desplugada (*Computer Science Unplugged*) usando a tecnologia de Realidade Virtual, a fim de fornecer experiências interativas de aprendizagem virtual que possam ser exibidas com precisão, esquematizando e comprovando conceitos.

Para explorar os efeitos das características do ambiente virtual na aprendizagem, a noção de uma Ciência da Computação *Replugged* foi utilizada e considerou as atividades práticas combinando-as com tecnologia imersiva. Ao fornecer uma percepção de não mediação física, a Ciência da Computação *Replugged* pode permitir experiências que possam contribuir com possibilidades adicionais para a atividade real ou novas atividades para o ensino de Ciência da Computação.

Integrando múltiplas perspectivas das ciências educacionais, pesquisa de mídia imersiva e o ensino de ciência da computação, a questão norteadora da pesquisa desta tese interdisciplinar é: “Quais são os efeitos que fatores tecnológicos e individuais têm sobre os resultados de aprendizagem em Ambientes Virtuais de Aprendizagem para o ensino/aprendizagem de Ciência da Computação?”

Para responder a esse questionamento, dois estudos com alunos do ensino médio são empreendidos. Os fatores subjetivos e objetivos e suas relações são analisados utilizando três ambientes para diversos temas da Educação em Ciência da Computação baseados em jogos:

- Bill's Computer Workshop (Oficina de Computador de Bill) introduz os componentes básicos de um computador;
- Fluxi's Cryptic Potions (Poções Enigmáticas de Fluxi) usa uma metáfora para ensinar criptografia assimétrica;
- Pengu's Treasure Hunt (Caça ao Tesouro de Pengu) é uma visualização imersiva de máquinas de estado finito.

Um primeiro estudo com 23 alunos do ensino médio foi realizado para testar os instrumentos em termos de efetividade, induzidos pelos dispositivos mediadores de níveis de presença e adequação dos objetivos de aprendizagem selecionados. O segundo estudo com 78 alunos do ensino médio que reproduziram os ambientes em diferentes dispositivos (*laptop*, *head-mounted-display*) avaliou fatores motivacionais, cognitivos e emocionais, bem como resultados de presença e aprendizagem. Registraram, numa análise geral, que o desempenho no uso das ferramentas, a presença e o bom desempenho escolar anterior em Matemática e língua alemã, levam a resultados positivos de aprendizagem nos ambientes virtuais. A presença poderia ser predita pelas emoções positivas do aluno e pela imersão tecnológica.

A aplicação da proposta do EFIL para 'Bill's Computer Workshop' e 'Fluxi's Cryptic Potions', foi bem-sucedida, ainda que nem todos os resultados obtidos tenham sido significativos.

Por fim, na discussão e limitações, a presença parece ter um pequeno efeito sobre os resultados de aprendizagem enquanto o aluno está influenciado por fatores tecnológicos e emocionais.

Para estudos futuros, o autor recomenda reproduzir a aplicação dos questionários devido à baixa confiabilidade manifestada. O segundo estudo poderia fornecer indicações da presença física (local) e imersão, e ainda que o uso de um *framework* pareça apropriado contemplando as ferramentas para o ensino, alguns fatores tiveram que ser retirados.

As conclusões da tese acrescentam elementos cruciais para os processos de aprendizagem na discussão sobre aprendizagem imersiva a partir de uma perspectiva educacional, avaliando tais fatores nas atividades práticas em AVA para o ensino em Ciência da Computação. Deve-se notar que o modelo de pesquisa exhibe apenas uma pequena parte do EFIL, pois suprime fatores como o professor, as variáveis de contexto, a família do aluno e suas experiências anteriores, bem como as relações mútuas entre anteriores ou atuais desfechos de aprendizagem e variáveis específicas da pessoa.

A realidade imersiva virtual, aumentada e estendida prova sua relevância incomparável no contexto do ensino e aprendizagem de disciplinas STEM para informática em EaD, impactando nos processos educacionais, práticos e teóricos de forma dinâmica, reavaliando como os meios tecnológicos são fundamentais no campo da educação, agregando grande valor ao ensino e à aprendizagem. Tendo isso em mente, foi elaborada uma RSL para aprofundar os conceitos e obter uma visão clara das pesquisas que estão sendo realizadas nesta área.

Como resultado, os grandes benefícios da tecnologia e dos recursos no contexto da educação por meio da realidade imersiva aumentada proporcionam um verdadeiro senso de "estar lá", também identificado como presença, onde os alunos interagem em tempo real, com objetos e ambiente contextualizado percebido como 'real', portanto, eles não precisam necessariamente ser reais fisicamente. Além disso, o uso dessas tecnologias tem o potencial de revolucionar a forma como abordamos a educação, oferecendo novas oportunidades para experiências de aprendizagem interativas e envolventes.

Ao aproveitar o poder da realidade virtual, aumentada e estendida imersivas, podemos criar ambientes de aprendizagem dinâmicos e personalizados que atendem às necessidades individuais de cada aluno. Isso não apenas melhora a experiência de aprendizagem, mas também ajuda a diminuir a lacuna entre a teoria e a prática, proporcionando aos alunos uma compreensão mais profunda do assunto.

Portanto, é essencial que continuemos a explorar e desenvolver essas tecnologias para garantir que estamos oferecendo a melhor educação possível para as futuras gerações.

5 EXPLORANDO A TEORIA DE APRENDIZAGEM: COGNIÇÃO SITUADA E REALIDADE ESTENDIDA IMERSIVA

No mundo em constante evolução da educação e da tecnologia, a compreensão da aprendizagem tornou-se um campo de estudo dinâmico e multifacetado. Este capítulo apresenta as teorias de aprendizagem contemporâneas, com foco especial na Cognição Situada e na Realidade Estendida Imersiva. Estas abordagens desafiam e enriquecem nossa compreensão da forma como os seres humanos assimilam, processam e aplicam conhecimento. Ao longo deste capítulo, serão apresentados conceitos fundamentais dessas teorias, sua aplicação na prática educacional e como a tecnologia desempenha um papel fundamental na criação de ambientes de aprendizagem envolventes e eficazes.

É importante tratar a Teoria da Aprendizagem ao elaborar um framework para cenários imersivos em disciplinas STEM para cursos de computação na educação superior à distância (EaD) porque essa teoria fornece as bases sobre como os alunos aprendem de forma mais eficaz. Ao entender os princípios fundamentais da aprendizagem, como a cognição situada e a interação significativa com o ambiente, os desenvolvedores podem criar cenários imersivos que não apenas engajam os alunos, mas também facilitam a aquisição e retenção de conhecimentos complexos. Incorporar teorias de aprendizagem no framework garante que os ambientes virtuais sejam projetados de maneira pedagógica, promovendo uma experiência educacional que é tanto envolvente quanto efetiva, adaptada às necessidades específicas dos alunos em cursos de computação à distância.

5.1 Teoria de Aprendizagem

A teoria de aprendizagem é um campo interdisciplinar que se dedica ao estudo dos processos pelos quais os indivíduos adquirem conhecimento, habilidades, atitudes e competências. Conforme destacam Lucimara *et al.*, (2022) é uma área essencial para compreender como as pessoas aprendem e como esse conhecimento pode ser aplicado em contextos educacionais, de treinamento, no desenvolvimento pessoal e em diversas outras áreas da vida.

Existem várias teorias de aprendizagem que oferecem diferentes perspectivas sobre como o aprendizado ocorre. Algumas das teorias mais conhecidas incluem: Behaviorismo; Cognitivismo; Construtivismo; Aprendizagem Social (Teoria Social da Aprendizagem); Aprendizagem Situada e Aprendizagem Online e Digital.

O behaviorismo enfatiza a importância do ambiente e das respostas observáveis. No behaviorismo, o aprendizado ocorre quando um estímulo é seguido por uma resposta. O condicionamento clássico de Ivan Petrovich Pavlov e o condicionamento operante de Burrhus Frederic Skinner são exemplos dessa abordagem (Strapasson, 2020).

Burrhus Frederic Skinner, é um conceituado psicólogo do século XX, amplamente associado ao behaviorismo, que desenvolveu uma perspectiva específica conhecida como behaviorismo radical ou behaviorismo de seleção por consequências.

A ênfase nas consequências do comportamento é uma característica central do behaviorismo de Skinner, e essa ênfase gerou discussões significativas em relação à compreensão do comportamento humano. Em termos gerais, sobre questões relacionadas ao determinismo, ao controle comportamental, à ética e à eficácia da modificação do comportamento.

No behaviorismo de Skinner, o reforço e a punição são conceitos-chave que desempenham papel central na modificação do comportamento. Essas técnicas são fundamentais para a teoria da aprendizagem e têm aplicações em uma variedade de contextos, desde a educação até a terapia comportamental (Sampaio, 2005; Angelo, 2011).

Referenciais teóricos como Coelho e Dutra (2018) exploram que o significado e a aplicação desses conceitos no behaviorismo de Skinner, onde:

O **reforço** é um processo pelo qual um estímulo ou consequência é apresentado após um comportamento e tem o efeito de aumentar a probabilidade de que esse comportamento seja repetido no futuro.

Em termos específicos, o reforço é usado para recompensar ou fortalecer comportamentos desejados, divididos em:

reforço positivo: Um estímulo agradável ou desejável após a realização de um comportamento desejado. (Ex.: elogiar um estudante quando ele responde corretamente a uma pergunta em sala de aula), e o

reforço negativo: A remoção de um estímulo aversivo ou desagradável após a realização de um comportamento desejado. (Ex.: colocar um cinto de segurança para parar um som de alerta irritante em um veículo).

A **punição**, por outro lado, é o processo pelo qual um estímulo ou consequência é apresentado após um comportamento e tem o efeito de reduzir a probabilidade de que esse comportamento seja repetido no futuro, usada para desencorajar comportamentos indesejados (Coelho; Dutra, 2018), divididos em:

punição positiva: Envolve a apresentação de um estímulo aversivo ou desagradável após a realização de um comportamento indesejado. (Ex: um professor impõe uma tarefa extra a um aluno que está interrompendo a aula), e

punição negativa: Envolve a remoção de um estímulo agradável ou desejável após a realização de um comportamento indesejado. (Ex: proibir um adolescente de sair à noite devido a um mau desempenho na escola).

É importante observar que a eficácia do reforço e da punição pode variar de pessoa para pessoa e de situação para situação, além disso, a aplicação dessas técnicas requer considerações éticas, como a escolha de consequências adequadas e proporcionais, e o cuidado para evitar possíveis efeitos colaterais.

Em síntese, a concepção de Skinner sobre o behaviorismo se concentrou na importância das consequências do comportamento, no condicionamento operante e na análise experimental do comportamento. Sua abordagem influenciou significativamente a psicologia, a educação e a terapia comportamental, e suas ideias continuam a ser debatidas e aplicadas em diversas áreas da psicologia e ciências comportamentais.

5.2 A Teoria da Cognição Situada (TCS)

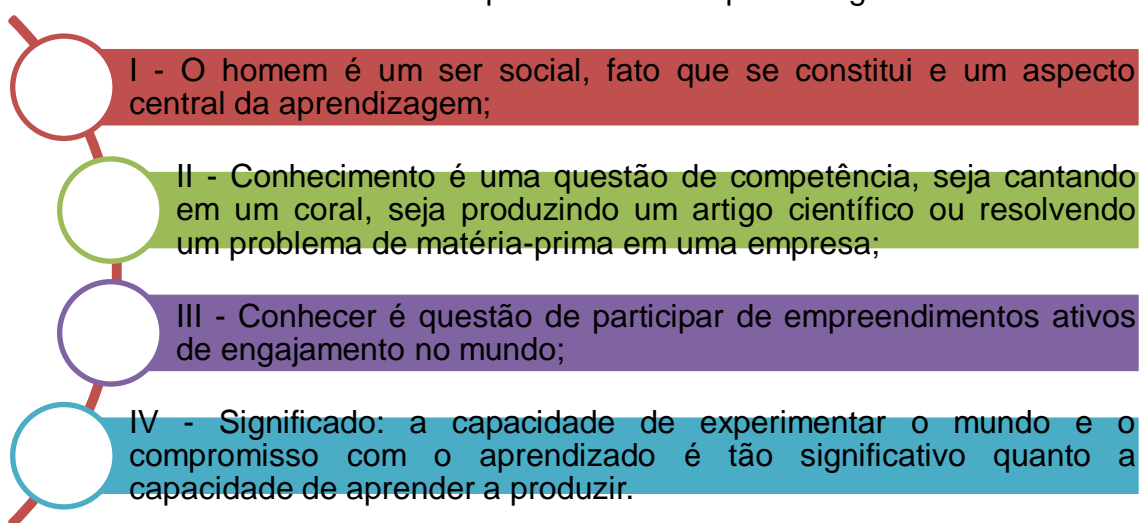
Segundo Lave (1988) e Schneider (2012), a cognição é um fenômeno social complexo, no qual a atividade cognitiva é situada. Isso significa que não pode ser dissociada da prática social e do objetivo comum que guia as atividades dos participantes. A Teoria da Cognição Situada (TCS) pressupõe que a aprendizagem surge a partir de processos de ação que são moldados social e culturalmente, que surgem da aplicação de conceitos em situações práticas, pois teoria e prática não podem ser separadas de seu contexto original e de desenvolvimento.

Referenciais teóricos a exemplo de Lave e Wenger (1991, p. 58) sinalizam que “a aprendizagem envolve a pessoa por inteiro”, de modo que “atividades, tarefas, funções e entendimento não existem isoladamente”. Na TCS o início da jornada de aprendizado parte do indivíduo, que é singular, e se expande em direção ao coletivo, à comunidade, destacando assim a relevância da prática social como um componente integral e indivisível do processo de aprendizagem.

Conforme Wenger (2008), a aprendizagem é intrínseca à natureza humana, faz parte da vida das pessoas e não constitui um tipo especial de atividade que possa ser tratado isoladamente. Nesse sentido, a aprendizagem requer a negociação de significados, o que configura um processo de interação dinâmica entre os indivíduos, envolvendo a troca de informações, habilidades e comportamentos no processo de construção de significados.

Dentro desse contexto, Wenger (2006-2008) propõe que, frequentemente, as pessoas concebem a aprendizagem como uma relação entre um aluno e um mestre, mas os estudos sobre aprendizagem revelam que existem relações sociais mais complexas nas quais a aprendizagem ocorre. Na perspectiva da TCS, o aprendizado gera estruturas emergentes, nas quais o conhecimento e a experiência acumulada provocam perturbações e descontinuidades. As trocas e os relacionamentos em comunidades sociais possibilitam a contínua renegociação desses significados, e as comunidades de prática constituem as estruturas fundamentais da aprendizagem social. A aprendizagem emerge de um processo de compartilhamento social é fundamentada em alguns princípios:

Gráfico 1 – Princípios relativos à aprendizagem



Fonte: Adaptado de Wenger (2007).

Em conjunto, esses princípios ressaltam que a aprendizagem é um processo complexo e interligado com a experiência social, a competência prática, a participação ativa e a busca de significado. Entender esses princípios pode orientar práticas de ensino e aprendizado mais eficazes, promovendo uma compreensão mais rica e duradoura do conhecimento.

A aprendizagem pode ser caracterizada como um reajuste de experiências e competências, com um elemento influenciando o outro, resultando na transformação das identidades dos membros da comunidade.

Essas identidades são construídas nas relações sociais dentro do grupo, conectando o passado com o futuro, o individual com o coletivo, o conhecimento existente com o conhecimento novo (Lave, 1988; Schneider, 2012; Lave; Wenger, 1991).

A identificação de um indivíduo com a comunidade ocorre e é influenciada pela habilidade da comunidade em negociar seus próprios significados, respeitando a participação e a não participação, o envolvimento e o distanciamento. Valoriza-se a contribuição ativa do indivíduo na comunidade, priorizando-a em relação às dinâmicas de poder.

Tanto o indivíduo quanto a comunidade demonstram capacidade de construir processos de orientação, reflexão e exploração de novos contextos de interação e aprendizagem. Os conflitos são percebidos como elementos que determinam a eficácia das ações sociais da comunidade.

Do ponto de vista de Vanzin (2005), a TCS é,

Uma corrente de pensamento que busca conhecer, compreender e explicar os fundamentos do comportamento humano sob o ponto de vista das relações entre os agentes (humanos ou informáticos) e os elementos da situação que está sendo analisada (Vanzin, 2005, p. 25).

Nesse contexto, estão englobadas a maneira de abordar os problemas a serem solucionados, a manipulação de informações, o processo de tomada de decisão e o compartilhamento de conhecimento. A TCS se destaca por sua capacidade de integrar-se harmoniosamente a várias teorias de aprendizagem, estabelecendo com elas um diálogo que minimiza conflitos devido à sua ênfase na orientação social (Vanzin, 2005).

A cognição situada engloba mais do que apenas aprender por meio da ação, da prática e da observação de uma situação real conduzida por alguém com mais experiência. A aprendizagem situada está intrinsecamente ligada ao processo cognitivo, e, por extensão, à aprendizagem e às práticas sociais (Giostrì, 2008).

De acordo com Schneider (2012) abordar a aprendizagem sob a perspectiva da TCS requer que os planejadores prestem maior atenção ao contexto social, reconhecendo sua natureza informal, a improvisação e o caráter negociado das relações.

O autor enfatiza que o mundo social é o espaço onde o trabalho é realizado, onde os significados são construídos, e onde a aprendizagem ocorre rotineiramente. É também o berço da inovação, onde novas identidades surgem a partir das interações entre os membros do grupo. A aprendizagem na perspectiva situada envolve um conceito central proposto por Lave e Wenger (1991) denominado Participação Periférica Legítima (*Legitimate Peripheral Participation* (LPP)). A LPP descreve a maneira pela qual os novos membros de uma comunidade ingressam nela.

Este é um processo que envolve tanto os menos experientes quanto os mais experientes nas atividades da comunidade, contribuindo para o desenvolvimento da identidade, da competência e do conhecimento comunitário. A participação periférica legítima envolve um processo interativo em que o aprendiz desempenha diferentes papéis e assume diversas responsabilidades em diversos contextos de aprendizagem, buscando conquistar o reconhecimento como um membro ativo na comunidade de prática (Schneider, 2012; Lave; Wenger, 1991).

É importante salientar que a participação periférica legítima e a TCS possibilitam ao aluno a progressiva integração de seu conhecimento individual à cultura da comunidade, promovendo um senso de pertencimento por meio da construção e reconstrução de significados relacionados à identidade de membro de uma comunidade de prática.

Para Lave e Wenger (1991, p. 110), “Ser capaz de participar de forma legítima periférica implica que os recém-chegados tenham amplo acesso a arenas de prática maduras”.

Na compreensão de Schneider (2012) a partir da perspectiva da TCS, a escola e a sala de aula desempenham um papel a serviço da aprendizagem que ocorre no mundo real. Nessa abordagem, a própria vida cotidiana é considerada o principal evento de aprendizagem. A escola não é concebida como um ambiente isolado, fechado em si, onde o aluno adquire conhecimento apenas para aplicá-lo em situações externas. Em vez disso, a escola é vista como parte de um sistema de aprendizagem mais amplo, conforme delineado por Wenger (2006), a TCS abrange três dimensões:

Gráfico 2 – Três dimensões da Teoria da Cognição Situada

I - Interna: que se preocupa com a organização de toda a experiência educativa que a escola tem a oferecer sobre um determinado assunto, baseando-se na aprendizagem em comunidades de prática, na participação e interação dos alunos em torno dos assuntos a serem estudados;

II - Externa: que se preocupa com a ligação da experiência em sala de aula com a prática real, com as formas periféricas de participação em comunidades mais amplas, para além dos muros da escola;

III - Sobre a vida dos alunos: que se preocupa em atender as necessidades de aprendizagem do aluno ao longo da vida, em comunidades de prática focadas em temas de permanente interesse da sociedade.

Fonte: Adaptado de Wenger (2006).

A introdução do computador em sala de aula tem se tornado um dos temas mais usados por pesquisadores, com diferentes perspectivas, como por exemplo, exploração de novos modelos de uso das comunidades de prática em ambientes virtuais, levando em consideração a autenticidade do contexto de aprendizagem. Nesse sentido, Wenger (2008) estabelece uma série de princípios para a utilização da tecnologia em comunidades de prática, apresentados na tabela 7, a seguir:

Tabela 7 – Princípios de utilização da tecnologia em comunidades de prática

- A** A aprendizagem é inerente à natureza humana: ela é uma parte permanente e integrante de nossas vidas, e não um tipo especial de atividade separável do resto de nossas vidas.
- B** A aprendizagem é acima de tudo a capacidade de negociar redutível à sua mecânica (informação, competências, comportamento), e focando a mecânica à custa de "significado tende a tornar o aprendizado problemático".

- C** Aprendizagem cria estruturas emergentes: requer estrutura suficiente e continuidade para acumular experiência e perturbação suficiente e descontinuidade continuamente para renegociar significados. Neste sentido, as comunidades de prática constituem estruturas elementares de aprendizagem social.
- D** Aprendizagem é fundamentalmente experiencial e fundamentalmente social: ele chama a própria experiência de participação e reificação, bem como as formas de competência definidas nas comunidades. De fato, a aprendizagem pode ser definida como um realinhamento de experiência e competência, consoante que puxa o outro.
- E** A aprendizagem transforma as identidades: ela transforma a capacidade de participar no mundo mudando tudo de uma vez: quem somos, as nossas práticas e nossas comunidades.
- F** Aprendizagem constitui trajetórias de participação: ele constrói histórias pessoais em relação às histórias das comunidades, ligando assim o passado e o futuro em um processo de tornar-se individual e coletivo.
- G** Aprender significa lidar com limites: ela cria e une as fronteiras, que envolve seus membros na constituição das identidades, conectando - através do trabalho de reconciliação - as múltiplas formas de participação, bem como as diversas comunidades.
- H** A aprendizagem é uma questão de energia social e poder: ele prospera na identificação e depende de negociabilidade, que molda e é moldado por formas evolutivas de associação e de propriedade de - sentido - relações estruturais que combinam participação e não participação em comunidades e economias de significado.
- I** A aprendizagem é uma questão de engajamento: depende de oportunidades para contribuir ativamente para as práticas das comunidades que valorizamos, para integrar a compreensão do mundo, e fazer uso criativo de seus repertórios respectivos.
- J** Aprender é uma questão de imaginação: ela depende de processos de orientação, exploração, reflexão e de colocar nossas identidades e práticas em um contexto mais amplo.
- K** A aprendizagem é uma questão de alinhamento: depende da nossa ligação com quadros de convergência, coordenação e resolução de conflitos que determinam a eficácia social das nossas ações.
- L** Aprender envolve uma interação entre o local e o global: ela ocorre na prática, mas define um contexto global para a sua própria localidade. A criação de comunidades de aprendizagem, portanto, depende de uma combinação dinâmica de engajamento, imaginação e alinhamento para fazer essa interação entre o local e o global de um motor novo aprendido.

Fonte: Adaptado de Wenger (2008).

Em última análise, esses princípios orientam a integração da tecnologia de forma a fortalecer e enriquecer as comunidades de prática, garantindo que continuem a ser ambientes de aprendizagem dinâmicos e autênticos.

Portanto, suas ideias fornecem uma espécie de guia para educadores, profissionais e pesquisadores que buscam alavancar a tecnologia para promover a aprendizagem e a colaboração eficazes em comunidades de prática.

Ao apresentar os princípios da TCS, esse arcabouço teórico enfatiza que a aprendizagem é uma atividade intrinsecamente ligada à vida cotidiana, impossível de ser separada do contexto mais amplo de nossas existências, dado que é inerente à natureza humana e constitui uma parte fundamental da vida das pessoas (Lave; Wenger, 1991; Moser; Schneider; Medeiros, 2013).

Conforme Moser, Schneider e Medeiros (2013) a construção de significados ocorre por meio de um processo dinâmico de interação, muitas vezes denominada “ação-entre”, que se desenrola entre os membros de uma comunidade.

Nesse processo, ocorre a troca constante de informações, habilidades, conhecimentos e comportamentos, contribuindo para a formação e evolução do conhecimento coletivo. A interação ocorre entre os indivíduos, não apenas entre partes, conteúdos ou dispositivos. No contexto da TCS, a aprendizagem é concebida como uma dinâmica emergente das relações interpessoais, onde se valoriza a experiência acumulada como um elemento que potencializa as trocas e interações entre educadores e aprendizes (Moser; Schneider; Medeiros, 2013).

Essa experiência também é vista como geradora de desafios e descontinuidades, proporcionando oportunidades contínuas de renegociar significados. Consequentemente, na perspectiva da TCS, a aprendizagem está profundamente enraizada na experiência e nas conexões sociais. O aprendizado pode ser descrito como um processo de realinhamento de experiências e competências, em que um indivíduo “puxa” o outro, facilitando o crescimento e o desenvolvimento mútuos (Wenger, 2008).

Para Moser, Schneider e Medeiros (2013):

[...] as identidades de seus membros estão em um processo de constante transformação, construção e reconstrução, pois as relações sociais existentes entre seus membros, criam espaços para o conhecimento existente e para o novo conhecimento, ligando o passado, o presente e o futuro, tanto individual, quanto coletivo (Moser; Schneider; Medeiros, 2013, p. 8).

Nesse contexto, essa dinâmica é essencial para o desenvolvimento e a evolução da comunidade, uma vez que permite que os membros se adaptem a novos desafios e oportunidades à medida que surgem. Além disso, fortalece o sentimento de pertencimento, à medida que os membros se veem como partes ativas da comunidade, contribuindo para a construção coletiva do conhecimento.

Na visão de Moser, Schneider e Medeiros (2013) na Educação a Distância (EAD), a utilização de Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem (AVA) desempenha papel crucial, não apenas na disponibilização de materiais e atividades de ensino, mas também na promoção da interação entre os participantes de uma disciplina ou curso.

Esses participantes são indivíduos reais, cada um com seus próprios objetivos e interesses comuns, envolvidos em um contexto educacional no qual as relações são construídas com base na cooperação e colaboração. A aprendizagem desempenha papel transformador, moldando identidades pessoais e narrativas de desenvolvimento (o processo de “tornar-se” o que somos). Isso ocorre dentro do contexto de uma comunidade, onde a aprendizagem é mediada pelas experiências situadas dos membros que fazem parte desse grupo social. No contexto acadêmico, esse grupo social é formado na instituição de ensino (Moser; Schneider; Medeiros, 2013).

Assim, a aprendizagem não é apenas um processo individual, é também um processo social que ocorre em comunidades educacionais, onde os participantes compartilham experiências, conhecimento e colaboram para atingir objetivos comuns. A aprendizagem é intrinsecamente ligada à identidade e à construção coletiva do conhecimento dentro de uma comunidade educacional.

Em termos gerais, a TCS avalia a aprendizagem com base na história do grupo ao qual o indivíduo pertence e em suas interações com o ambiente social. Dentro do contexto da cognição situada, o conhecimento vai além do mero processamento de informações provenientes do mundo exterior, um conceito inicialmente defendido pelos primeiros estudiosos da cognição. O ser humano, enquanto aprendiz, não é um observador passivo de sua realidade, mas sim um agente ativo em seu próprio processo de aprendizagem, moldando sua realidade por meio de ações realizadas em grupo e para o grupo (Moser; Schneider; Medeiros, 2013).

Quando em interação social, cada aprendiz contribui para a construção de seu ambiente e valores por meio de interações contínuas com o ambiente e com outros indivíduos que compartilham seu espaço de vida.

Os seres humanos são, de forma intrínseca, individuais e sociais, de maneira indissociável, o que possibilita a compreensão dos fenômenos de informação como processos sociais e cognitivos (Venâncio, 2007; Moser; Schneider; Medeiros, 2013).

A autora Venâncio (2007) avança ao apontar as limitações das abordagens cognitivistas, que enfatizam a natureza individual das estruturas cognitivas dos sujeitos. Para a autora, essas limitações tendem a isolar os indivíduos das relações sociais e dos contextos de ação em que estão inseridos.

Reflexões mais recentes no campo da linguagem, emoção, cognição e biologia respaldam a necessidade de considerar os seres humanos em sua totalidade, incluindo sua história, trajetória de vida pessoal e profissional, e reconhecendo o ser humano como um ser social que interage com outros sujeitos. Dentro do contexto da TCS, a aprendizagem é considerada situada quando combina uma série de elementos, “como atividades, compartilhamentos, relacionamentos, cooperação, dialética, interação, negociação, observação, aperfeiçoamento, significado e criatividade” (Moser; Schneider; Medeiros, 2013, p. 10).

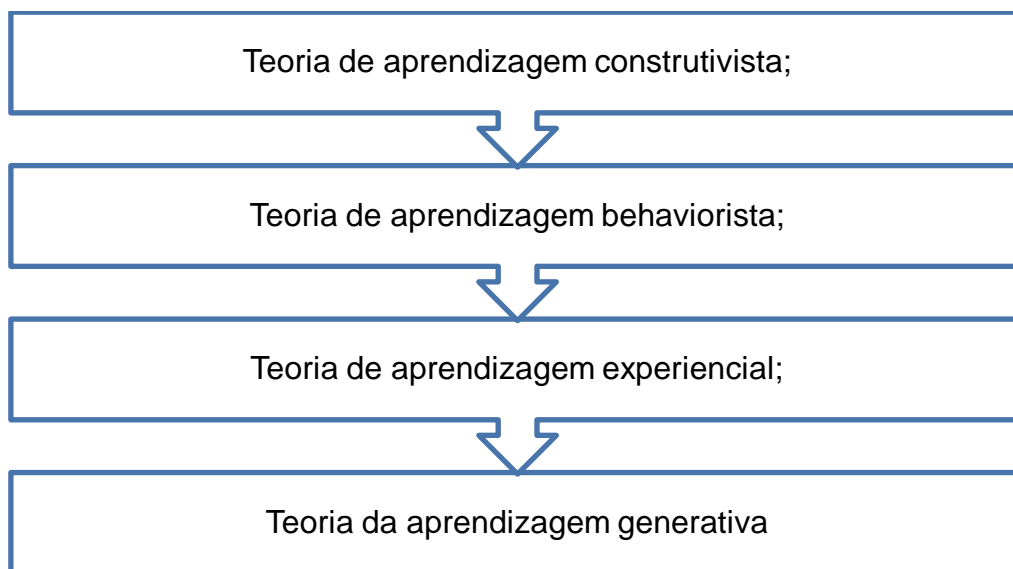
Esses elementos são vistos como ações que caracterizam o contexto situado da aprendizagem, pois combinam os verbos “saber” e “fazer” nas práticas dos aprendizes. A cognição situada vai além do simples aprendizado por tentativa e erro, da prática cotidiana ou da observação de situações reais conduzidas por indivíduos mais experientes (Venâncio, 2007; Rodrigues, 2010; Moser; Schneider; Medeiros, 2013).

5.3 Aplicações da Realidade Virtual (RV) Imersiva no Ensino

A RV imersiva tem revolucionado o campo da educação, oferecendo uma variedade de aplicações que transformam a forma como os alunos aprendem e interagem com o conteúdo. Essa tecnologia proporciona ambientes virtuais tridimensionais que podem ser explorados de maneira imersiva, permitindo uma aprendizagem ainda mais envolvente e eficaz.

Conforme destaca Radianti *et al.*, (2020), há quatro teorias da aprendizagem envolvidas com o uso de RV imersiva em ensino, sendo elas ilustradas no fluxograma 1:

Fluxograma 1 – Teorias da aprendizagem relacionadas com o uso de RV imersiva em ensino



Fonte: Adaptado de Radianti *et al.*, (2020).

Na teoria de aprendizagem construtivista o aprendente é ativo no seu próprio processo de desenvolvimento, que acontece de dentro para fora, a partir da interação com o mundo e das experiências vivenciadas, que possibilitam a construção e reconstrução das estruturas cognitivas e comportamentais.

Na teoria de aprendizagem behaviorista, os aprendentes podem ser condicionados através de reforços e punições de forma a fortalecer ou desestimular determinados comportamentos. A teoria de aprendizagem experiencial originalmente hipotetizou a existência de quatro estágios de aprendizagem: I) experiência concreta; II) observação e reflexão; III) formação de conceitos abstratos e generalizações e, IV) teste de novas situações.

A teoria da aprendizagem generativa parte do pressuposto de que a aprendizagem e a memória são construídas, e que aprender para compreender envolve construir estruturas de conhecimento significativas que podem ser aplicadas a novas situações, sendo agrupada dentro do modelo de aprendizagem cognitivista (Guerra *et al.*, 2021). A disposição do conteúdo por meio da RV imersiva pode elicitar respostas cognitivas e afetivas nos usuários. Os principais tópicos de conteúdos utilizados em pesquisas de RV imersiva são:

- a) aprendizagem e treinamento;
- b) psicoterapia;
- c) jornadas virtuais e passeios e,
- d) jogos.

Em muitos trabalhos ocorre estímulo para interações sociais e trabalho colaborativo, no sentido de gerar um sentimento de conectividade e pertencimento ao usuário. Quando a RV imersiva é utilizada para aprendizagem e treinamento procura-se escalonar as atividades de aprendizagem de acordo com seu grau de dificuldade, de forma a gerar um sentimento de auto progresso no aprendente.

As aplicações da RV em psicoterapia contribuíram na redução de estresse, dor e ansiedade. As aplicações de RV em jornadas virtuais e passeios possibilitam a criação de estórias e imagens mentais dentro dos ambientes explorados. Por fim, as aplicações de RV para jogos usam conceitos de gameificação para criar ambientes divertidos para os jogadores.

As possibilidades acima geram reações afetivas nos usuários da RV imersiva tais como as sensações de satisfação, diversão, prazer e excitação. Por outro lado, as sensações de ansiedade, depressão, medo e raiva também podem ser observadas em ambientes imersivos com elevada característica de ilusão (Suh; Prophet, 2018).

Portanto, os ambientes fortemente imersivos também podem causar reações negativas em seus usuários como enjoos (principalmente com o uso de HMD's), desconforto físico (quando o usuário é obrigado a ficar em uma posição desconfortável), sobrecarga cognitiva (em ambientes virtuais mal planejados), e distração (em ambientes virtuais muito ricos de informação) (Guerra *et al.*, 2021).

No próximo capítulo, é detalhada a metodologia DSR, que oferece uma abordagem estruturada para desenvolver e implementar soluções inovadoras em ambientes educacionais imersivos. A relação entre os capítulos 5 e 6 se dá na aplicação prática dos conceitos teóricos discutidos no capítulo 5, através da DSR no capítulo 6. Assim, o capítulo 6 aplica a metodologia DSR para operacionalizar as teorias de aprendizagem exploradas no capítulo 5, criando ambientes de realidade estendida que são ao mesmo tempo cognitivamente acessíveis e educativamente eficazes.

6 A EXECUÇÃO DAS ETAPAS DA DESIGN SCIENCE RESEARCH (DSR)

Nesta pesquisa, o problema identificado é a falta de cenários imersivos para atuar no ensino e aprendizagem de disciplinas STEM para cursos de computação na educação superior à distância. O objetivo da solução é elaborar um *framework* que sirva de base para nortear a criação desses cenários, utilizando as tecnologias de realidade estendida e imersiva.

Este *framework* contempla as 4 etapas da Abordagem científica abdução da DSR (1. Proposição de artefatos, 2. O Projeto, 3. O Desenvolvimento e 4. A Avaliação do Artefato), a seguir apresentadas, e os 8 (oito) itens do *framework* que serão apresentadas em detalhes, a partir do próximo capítulo:

1. Proposição de artefatos para resolver o problema específico, apresentada nos seguintes itens do *framework*:

- 1) Definição da proposta de imersão
- 2) Definição do problema para aprendizagem

2. O Projeto, apresentado nos seguintes itens do *framework*:

- 3) Identificação dos objetivos de aprendizagem (Taxonomia de Bloom)
- 4) Identificação dos recursos

3. O Desenvolvimento, apresentado nos seguintes itens do *framework*:

- 5) Elaboração da vivência de imersão
- 6) Experimentação da vivência de imersão

4. A Avaliação do Artefato, seguintes itens do *framework*:

- 6) Experimentação da vivência de imersão
- 7) Proposta de avaliação da aprendizagem da vivência de imersão
- 8) Reflexão e retroação

6.1 Produto da Tese: Framework para Elaboração de Experiências de Imersão como Ferramenta para Aprendizagem em Ciência da Computação

O *framework* proposto serve para orientar a criação de cenários imersivos que possam ser usados no ensino e aprendizagem de disciplinas STEM para cursos de computação na educação superior à distância, e é um conjunto de etapas que permitem planejar uma proposta pedagógica com realidade imersiva na área da computação, baseada na metodologia da *Design Science Research*.

O *framework* é dinâmico, flexível e iterativo, uma concepção em construção, passível de alterações e atualizações, conforme as demandas, as necessidades e os resultados obtidos em cada ciclo da DSR.

O *framework* é também retroativo, permitindo revisar e modificar as etapas anteriores a partir das evidências coletadas nas etapas posteriores.

A seguir, as 8 (oito) etapas do *framework* proposto são ilustradas na figura 32 e descritas individualmente, onde, a cada etapa, após o título é apresentado o *Kernel*, que significa o conceito central da etapa:

Figura 32 – Framework para Elaboração de Experiências de Imersão



Figura 32: Dados do Autor (2024).

1) Definição da proposta de imersão

Kernel: “Antecipar a execução de uma atividade profissional”

Ensino e aprendizagem das disciplinas de Redes de Computadores e de Sistemas Operacionais, utilizando as tecnologias de Realidade Estendida Imersiva em conjunto com o Cisco Packet Tracer para cursos de Ciência da Computação na modalidade EaD.

Classes para propor uma experiência de imersão em CC:

- **Simulação:** Utilizar o ambiente virtual do Cisco Packet Tracer para reproduzir uma situação real ou fictícia, na qual o estudante possa interagir por meio dos dispositivos de Immersive XR, e aprender por meio da experimentação, Exemplo: Simular um sistema operacional Linux ou uma rede de computadores dentro do Cisco Packet Tracer, interagindo com elementos via dispositivos de RV.
- **Modelagem:** Representar um fenômeno ou um problema de situação reais (cotidianas) das disciplinas no Cisco Packet Tracer, que possam ser manipuladas e testadas. Exemplo: Modelar um algoritmo *script* de configuração.
- **Programação:** Escrever um conjunto de instruções que possam ser executadas por um computador ou outro dispositivo, para realizar uma tarefa específica. Exemplo: Programar um *script* de configuração de S.O. ou um jogo.
- **Depuração (Debug):** Identificar e corrigir erros ou falhas em um programa ou sistema, usando ferramentas ou técnicas adequadas. Exemplo: Depurar um código-fonte ou as configurações dos equipamentos de conexão.

2) Definição do problema para aprendizagem

Kernel: “O que o estudante deverá aprender com a experiência de imersão”

O problema para aprendizagem é a questão central que motiva e orienta a experiência de imersão, e que deve ser relevante, desafiadora e significativa para o estudante. O problema deve estar relacionado aos conteúdos e competências da área de Ciência da Computação, e deve estimular o pensamento crítico, criativo e colaborativo do estudante.

Aprimorando o aprendizado da solução de problemas utilizando as ferramentas de Imersão para o acesso a plataforma LMS da Cisco.

3) Identificação dos objetivos de aprendizagem (Taxonomia de Bloom)

Kernel: “Detalhamento do que o estudante deverá aprender com a experiência de imersão”.

Os objetivos de aprendizagem são as metas específicas e mensuráveis que o estudante deve alcançar ao final da experiência de imersão, e que devem estar alinhados ao problema e à proposta de imersão.

Os objetivos devem abranger diferentes níveis cognitivos, conforme a taxonomia de Bloom:

- Identificar e descrever a execução das tarefas para conexão de redes e configurações dos sistemas operacionais.
 - Entender como realizar as tarefas indicadas nos estudos
 - Aplicar as técnicas definidas nas teorias e práticas.
 - Analisar: Comparar, organizar, destrinchar, atribuir.
 - Checar a funcionalidade a avaliar os critérios de Desempenho e Segurança das redes locais e dos sistemas operacionais.
 - Planejar as redes de computadores e os sistemas operacionais baseados nas práticas estudadas com o auxílio das ferramentas de Immersive XR.

4) Identificação dos recursos:

Kernel: “Quais os recursos necessários (disponíveis) para implementar a proposta de imersão”

Os recursos são os elementos que podem ser usados para implementar a proposta de imersão, e que devem ser adequados ao problema, aos objetivos e ao público-alvo da experiência. Os recursos podem ser de diferentes tipos, como:

- Hardware de RV: São os dispositivos físicos que permitem a criação e a visualização de ambientes virtuais, como óculos, capacetes, luvas, controles, sensores, etc. Equipamentos utilizados: Ray-Ban Meta, Meta quest Pro.

- Software de RV: São os programas ou aplicativos que permitem a criação e a interação com ambientes virtuais, como plataformas, engines, bibliotecas, etc. Utilizados: Virbela, Microsoft Copilot.

- Conectividade: É a capacidade de estabelecer comunicação entre diferentes dispositivos ou sistemas, por meio de redes sem fio ou cabeadas. Nesta etapa foram utilizadas: Wi-Fi 6 (802.11 ax) e Mobile 5G

- Servidor de Aplicação: É o sistema que hospeda e gerencia o software de RV, permitindo o acesso e a execução remota do aplicativo. Aqui o Virbela

- Ambiente de Imersão: É o espaço físico ou virtual onde ocorre a experiência de imersão, e que deve ser preparado e adaptado para garantir a segurança, o conforto e a imersão dos participantes. O utilizado é o Virbela.

- Engine: É o software que permite a criação e a edição de ambientes virtuais, oferecendo recursos gráficos, físicos, sonoros, etc. As utilizadas são Unity e Unreal.

5) Elaboração da vivência de imersão

Kernel: “Planejamento da experiência de imersão”

A vivência de imersão é o conjunto de atividades e interações que ocorrem durante a experiência de imersão, e que devem ser planejadas e organizadas para atender aos objetivos de aprendizagem e ao problema proposto. A vivência deve considerar os seguintes aspectos:

- Tipo de Imersão: RV, RA, MR: É o grau de envolvimento e de realismo que a experiência proporciona ao participante, podendo ser classificado em realidade virtual (RV), realidade aumentada (RA), realidade mista (MR), etc.

- Fases da vivência e articulação entre elas: São as etapas ou momentos que compõem a experiência de imersão, e que devem ter uma sequência lógica e coerente entre si. As fases podem variar conforme o tipo de imersão e o problema proposto, mas geralmente incluem:

- Introdução: Apresentação do problema, dos objetivos, dos recursos e das regras da experiência.
- Desenvolvimento: Realização das atividades práticas e teóricas relacionadas ao problema e aos objetivos.
- Conclusão: Avaliação dos resultados obtidos, dos aprendizados adquiridos e das dificuldades enfrentadas.

- Estratégias de aprendizagem a adotar: São os métodos ou abordagens pedagógicas que orientam o processo de ensino-aprendizagem durante a experiência de imersão, e que devem estar alinhados ao tipo de imersão e ao perfil dos participantes. As estratégias podem ser de diferentes tipos, como:

- a. **Aprendizado Dirigido:** O sistema guia o aluno passo a passo através do material, muitas vezes seguindo uma sequência predeterminada de tópicos ou habilidades.

- b. **Exploração ou Descoberta Guiada:** O aluno tem mais liberdade para explorar o conteúdo e o ambiente virtual, mas recebe orientações ou feedbacks do sistema ou do professor.

- c. **Resolução de Problemas:** Os alunos são apresentados a problemas e desafios específicos e são incentivados a buscar soluções, enquanto o sistema fornece feedback e orientação. Essa estratégia estimula o pensamento crítico, a criatividade e a autonomia dos alunos, além de prepará-los para situações reais que possam enfrentar no futuro.

d. **Ensino Baseado em Casos:** Semelhante à resolução de problemas, mas com foco em estudos de caso reais ou hipotéticos que requerem análise e tomada de decisão. Essa estratégia promove o aprendizado significativo, contextualizado e interdisciplinar, além de desenvolver habilidades como raciocínio lógico, argumentação e colaboração.

e. **Aprendizado Colaborativo:** O sistema facilita a interação entre os alunos, permitindo que trabalhem juntos em tarefas ou discussões, mesmo que virtualmente. Essa estratégia favorece o desenvolvimento socioemocional, a troca de conhecimentos e experiências, a construção coletiva do saber e o senso de comunidade.

f. **Scaffolding** (Andaime): O sistema fornece apoio estruturado no início, que é gradualmente removido à medida que o aluno se torna mais competente, incentivando a independência. Essa estratégia respeita o ritmo e o nível de cada aluno, oferecendo suporte diferenciado e personalizado.

g. **Modelagem:** O sistema demonstra ou simula um processo, habilidade ou conceito, permitindo que os alunos observem antes de praticar por si mesmos. Essa estratégia facilita a compreensão e a memorização dos conteúdos, além de servir como um modelo para os alunos seguirem.

h. **Reforço:** O sistema utiliza técnicas de reforço positivo e negativo para incentivar comportamentos e respostas desejadas. Essa estratégia motiva os alunos a persistirem nos seus objetivos, a superarem suas dificuldades e a melhorarem seu desempenho.

i. **Adaptação ao Estilo de Aprendizagem:** O sistema identifica o estilo de aprendizagem preferido do aluno (visual, auditivo, cinestésico, etc.) e adapta o conteúdo e as atividades de acordo. Essa estratégia atende à diversidade dos alunos, respeitando suas preferências e necessidades individuais.

j. **Avaliação Formativa:** O sistema avalia continuamente o progresso do aluno, adaptando-se às suas necessidades e fornecendo feedback em tempo real. Essa estratégia permite o acompanhamento constante do processo de ensino-aprendizagem, identificando as dificuldades e os avanços dos alunos, bem como as possíveis intervenções pedagógicas.

l. **Auto-regulação:** O sistema incentiva os alunos a definir metas, monitorar seu próprio progresso e refletir sobre suas estratégias de aprendizagem. Oferece feedback contínuo e personalizado, de acordo com seus objetivos, desempenho

e preferências. Também os orienta na escolha das melhores formas de estudar, revisar e aplicar o conteúdo aprendido, de acordo com seu perfil e necessidades.

- **Nível de direcionamento/condução:** O sistema permite que os alunos tenham diferentes graus de autonomia e controle sobre sua experiência de imersão. O sistema pode ser mais diretivo, indicando os passos a seguir, as atividades a realizar e os recursos a utilizar, ou mais flexível, permitindo que os alunos explorem livremente o ambiente, interajam com os elementos e criem seus próprios caminhos de aprendizagem.

- **Uso de NPC/IA/Tecnologia Generativa:** O sistema utiliza personagens não jogáveis (NPC), inteligência artificial (IA) e tecnologia generativa para criar cenários realistas, dinâmicos e interativos para os alunos. Os NPC podem atuar como tutores, colegas, adversários ou personagens secundários, que oferecem informações, desafios, apoio ou distrações aos alunos. A IA pode adaptar o nível de dificuldade, o conteúdo e o feedback do sistema aos alunos, de acordo com seus dados e comportamentos. A tecnologia generativa pode gerar novos elementos, situações e narrativas para os alunos, de acordo com seus interesses e objetivos.

- **Tempo da experiência:** O sistema permite que os alunos ajustem o tempo de sua experiência de imersão, de acordo com sua disponibilidade e ritmo de aprendizagem. O sistema pode oferecer experiências mais curtas ou mais longas, mais intensas ou mais relaxadas, mais frequentes ou mais esporádicas, dependendo da preferência dos alunos.

- **Conceitos chave do conteúdo para trabalhar na vivência:** O sistema define os conceitos chave do conteúdo que os alunos devem aprender e aplicar na vivência de imersão. Apresenta esses conceitos de forma clara, contextualizada e significativa para os alunos, utilizando diferentes recursos multimídia, como textos, imagens, vídeos, áudios, etc. O sistema também avalia a compreensão e a retenção desses conceitos pelos alunos, através de diferentes tipos de atividades, como testes, exercícios, jogos, simulações, etc.

6) Experimentação da vivência de imersão

Kernel: “A vivência de imersão acontecendo”.

A vivência de imersão acontece quando os alunos entram no ambiente virtual criado pelo sistema e interagem com os elementos presentes nele.

Tem como objetivo proporcionar aos alunos uma experiência de aprendizagem envolvente, motivadora e eficaz, que estimule seus sentidos, emoções e cognição. A vivência de imersão também visa desenvolver nos alunos habilidades como criatividade, colaboração, comunicação, pensamento crítico e resolução de problemas.

- Observadores e Formas de registro (Log)

7) Proposta de avaliação da aprendizagem da vivência de imersão

Kernel: “Como será avaliada a aprendizagem a partir da experiência de imersão do estudante”

A avaliação da aprendizagem a partir da experiência de imersão do estudante é realizada pelo sistema durante e após a vivência.

A avaliação é composta por três modalidades:

- **Diagnóstica:** tem como objetivo identificar o nível inicial de conhecimento dos alunos sobre o conteúdo trabalhado na vivência, bem como suas expectativas e dificuldades. A avaliação diagnóstica é feita antes da vivência de imersão, através de questionários ou entrevistas.

- **Formativa:** tem como objetivo acompanhar o processo de aprendizagem dos alunos durante a vivência de imersão, verificando seu desempenho, progresso e feedback. A avaliação formativa é feita durante a vivência de imersão, através de observação direta ou indireta dos alunos pelo sistema ou por outros agentes (professores, colegas, etc.).

- **Somativa:** tem como objetivo medir o resultado final da aprendizagem dos alunos após a vivência de imersão, comparando-o com o nível inicial e com os objetivos propostos. A avaliação somativa é feita após a vivência de imersão, através de provas, projetos, portfólios ou apresentações.

8) Reflexão e retroação

Kernel: “Quais os pontos positivos e negativos constatados com a experiência de imersão e o que pode ser melhorado”

A reflexão e a retroação são etapas fundamentais para o aprimoramento da experiência de imersão e da aprendizagem dos alunos. A reflexão consiste em analisar criticamente os pontos positivos e negativos da vivência de imersão, tanto do ponto de vista do sistema quanto dos alunos.

A retroação consiste em utilizar os resultados da reflexão para propor melhorias e ajustes na vivência de imersão, tanto no aspecto técnico quanto pedagógico. A reflexão e a retroação podem ser realizadas individualmente ou coletivamente, com a participação do sistema, dos alunos, dos professores e de outros envolvidos no processo.

6.2 Avaliação do Artefato – Análise dos resultados dos testes

Este estudo investigou e explorou a influência da Realidade Estendida Imersiva no ensino de disciplinas STEM na modalidade EaD, com foco na utilização do dispositivo Meta Quest Pro. Os resultados, obtidos a partir de um grupo focal de especialistas, revelam uma visão otimista sobre o potencial desta tecnologia para melhorar o ensino superior EaD.

A autora Dias (2000) fundamenta que “grupo focal” é considerado um grupo de pessoas que se reúne a fim de identificar conceitos ou problemas; é uma ferramenta baseada em técnicas qualitativas, comumente utilizada a fim de aprofundar o conhecimento de determinadas necessidades de usuários ou clientes, identificando percepções e ideias dos participantes referentes a um dado contexto, produto, assunto ou atividade. Os objetivos variam de acordo com a abordagem da pesquisa, podendo ser associados métodos quantitativos.

Segundo Lervolino e Pelicioni (2001), o grupo focal é composto por seis a dez participantes, selecionados por apresentar características em comum à pesquisa, cabendo ao moderador do grupo criar o ambiente propício para que as visões e opiniões dadas ao contexto venham à tona.

A pergunta 2 buscou entender o nível de experiência dos participantes no ensino de disciplinas STEM na modalidade à distância (EaD).

Como levantado em Bookhamer (2022), é destacada a utilização das tecnologias de *Augmented Reality* (Realidade Aumentada) no ensino de disciplinas STEM, e o desenvolvimento da pesquisa aponta para importantes questões, em especial, para o problema da prática deste estudo de pesquisa, que se concentra nas pedagogias instrucionais existentes no ensino fundamental, que têm uma escassez de tecnologias integradas para apoiar e engajar os alunos na aprendizagem baseada em STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática).

Bookhamer (2022) assinalou também que os educadores discutiram o trabalho de preparação que precisava ser realizado antes que os alunos pudessem usar os aplicativos de forma eficaz. O tempo necessário para ensinar os alunos a usarem efetivamente os aplicativos antes da execução deste estudo provou ser eventualmente complicado. Educadores também indicaram que os alunos que têm que realizar pesquisas ao mesmo tempo em que usavam os aplicativos no mesmo dispositivo, tornaram-se difíceis.

Para aprofundar a compreensão dos desafios identificados por Bookhamer (2022), foi organizado um grupo focal composto por um painel de especialistas. A convocação para este grupo focal foi realizada de maneira meticulosa e personalizada, com cada participante sendo abordado individualmente para garantir uma comunicação clara e eficiente.

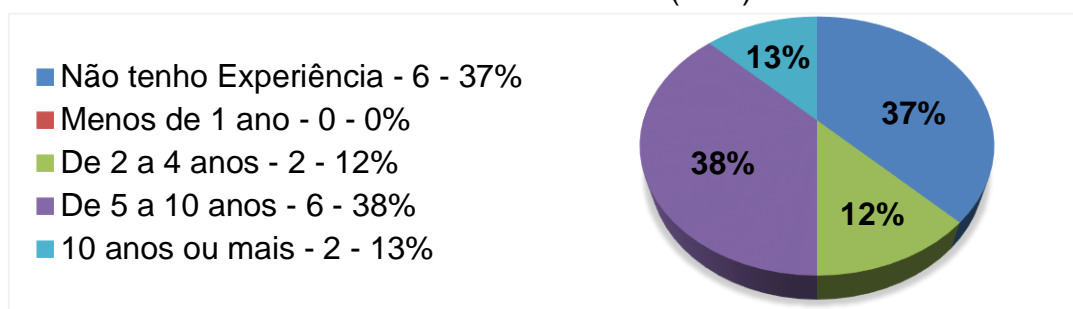
Os participantes, em sua maioria, são docentes do Ensino Superior, especificamente do curso de Ciência da Computação, e atuam predominantemente na modalidade de Educação à Distância (EaD). Esta composição do grupo focal reflete a importância e a prevalência crescente deste modo de ensino na atual era digital.

Antes de responder ao questionário, os participantes foram convidados a se familiarizar com o projeto de pesquisa. Este processo incluiu a revisão dos trabalhos descritos na tese e, de forma crucial, a experimentação prática dos sistemas, dispositivos e ambientes virtuais imersivos que são o foco do estudo. Esta etapa permitiu que os participantes adquirissem uma compreensão prática e em primeira mão dos tópicos em discussão.

O grupo focal foi realizado convidando todos os participantes a visitar os laboratórios da Uninter, onde os testes foram realizados. Este ambiente controlado e bem equipado facilitou uma discussão efetiva e a experimentação dos sistemas, dispositivos e ambientes virtuais imersivos.

Em conformidade aos resultados apresentados por Bookhamer (2022), a maioria dos participantes do grupo focal – painel de especialistas desse estudo (38% - 6 de 16) tem entre 5 a 10 anos de experiência, e notavelmente, é importante notar que o mesmo número (6 de 16, 38%) dos participantes indicaram que não têm experiência no ensino de disciplinas STEM na modalidade EaD, seguido por 2 participantes (12%) com 2 a 4 anos de experiência e outros 2 participantes (12%) com 10 anos ou mais de experiência.

Gráfico 1 - Qual seu tempo de experiência no Ensino de disciplinas STEM na modalidade à Distância (EaD)?



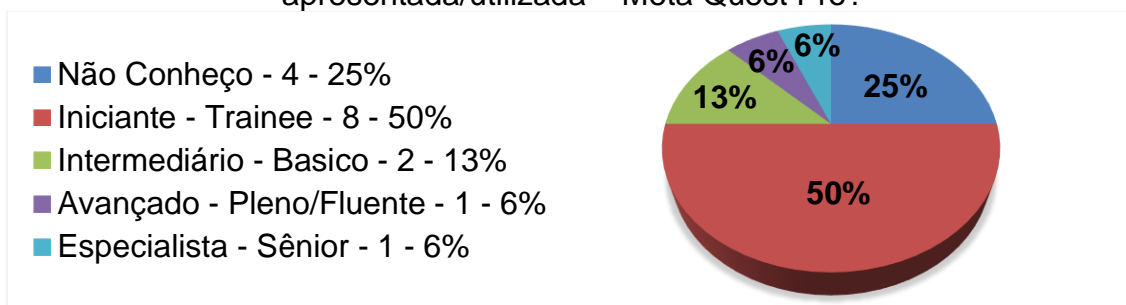
Fonte: dados da pesquisa (2024).

A pergunta 3 buscou entender o nível de proficiência dos participantes com a tecnologia Meta Quest Pro. A maioria dos participantes (8 de 16, 50%) se identificou como iniciante. Quatro participantes (25%) indicaram que não conhecem a tecnologia. Dois participantes (13%) indicaram nível intermediário básico e apenas um participante se identificou como avançado e especialista, indicando a necessidade de treinamento e familiarização com a tecnologia para maximizar seu potencial no ensino.

Como afirmou Rosa (2013), também há o entrave dos professores sobre como utilizar determinado recurso tecnológico, por isso que é fundamental a inclusão de aparelhos tecnológicos em sala de aula, pois é uma forma dos professores experimentarem outros sentidos e significados de uma prática docente, de incluir as ferramentas tecnológicas correlacionadas com o que está sendo trabalhado em sala de aula (Rosa, 2013).

Nesse sentido, é válido ressaltar a necessidade de maior preparação, treinamento do corpo docente no uso das ferramentas que lhes permitirá criar novos conteúdos e do tempo que a sua criação implica.

Gráfico 2 - Qual é o seu nível de proficiência (conhecimento) dessa tecnologia apresentada/utilizada – Meta Quest Pro?



Fonte: dados da pesquisa (2024).

Na pergunta 4, os participantes avaliaram o quanto o dispositivo Meta Quest Pro poderia melhorar as aulas do Ensino Superior (EaD). 6 participantes (37%) acreditam que o dispositivo melhora muito as aulas, enquanto a maioria dos participantes (7 de 16, 44%) acreditam que o dispositivo melhora razoavelmente as aulas. Dois participantes (13%) têm uma opinião neutra e apenas um participante (6%) acredita que o dispositivo não melhora as aulas. Nenhum participante acredita que o dispositivo piora as aulas.

Como apresentado no capítulo 3.9, ao associarmos os recursos online ao ensino presencial, é possível constituir uma nova forma de entrega de conteúdo chamada de ensino híbrido. Segundo Horn e Staker (2015), o ensino híbrido apresenta três características básicas:

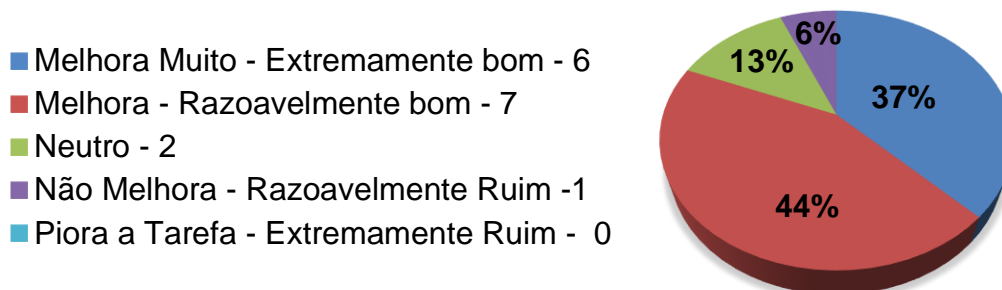
a) É qualquer programa educacional formal em que um aluno aprende, pelo menos em parte, por meio do ensino online, com algum elemento de controle do estudante sobre o tempo, o lugar, o caminho e/ou o ritmo;

b) O aluno aprende, pelo menos em parte, em um local físico supervisionado, ou seja, longe de casa; e

c) As modalidades (presencial e online), ao longo do caminho de aprendizagem de cada aluno, estão conectadas para fornecer uma experiência de aprendizagem integrada.

Desta forma, o ensino híbrido forma um continuum entre os extremos presencial e online. Tudo no meio, exceto os extremos, seria o ensino híbrido.

Gráfico 3 - O quanto este dispositivo (Meta Quest Pro) lhe proporcionaria melhoria nas Aulas do Ensino Superior EaD?



Fonte: dados da pesquisa (2024).

Na pergunta 5, os participantes justificaram suas respostas para a pergunta 4. As respostas variaram bastante, mas alguns temas comuns emergiram.

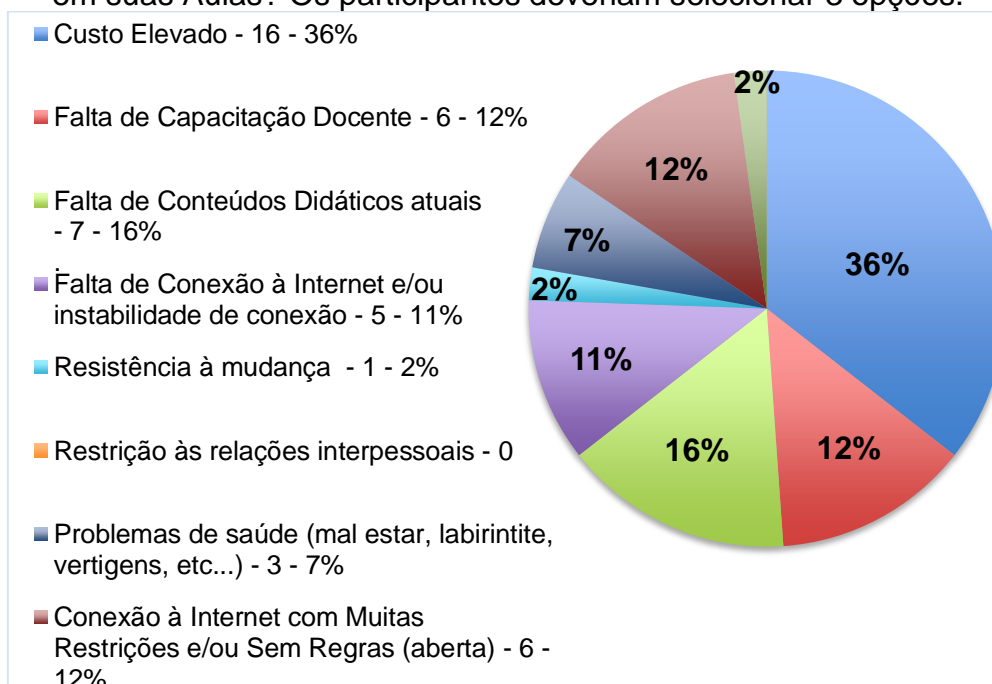
Muitos participantes acreditam que a imersão proporcionada pelo Meta Quest Pro tornaria o aprendizado mais atraente e motivador para os alunos. Alguns participantes mencionaram que o dispositivo poderia ser útil para atividades práticas que utilizam simuladores. No entanto, alguns participantes expressaram preocupações sobre a acessibilidade da tecnologia e a necessidade de uma boa conexão à internet.

Na pergunta 6, os participantes do estudo identificaram uma série de desafios associados à utilização de dispositivos de realidade aumentada (RA) em suas aulas. O custo elevado do dispositivo foi o desafio mais citado, mencionado por todos os 16 participantes (100%). Além disso, a falta de conteúdos didáticos atuais e a conexão à internet com muitas restrições também foram apontados por vários participantes como barreiras significativas à adoção dessa tecnologia no contexto educacional.

Como apresentado por Dal Forno *et al.*, (2021) no capítulo 3.8:

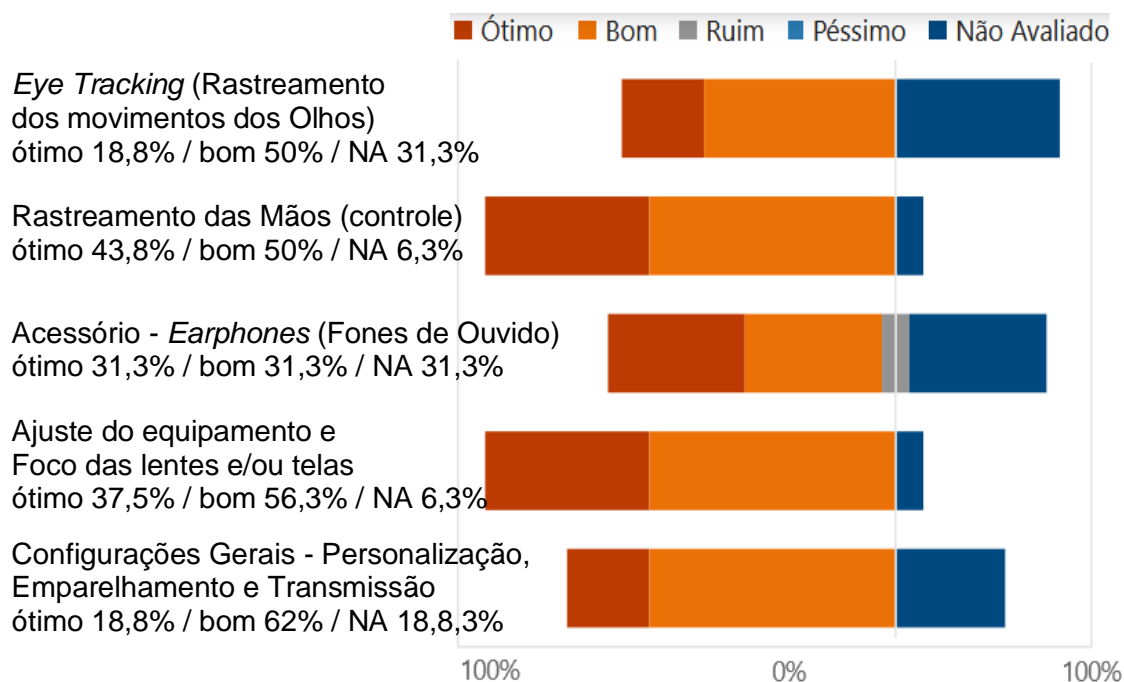
Embora estes sistemas estejam atualmente numa fase inicial, no futuro, o uso da tecnologia de realidade aumentada no ambiente industrial será muito mais amplo. Por ser uma tecnologia nova, o custo da implementação da realidade aumentada ainda é muito alto, fazendo alguns gestores questionarem sua necessidade (Dal Forno *et al.*, 2021, p. 8-9).

Gráfico 4 - Quais os desafios que você visualiza na utilização desse dispositivo em suas Aulas? Os participantes deveriam selecionar 3 opções.



Fonte: dados da pesquisa (2024).

Gráfico 5 - Classifique as características e funcionalidades do dispositivo (Meta Quest Pro) apresentadas / utilizadas.



Fonte: dados da pesquisa (2024).

Na pergunta 9, os participantes estimaram quando a tecnologia apresentada será utilizada no cotidiano.

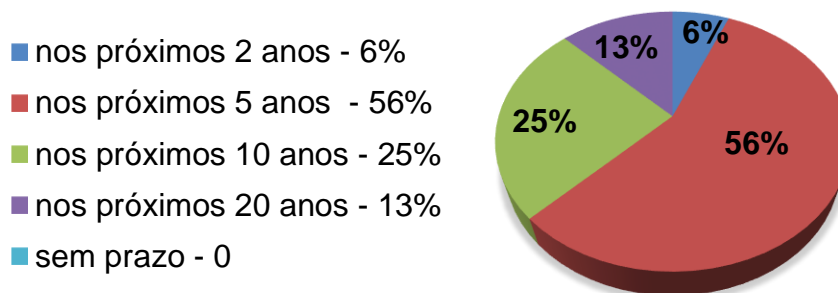
A maioria dos participantes (9 de 16, 56%) acredita que a tecnologia será utilizada nos próximos 5 anos. Outros 4 - 25% acreditam que será utilizado/implantado nos próximos 10 anos, 2 - 13% nos próximos 20 anos e somente 1 - 6% acredita que será nos próximos 2 anos.

Baceviciute (2020) apresenta em sua tese e enfatiza, desde o início de sua produção, a escassez de trabalhos científicos e pesquisas de qualidade no novo modelo proposto, utilizando as tecnologias relacionadas nas *keywords* pesquisadas. Em apenas alguns anos, o número de artigos que discutem esse tema tem aumentado exponencialmente, e alguns até começaram a propor VR para ser o meio final de aprendizagem. No entanto, a escassez de rigorosas avaliações empíricas, bem como evidências iniciais conflitantes, sugere que ainda sabemos muito pouco sobre como aprender em VR.

O estudo sugere um convite para que educadores, designers instrucionais e produtores de conteúdo educacional de VR sejam mais críticos, reflexivos e mais conscientes no desenvolvimento de tecnologias futuras para a aprendizagem.

Ao mesmo tempo, incentiva empresas de desenvolvimento de tecnologia, instituições e governos a investir em iniciativas de pesquisa estratégica e de design baseadas em evidências que ajudariam a desenvolver ferramentas de VR para o aprendizado verdadeiramente revolucionárias.

Gráfico 6 - Em quanto tempo você acredita que essa tecnologia apresentada será utilizada no cotidiano?



Fonte: dados da pesquisa (2024).

As perguntas 10 a 13 pediram aos participantes que avaliassem vários aspectos do dispositivo em uma escala de 1 a 10.

Em geral, as avaliações foram positivas. A maioria dos participantes avaliou o potencial de influência da Realidade Estendida Imersiva no Ensino e Aprendizagem com nota máxima - 10 (10 de 16, 63%).

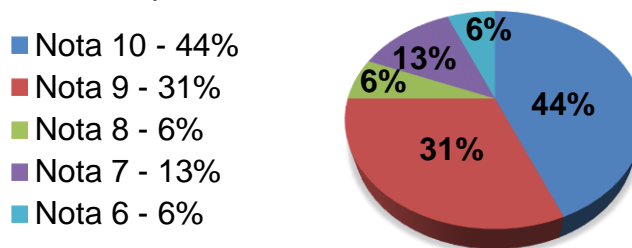
Na pergunta 10, os participantes avaliaram os Ambientes Virtuais de Aprendizagem apresentados/utilizados, numa escala de 1 a 10.

A maioria dos participantes (7 de 16, 44%) avaliaram com nota máxima – 10. Outros 5 (31%) avaliaram com nota 9, com nota 6 e 8, 2 participantes (13%) e apenas 1 avaliou com nota 7 (6%), com classificação média de 8.94 pontos.

Na tese “Effects of Immersion and Presence on Learning Outcomes in Immersive Educational Virtual Environments for Computer Science Education”, Dengel (2020) apresenta uma ampla abordagem sobre a imersão e presença (participação), conceitos fundamentais para os melhores resultados no ensino utilizando das tecnologias de realidade virtual, com ênfase aos cursos de Computação.

O autor menciona que conceitos abstratos e ideias da Educação em Ciência da Computação podem se beneficiar de visualizações imersivas que podem ser fornecidas em ambientes virtuais.

Gráfico 7 - Como você avalia os Ambientes Virtuais de Aprendizagem apresentados/utilizados?



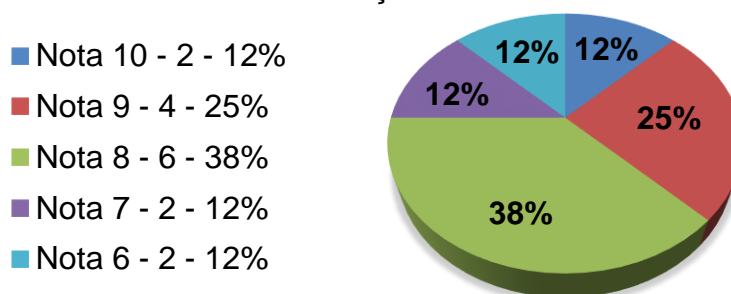
Fonte: dados da pesquisa (2024).

Na pergunta 11, os participantes avaliaram a navegabilidade pelos ambientes e sua utilização, numa escala de 1 a 10. (2 de 16, 12%) dos participantes avaliaram com nota máxima – 10. Outros 4 (25%) avaliaram com nota 9, a maioria (6 de 16, 38%) dos participantes avaliaram com nota 8, (2 de 16, 12%) dos participantes avaliaram com nota 8 e 7, respectivamente, com classificação média de 8.13 pontos.

Como citado, a definição de imersão, do ponto de vista tecnológico, divide a RV em imersiva e não imersiva.

Para alcançar o objetivo de imersão como capacidade tecnológica, a RV imersiva abrange tecnologias complexas e revolucionárias que possibilitam a navegação em espaços tridimensionais, interação em tempo real, percepção multissensorial, dentre outros (Guerra et al., 2021).

Gráfico 8 - Como você avalia a navegabilidade pelos ambientes e sua utilização?



Fonte: dados da pesquisa (2024).

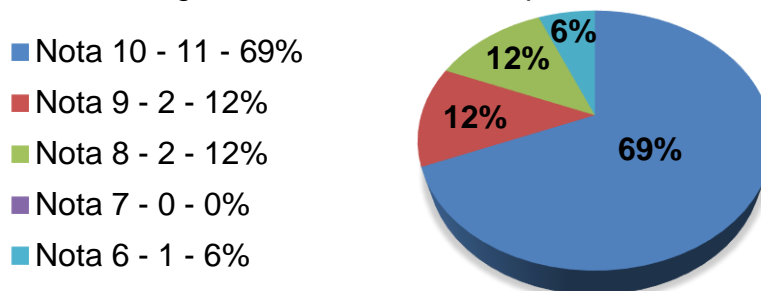
Na pergunta 12, os participantes avaliaram o potencial de Influência da Realidade Estendida Imersiva no Ensino e Aprendizagem, numa escala de 1 a 10, onde 1 - a Influência é totalmente negativa e 10 é totalmente positiva.

A maioria dos participantes (11 de 16, 69%) avaliaram como totalmente positiva a Influência da Realidade Estendida Imersiva no Ensino e Aprendizagem. (2 de 16, 12%) avaliaram com nota 9 e 8 respectivamente, e somente 1 (6%) avaliou com nota 6, com a melhor classificação média de 9.38 pontos.

Os artefatos tecnológicos ajudam facilitar atividades no ambiente que quando feitos de modo exclusivamente manual prolongam os processos resolutivos - organizações de eventos, dinâmicas educativas e outras.

A partir das mudanças que vem acontecendo na sociedade contemporânea e em seus paradigmas de produção comercial, as tecnologias fomentam a produção do conhecimento, e tornam cada vez mais criteriosa a sua aquisição, exigindo, dessa forma, competências para a resolução de problemas de forma criativa e flexível (Shatunova *et al.*, 2021; Allcoat *et al.*, 2021).

Gráfico 9 - Como você avalia o potencial de Influência da Realidade Estendida Imersiva no Ensino e Aprendizagem? Onde 1 - a Influência é totalmente negativa e 10 é totalmente positiva

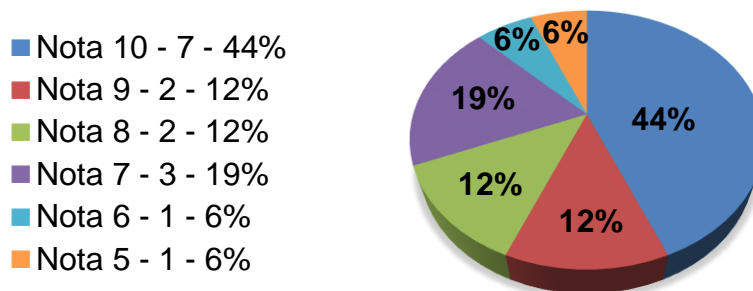


Fonte: dados da pesquisa (2024).

Na pergunta 13, os participantes avaliaram a probabilidade de utilizar a tecnologia de Realidade Estendida Imersiva apresentada em suas Aulas, numa escala de 1 a 10, onde a maioria dos participantes (7 de 16, 44%) avaliaram com nota máxima, 10. (2 de 16, 12%) avaliaram com nota 9 e 8, respectivamente. Já com nota 8 foram (3 de 16, 19%) e outros 2 (6%) avaliaram com nota 5 e 6, com classificação média de 8.50 pontos. Dentro dessa perspectiva, é possível entender que há muitas experiências salutares em torno da AR na educação que podem estar sendo incorporadas no contexto da sala de aula, essa é apenas uma das experiências e estratégias que ao serem introduzidas na escola e/ou no ensino superior podem retroalimentar a área da educação.

Alguns trabalhos destacaram que não há cartilhas de como produzir uma educação de qualidade, pautada no aluno e nas suas dificuldades. Porém, é perceptível que conforme o avanço tecnológico ganha corpo em vários espaços a partir de variadas dimensões, estas, tem promovido outras lentes teóricas e práticas no processo de ensino e aprendizagem (Shatunova; Allcoat et al., 2021).

Gráfico 10 - Qual a probabilidade de você utilizar a tecnologia apresentada em suas Aulas?



Fonte: dados da pesquisa (2024).

Por fim, na pergunta 14, os participantes comentaram sobre a probabilidade de utilizarem a tecnologia apresentada em suas aulas. As respostas variaram, muitos participantes expressaram otimismo sobre o potencial da tecnologia, enquanto outros mencionaram desafios, como a necessidade de criar ambientes adequados para as diversas disciplinas do curso.

6.2.1 Conclusões da análise das respostas

Os resultados do grupo focal de especialistas revelam uma visão otimista sobre a influência da Realidade Estendida Imersiva no ensino de disciplinas STEM na modalidade EaD.

Os especialistas, com variados anos de experiência no ensino à distância, demonstraram alto nível de proficiência com as tecnologias apresentadas, com destaque para o dispositivo Meta Quest Pro. Eles acreditam que este dispositivo pode trazer melhorias significativas para as aulas do ensino superior EaD.

Os desafios identificados pelos especialistas incluem a integração tecnológica e a curva de aprendizado dos usuários. A percepção geral sobre o Meta Quest Pro é majoritariamente positiva, com destaque para sua funcionalidade e características inovadoras.

Os especialistas acreditam que as tecnologias testadas serão adotadas no cotidiano em um futuro próximo, com 63% acreditando que será nos próximos 5 anos. Avaliaram positivamente os Ambientes Virtuais de Aprendizagem apresentados, bem como a navegabilidade e a utilidade desses ambientes.

Quanto ao potencial de influência da Realidade Estendida Imersiva no ensino e aprendizagem, a maioria dos especialistas atribuiu notas altas na escala de influência, indicando uma visão positiva. Há uma alta probabilidade de os especialistas utilizarem essa tecnologia em suas aulas, reconhecendo os benefícios que ela pode trazer para a educação. Eles justificam essa probabilidade alta com base em suas experiências positivas durante os testes e na percepção do potencial dessas tecnologias. Este estudo, portanto, sugere que a Realidade Estendida Imersiva tem um grande potencial para melhorar o ensino de disciplinas STEM na modalidade EaD.

No entanto, também destaca a necessidade de superar certos desafios, como a integração tecnológica e a curva de aprendizado dos usuários, para garantir a eficácia dessas tecnologias no ensino superior à distância.

Apesar do otimismo, os participantes identificaram desafios na utilização do dispositivo em suas aulas. O custo elevado do dispositivo foi o desafio mais citado, mencionado por todos os participantes. Outros desafios incluem a falta de conteúdos didáticos atuais e a necessidade de uma boa conexão à internet.

Os participantes destacaram a imersão proporcionada pelo Meta Quest Pro como um fator que tornaria o aprendizado mais atraente e motivador para os alunos. Além disso, mencionaram que o dispositivo poderia ser útil para atividades práticas que utilizam simuladores.

A avaliação das características e funcionalidades do dispositivo foi positiva. A maioria dos participantes classificou todas as características e funcionalidades como ótimas ou boas, com o rastreamento das mãos sendo a característica mais bem avaliada.

A pesquisa também destaca a importância de continuar explorando e desenvolvendo essas tecnologias, a fim de maximizar seu potencial e torná-las ferramentas eficazes e acessíveis para o ensino e aprendizagem.

Este estudo contribui para a literatura existente sobre a influência da Realidade Estendida Imersiva no ensino e aprendizagem, fornecendo insights valiosos sobre a percepção e experiência dos especialistas com essa tecnologia.

Os resultados desta pesquisa podem ser úteis para educadores, pesquisadores e desenvolvedores de tecnologia que estão interessados em explorar o potencial da Realidade Estendida Imersiva no ensino e aprendizagem.

Por fim, este estudo destaca a necessidade de mais pesquisas nesta área, a fim de explorar ainda mais o potencial da Realidade Estendida Imersiva e identificar estratégias eficazes para superar os desafios associados à sua implementação e uso no ensino superior.

A jornada para a integração eficaz da Realidade Estendida Imersiva no ensino e aprendizagem é complexa e desafiadora, mas os benefícios potenciais para os alunos e educadores são imensos. Com o compromisso contínuo com a pesquisa e o desenvolvimento, o futuro do ensino de disciplinas STEM na modalidade EaD é promissor.

6.2.2 Aplicação do framework no ensino aprendido

O framework proposto neste estudo tem o potencial de transformar o ensino e aprendizagem de disciplinas STEM na modalidade EaD. Este capítulo descreve como os professores podem utilizar este framework para melhorar suas aulas e proporcionar uma experiência de aprendizagem mais imersiva e envolvente para os alunos.

O primeiro passo para a utilização do framework é a familiarização com as tecnologias de Realidade Estendida Imersiva. Isso inclui a compreensão das funcionalidades e características dos dispositivos, como o Meta Quest Pro, e a experimentação prática com os ambientes virtuais de aprendizagem. Os professores devem explorar as diferentes possibilidades que essas tecnologias oferecem, desde a imersão em cenários virtuais até a realização de atividades práticas que utilizam simuladores.

Uma vez familiarizados com as tecnologias, os professores podem começar a integrá-las em suas aulas. Isso pode envolver a utilização de ambientes virtuais de aprendizagem para demonstrar conceitos complexos, a realização de atividades práticas em cenários virtuais, ou a utilização de simuladores para proporcionar aos alunos experiências práticas. O framework serve como um guia para ajudar os professores a planejar e implementar essas atividades de maneira eficaz.

No entanto, a implementação do framework também envolve superar certos desafios. O custo elevado dos dispositivos, a necessidade de conteúdos didáticos atualizados e a necessidade de uma boa conexão à internet são alguns dos desafios identificados pelos participantes do grupo focal. Os professores devem estar preparados para enfrentar esses desafios e buscar soluções criativas para superá-los.

Por fim, a avaliação da eficácia do framework é um componente crucial do processo. Os professores devem monitorar de perto o progresso dos alunos, coletar feedback e fazer ajustes conforme necessário. A avaliação contínua permitirá aos professores maximizar o potencial do framework e garantir que ele esteja atendendo às necessidades de seus alunos.

Em conclusão, este capítulo fornece uma visão geral de como os professores podem utilizar o framework proposto para melhorar o ensino e aprendizagem de disciplinas STEM na modalidade EaD. Com o compromisso contínuo com a pesquisa e o desenvolvimento, o futuro do ensino de disciplinas STEM na modalidade EaD é promissor.

CONCLUSÕES

Considerando o objetivo geral da pesquisa – Elaborar um framework que sirva de base para nortear a criação de cenários imersivos para atuar no ensino e aprendizagem de disciplinas STEM para cursos de computação na educação superior à distância (EaD), e os objetivos específicos – Mapear as tecnologias existentes para o ensino com a Realidade Estendida Imersiva; Desenvolver um framework utilizando como base as tecnologias e ferramentas mapeadas, de maneira a contemplar a necessidade de construção de cenários imersivos; Aplicar o framework em uma proposta de ensino e aprendizagem para um tópico da área da computação; Avaliar a implementação do framework a partir das percepções de um painel de especialistas da área de ciência da computação, é possível dizer que foram atendidos satisfatoriamente.

Os diversos dispositivos de tecnologia da informação aplicada a educação com o uso em diferentes metodologias de ensino, destacando a inserção desses em sala de aula, tem sido pauta de muitos estudos nas últimas décadas. Como decorrência da hipótese através do modelo proposto, aventa-se a possibilidade de se construir cenários imersivos em ambientes de AR, com a utilização das atuais tecnologias, dispositivos e ferramentas de desenvolvimento, com destaque para o metaverso, ensejando diversas aplicações dentro do contexto educacional.

A constante evolução humana e a adaptação à sociedade e às culturas fazem com que os espaços educacionais se proponham a disponibilizar aos alunos novas experiências de aprendizagem, pois com a utilização de diferentes ferramentas, estão impactando de forma positiva a relação humano-computador e com o ambiente que está inserido.

A elaboração do *framework* que serve de base para nortear a criação de cenários imersivos concebidos como OA para atuar no ensino e aprendizagem de disciplinas STEM para cursos de computação na educação superior à distância (EaD), constou como pano de fundo para todo o trabalho aqui desenvolvido. Mediante a busca inicial sobre a temática proposta, a relevância de estudar as práticas informacionais utilizadas em sala de aula pelas universidades, a exemplo de laboratórios virtuais remotos, vídeos interativos 3D em VR, assim como diferentes metodologias que podem tornar as aulas mais

didáticas e, possivelmente, o processo de aprendizagem mais eficiente e eficaz, principalmente quando se trata do acesso à informação.

Refletindo sobre o atingimento dos objetivos específicos, quanto ao mapeamento das tecnologias existentes para o ensino com Realidade Estendida Imersiva, foi elaborada uma RSL para aprofundar os conceitos e obter uma visão clara das pesquisas que estão sendo realizadas nesta área. Como resultado, os grandes benefícios proporcionam um verdadeiro senso de "estar lá", também identificado como presença, onde os alunos interagem em tempo real, com objetos e ambiente contextualizado percebido como 'real', portanto, eles não precisam necessariamente ser reais fisicamente.

Além disso, o uso dessas tecnologias tem o potencial de revolucionar a forma como abordamos a educação, oferecendo novas oportunidades para experiências de aprendizagem interativas e envolventes.

Ao aproveitar o poder da realidade virtual, aumentada e estendida imersivas, podemos criar ambientes de aprendizagem dinâmicos e personalizados que atendem às necessidades individuais de cada aluno. Isso não apenas melhora a experiência de aprendizagem, mas também ajuda a diminuir a lacuna entre a teoria e a prática, proporcionando aos alunos uma compreensão mais profunda do assunto. Portanto, é essencial que se continue a explorar e desenvolver essas tecnologias para garantir que estamos oferecendo a melhor educação possível para as futuras gerações.

Com a realização de estudo comparativo quantitativo e qualitativo, de caráter descritivo e exploratório sobre a utilização dessas tecnologias, a aplicação do *framework* em uma proposta de ensino e aprendizagem para um tópico da área da computação foi contemplada no projeto piloto, servindo como instanciação para o *framework* elaborado.

Por fim, a avaliação da implementação do framework a partir das percepções de um painel de especialistas da área de ciência da computação foi efetuada, tendo explorado a influência da Realidade Estendida Imersiva no ensino de disciplinas STEM na modalidade EaD, com foco na utilização do dispositivo Meta Quest Pro, para uma proposta pedagógica bem definida. Os resultados obtidos revelam uma visão otimista sobre o potencial desta tecnologia para melhorar o ensino superior EaD.

Em termos de trabalhos futuros, estudos podem ser feitos a partir deste trabalho, tanto para o desenvolvimento e utilização de ferramentas de hardware e software de Realidade Estendida Imersiva no ensino, no desenvolvimento e integração dos diversos ambientes virtuais de aprendizagem dos diversos fabricantes e academias, quanto também para inspirar outros pesquisadores e educadores a explorar as potencialidades da realidade estendida imersiva na educação, bem como a avaliar os seus impactos e desafios.

Dessa forma, esse trabalho visou contribuir para o avanço do conhecimento sobre a utilização da realidade estendida imersiva no ensino e aprendizagem, especialmente nos cursos STEM.

A proposta de um framework para a criação de cenários imersivos em ambientes de AR, com o uso do metaverso, representa uma inovação na área educacional, que pode proporcionar aos alunos e professores experiências de aprendizagem mais ricas, interativas e significativas.

REFERÊNCIAS

- ALLCOAT, D.; HATCHARD, T.; AZMAT, F.; STANSFIELD, K.; WATSON, D.; MÜHLENEN, A. V. Education in the Digital Age: Learning Experience in Virtual and Mixed Realities. Educação na era digital: Experiência de aprendizagem em realidades virtuais e mistas. **Journal of Educational Computing Research**, v. 59, n. 5, p. 795-816, 2021.
- ALLEN, A. **Intel to Debut AR Headset Next Month**. 28 set. 2023. Site. Disponível em: <https://www.eteknix.com/intel-to-debut-ar-headset-next-month/>. Acesso em: 28 set. 2023.
- ALMEIDA, L. R. M.; BAUTISTA, J. B.; ADDOR, F. Potencialidades e limites do uso da tecnologia para o aprofundamento da democracia. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 13, n. 27, p. 208-226, 2017.
- ALMEIDA, M. E. B. Educação a distância na internet: abordagens e contribuições dos ambientes digitais de aprendizagem. **Educação e Pesquisa**, v. 29, n. 2, p. 327-340, 2003.
- AMARAL, B. **Setor de satélites se defende e diz ser vital para o 5G**. TELETIME, 2019. Disponível em: <https://teletime.com.br/09/08/2019/setor-de-satelites-se-defende-e-diz-ser-vital-para-o5g/>. Acesso em: 12 out. 2019.
- ANATEL. **Audiência pública sobre leilão de 5G da Anatel ocorre amanhã (12/3)**. 2020. Disponível em: <https://www.anatel.gov.br/institucional/mais-noticias/2520-audienciapublica-sobre-leilao-de-5g-anatel-ocorre-amanha-12-3>. Acesso em: 23.mai. 2020.
- ANDRADE, E. A. O.; ANDRADE, F. A. O.; MEDEIROS, I. G. A. Uso do smartphone e o óculos de realidade virtual e realidade aumentada nas aulas de matemática. **Estudos Avançados sobre Saúde e Natureza**, v. 2, 2022.
- ANDREJE, Ž.; BATAGELJ, B. Avaliação das características técnicas da rede de comunicação de pequenos satélites Starlink. **Engenharia eletro-engenharia vestnik**, v. 88, n. 1/2, p. 1-7, 2021.
- ANGELO, T. N. **Behaviorismo Radical e Inteligência Artificial: Contribuições além das Ciências Cognitivas**. 2011. Disponível em: <https://www.dca.fee.unicamp.br/~gudwin/courses/IA889/2011/IA889-19.pdf>. Acesso em: 20 out. 2023.
- ANTHES, G. Augmented reality gets real. **Communications of the ACM**, v. 62, n. 9, p. 16-18, 2019.
- ARNOTT, D.; PERVAN, G. Design Science in decision support systems research: an assessment using the hevner, march, park, and ram guidelines. **Journal of the Association for Information Systems**, v. 13, n. 11, p. 923-949, 2012.

ARTH, C.; GRUBER, L.; GRASSET, R.; LANGLOTZ, T.; MULLONI, A.; SCHMALSTIEG, D.; WAGNER, D. **The History of Mobile Augmented Reality - Developments in Mobile AR over the last almost 50 years.** Technical Report. ICG-TR-2015-001. (2015) Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/doc/10.1.1.697.3463> Acesso em: 9 ago. 2020.

AUFRANC, J. L. Os primeiros roteadores WiFi 6 802.11ax estão sendo enviados por \$350 ou up. *In: SOFTWARE CNX – notícias sobre sistemas embarcados.* [S. l.], 24 mar. 2018. Disponível em: <https://www.cnx-software.com/2018/11/08/buy-802-11ax-wifi-6-routers/>. Acesso em: 5 jun. 2022.

AVINASH, A. **Snapdragon XR1 AR Smart Viewer: Qualcomm apresenta seus próprios óculos de realidade aumentada.** Techlog 360, 25 fev. 2023. Site. Disponível em: <https://techlog360.com/qualcomm-snapdragon-xr1-ar-smart-viewer/>. Acesso em: 28 set. 2023.

BALL, M. **The Coming Worlds.** The metaverse is still under construction, but it's sure to change our lives. TIME, 2022. Disponível em: <https://time.com/magazine/south-pacific/6201603/august-8th-2022-vol-200-no-5-asia-europe-middle-east-and-africa-south-america-south-pacific/> Acesso em: 11 nov. 2022.

BARBA, M.; LOPES, N. Introdução à programação: (re) construção de espaços educacionais em realidade aumentada. **Instituto Politécnico de Santarém-Escola Superior de Educação.** p, p. 40-55, 2013.

BASU, A. **A brief chronology of Virtual Reality.** 2019. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1911.09605> Acesso em: 9 ago. 2020.

BECK, K. **Extreme programming explained: embrace change.** 1. ed. Boston: Addison Wesley Professional, 1999.

BELLU, R. **Microsoft Dynamics 365 for dummies.** John Wiley & Sons, 2018.

BOLEY, A. C.; WRIGHT, E.; LAWLER, S.; HICKSON, P.; BALAM, D. Plaskett 1,8 m Observações de Satélites Starlink. **The Astronomical Journal**, v. 163, n. 5, p. 199, 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **PORTAL DO MEC.** Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/escola-de-gestores-da-educacao-basica/355-perguntas-frequentes-911936531/educacao-a-distancia-1651636927/12823-o-que-e-educacao-a-distancia>. Acesso em: 07 jun. 2024.

BRITO, R. C. **Análise do processo de gestão da informação e do conhecimento em uma biblioteca virtual no Second Life.** Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa/PB, 2022.

BRIZOLA, J.; FANTIN, N. Revisão da literatura e revisão sistemática da literatura. **Revista de Educação do Vale do Arinos-RELVA**, v. 3, n. 2, 2016.

CANALLI, R. L. **A Propriedade Intelectual do Software: análise histórica e crítica**. Editora Dialética, 2021.

CALONEGO JÚNIOR, N.; GARCIA, M. B.; MEIGUINS, B. S.; VALERIO NETTO, A.; CATERIANO, P. S. H. Modelagem e programação de ambientes virtuais interativos. *In*: TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. (ed.). **Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada**. Porto Alegre: SBC, p. 98-108. 2006.

CARDOSO, R. G. S.; PEREIRA, S. T.; CRUZ, J. H.; ALMEIDA, W. R. M. Uso da realidade aumentada em auxílio à Educação. **Anais do Computer on the Beach**, p. 330-339, 2014.

CAREY, R.; BELL, G. **The Annotated VRML 2.0 Reference Manual**. 3. ed. Boston: Addison-Wesley. 2000.

CARNEIRO, M. L. F.; Silveira, M. S. "Objetos de aprendizagem sob o ponto de vista dos alunos: um estudo de caso". **RENOTE**, v. 10, n. 3, p. 10. 2012.

CARVALHO, B. A. **Modelo de Desenvolvimento de Aplicações de Realidade Aumentada para Empacotamento e Distribuição no formato de Objetos de Aprendizagem**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Faculdade Campo Limpo Paulista, Campo Limpo Paulista/SP, 2017.

CASTORENA, G. O. VALENCIA, R. E. Realidad aumentada en la educación. *Revista Académica del Quehacer Universitario*, p. 25-31. 2019.

CASTRO, T. S.; KAMPFF, A. J. C. **Realidade Aumentada na Educação**: algumas reflexões. Recursos digitais na escola, Joaçaba: Editora Unoesc, 2021.

CAVALCANTE, M. T. L.; VASCONCELLOS, M. M. Tecnologia de informação para a educação na saúde: duas revisões e uma proposta. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 12, p. 611-622, 2007.

COELHO, M. A.; DUTRA, L. R. Behaviorismo, cognitivismo e construtivismo: confronto entre teorias remotas com a teoria conectivista. **Caderno de Educação**, n. 49, p. 51-76, 2018.

CHAUDHURI, S.; THINGS, S. **9 melhores fones de ouvido VR para uma experiência de realidade virtual imersiva**. GEEKFLARE, 8 set. 2022. Disponível em: <https://geekflare.com/best-vr-headsets/>. Acesso em: 10 set. 2022.

CHEN, C.; LI, J.; BALASUBRAMANIAM, V.; WU, Y.; ZHANG, Y.; WAN, S. Contention resolution in Wi-Fi 6-enabled internet of things based on deep learning. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 8, n. 7, p. 5309-5320, 2020.

CHENG, S. The Future of the Metaverse. *In: Metaverse: Concept, Content and Context*. Cham: Springer Nature Switzerland, p. 207-215. 2023.

COHEN, S. Tesla, SpaceX e Hyperloop: A sustentabilidade enquanto mentalidade relacionada com tecnologia. **International Journal of Marketing, Communication and New Media**, n. 9, 2021.

CONCEIÇÃO, H. N.; MEDEIROS, J. S.; CARVALHO, D. F. Realidade virtual na reabilitação motora da Doença de Parkinson: revisão integrativa. **Revista Neurociências**, v. 29, p. 1-22, 2021.

COOK, B. Raciocínio formal sobre a segurança dos serviços da Amazon Web. *In: Conferência Internacional sobre Verificação Auxiliada por Computador*. Springer, Cham, p. 38-47. 2018.

COSTA, M. B. **O que é software? Entenda o significado**. [S. l.], 10 ago. 2020a. Disponível em: <https://canaltech.com.br/software/o-que-e-software/>. Acesso em: 3 abr. 2022.

COSTA, M. B. **O que é Wi-Fi 6? Conheça o novo padrão de rede sem fio**. [S. l.], 10 ago. 2020b. Disponível em: <https://canaltech.com.br/infra/wi-fi-6-o-que-e/?msclkid=12c4d190c7f811ecb814c3f0cde2f85a>. Acesso em: 3 abr. 2022.

CRITCHLEY, S. **Dynamics 365 CE essentials: administering and configuring solutions**. Apress, 2018.

CRITCHLEY, S. Dynamics 365 for Marketing. *In: Dynamics 365 Essentials*. Apress, Berkeley, CA, p. 231-255. 2020.

CRUZ-CUNHA, M. M.; REIS, E. P.; VARAJÃO, J.; BESSA, M.; MAGALHÃES, L.; BARBOSA, L.; BARREIRA, J. Realidade Aumentada e Ubiquidade na Educação. **Rev. Iberoam. de Tecnol. del Aprendiz.**, v. 5, n. 4, p. 167-174, 2010.

DAINESE, C. A. GARBIN, T. R. AmCARA - Ambiente e Comunicação Alternativo com Realidade Aumentada: O acesso do deficiente motor severo a softwares e Web. 2009. **[anais..]** XX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação. Disponível em: <https://www.brie.org/pub/index.php/sbie/article/view/1166/1069>. Acesso em 10 mar. 2022.

DAL FORNO, A. J. MORAES, J. R.; BIZELLO, G. F.; PINHEIRO, B. P.; VALLE, R. C. S. C. Realidade Aumentada aplicada na indústria: uma análise na literatura sobre aplicações, benefícios e desafios. **XI Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção – Conbrepro**, 2021. Disponível em: https://aprepro.org.br/conbrepro/2021/anais/arquivos/09232021_190920_614d0290d735b.pdf. Acesso em: 4 jun. 2022.

DARIDO, M. C.; BIZELLI, J. L. Inovações tecnológicas e contexto escolar: reflexões necessárias. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 10, n. 1, p. 50-66, 2015.

DARLEY, N. T. TAVARES, T. A.; COSTA, V.; COLLARES, G.; TERRA, V. Tangible interfaces: an analysis of user experience using the AR sandbox project. *In: Proceedings of the XVI Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*. p. 1-4. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Vinicius-Costa-2/publication/323500683_Tangible_Interfaces_An_Analysis_of_User_Experience_Using_the_AR_Sandbox_Project/links/5c9d681b92851cf0ae9e2466/Tangible-Interfaces-An-Analysis-of-User-Experience-Using-the-AR-Sandbox-Project.pdf. Acesso em: 1 maio 2023.

DAVEPAPE. **O Ambiente Virtual Automático da Caverna na EVL, Universidade de Illinois em Chicago**. 27 ago. 2021. Site. Disponível em: https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:CAVE_Crayoland.jpg. Acesso em: 28 set. 2023.

DAVIS, N.; EICKELMANN, B.; ZAKA, P. Reestruturação dos sistemas educacionais na era digital a partir de uma perspectiva co-evolutiva. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 29, n. 5, p. 438-450, 2013.

DELGADO, A. Entorno Virtual Inmersivo VirBELA| Sesión 2. **Cursos de la Escuela Superior de Redes del 2020**, 2020.

DENGEL, A. What is Immersive Learning? *In: International Conference Of The Immersive Learning Research Network (ILRN)*, 8., 2022, Vienna. **Anais [...]**. Vienna: IEEE, p. 1-5. 2022.

DIAS, C. A. **Grupo focal**: técnica de coleta de dados em pesquisas qualitativas. **Informação e Sociedade**, v. 10, n. 2, 2000.

DIAZ, J. **From Apple Glasses to Hololens 2**: AR glasses you can buy now (and soon). [S.l., 2020]. Tom's Guide. Disponível em: <https://www.tomsguide.com/reference/ar-glasses>. Acesso em: 23 mai. 2022.

DIONISIO, J. D. N.; BURNS III, W. G.; GILBERT, R. 3d virtual worlds and the metaverse: Current status and future possibilities. **ACM Computing Surveys**, v. 45, n. 3, p. 1-38, 2013.

DUARTE, L. M. F. **Tecnologias Wi-Fi de Nova Geração 802.11 AC Wave 2 e Halow**: Análise Comparativa e Potencial para Ambientes IoT e Dispositivos Móveis. Dissertação (Mestrado em Tecnologias de Informação) – Instituto Politécnico de Viseu, Lisboa/PT, 2020.

DRESCH, A. **Design Science e Design Science Research como artefatos metodológicos para engenharia de produção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo/RS, 2013.

ELBAHRI, F. M.; AL-SANJARY, O. I.; ALI, M. A. M.; NAIF, Z. A.; ALSHEKHLI, M. N. A.; ALZAIDE, O. Difference Comparison of SAP, Oracle, and Microsoft Solutions Based on Cloud ERP Systems: A Review. **[anais...]** 2019 IEEE 15th International Colloquium on Signal Processing & Its Applications (CSPA). IEEE, p. 65-70. 2019.

ESTEVEES-JÚNIOR, Á. R. S.; MARTINS, R. M. Realidade virtual e aumentada em projetos de construção civil. **Revista Científica e-Locução**, v. 1, n. 17, p. 11-11, 2020.

ESTEVEES, D. M. P. G. A Utilização do Software Unreal Engine na Pré-Visualização de Cenas de Cinema e Televisão. Dissertação (Mestrado em Multimídia) – Universidade do Porto, Lisboa/PT, 2021.

FERNANDES, F. G.; OLIVEIRA, L. C.; BARBOSA, A. J.; MOURA, C. C. O.; RODRIGUES, M. L.; VITA, S. S. B. V. Ensino da anatomia do corpo humano usando a realidade aumentada móvel. *In*: Conferência de Estudos em Engenharia Elétrica, 11., 2013, Uberlândia. **[anais...]**, Uberlândia: UFU, p. 1-6. 2013.

FERREIRA, J. C. A. P. **Design para realidade aumentada**: Um estudo em contexto educativo. Tese (Doutorado em Belas-Artes) – Universidade de Lisboa, Lisboa/PT, 2014.

FERRO, R. C.; REJOWSKI, M. Metodologia da pesquisa em Gastronomia no campo científico do Turismo. **Rosa dos Ventos**, v. 12, n. 3, p. 463-483, 2020.

FORTE, C. E.; KIRNER, C. Usando realidade aumentada no desenvolvimento de ferramenta para aprendizagem de física e matemática. **[anais..]** 6º Workshop de Realidade Virtual e Aumentada, Santos-SP: UNISANTA. p. 1-6. 2009.

FOXMAN, M. Unidos estamos: Plataformas, ferramentas e inovação com o motor do jogo de unidade. **Social Media+ Society**, v. 5, n. 4, p. 2056305119880177, 2019.

FULFORD, B. Adventures in the Third Dimension. **Forbes**, v. 173, n.11, p.166, 2004.

FUNDA, L.; MIKULIĆ, Ž.; HRGA, M. Osnovni Elementi Razvojnih Alata Unity i Unreal Engine Za Stvaranje Računalnih Igara. **Collected papers of Šibenik College**, Vol. 12, n. 1-2, p. 183-192, 2018.

FUNDAÇÃO FORMAÇÃO E FUTURO. **Inteligência Artificial**. 2 nov. 2021. Site. Disponível em: https://fundacionff.com/inteligenciaartificial/realidad_virtual/diferencias_entre_RV_RA_o_mixta. Acesso em: 28 set. 2023.

GANDRA, V. D. **Análise eletroencefalográfica do controle postural durante estimulação visual em ambiente de realidade virtual estereoscópica**. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2019.

GALE, A. P.; CHAPMAN, J. O.; WHITE, D. E.; AHLUWALIA, P.; WILLIAMSON, A. K. J.; PEACOCK, K. R.; AKAGBOSU, R.; LEPINE, T. M.; ARIZOR, I.; BONE, L. A.; BROWN, J.; FAHRNGRUBER, A. M.; GOLDBERG-FLOOD, A.; KOVIRINENI, S.; LAMB-LAURIN, S. J.; ZIA, N.; INNOCENT, N.; LEE, W.; MORAN, G.; Nwasoria, B.; OUELLETTE, N. A.; PENDLEBURY, R.; PRUE, A.; SOKOLOWSKI, J.; NAMUTOSI, P.; TESFAY, T.; OLIVER, M. C. M.; NYBOER, E. A.; COOKE, S. J. On embracing the concept of becoming environmental problem solvers: the trainee perspective on key elements of success, essential skills, and mindset. **Environmental Reviews**, v. 30, n. 1, p. 1-9, 2022.

GAUTERIO, L. W. **Convergência entre Televisão e Narrativas Imersivas: As potencialidades e os desafios das novas tecnologias de realidade virtual e dos vídeos 360 graus para transformar o futuro da televisão.** Tese (Doutorado em Comunicação Social) – Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2019.

GIOSTRI, E. C. **Comunidades Virtuais de Prática como alternativa na formação continuada de docentes da educação superior tecnológica.** Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2008.

GODLA, S. R.; FIKADU, G.; ADEMA, A. Aplicativo RMI baseado em programação de soquete para serviços web da Amazon em computação em nuvem distribuída. *In: Tecnologias inovadoras de Comunicação de Dados e Aplicação.* Springer, Cingapura, p. 517-526. 2022.

GOMES, J. F. A tecnologia na sala de aula. **Novas tecnologias e educação**, p. 17-44, 2014.

GRAZIA, C. A. Future of TCP on Wi-Fi 6. **IEEE Access**, v. 9, p. 107929, 2021.

GUERRA, A. R.; GARCIA, L. G.; AFONSO, G. B.; CARNEIRO, P. R. C.; As tecnologias de realidade e suas aplicações no ensino. *In: GARCIA, L. G.; MARTINS, T. C. (org.). Possibilidades de aprendizagem e mediações do ensino com o uso das tecnologias digitais: desafios contemporâneos.* Palmas/TO: EDUFT, 2021, v.2, p. 221-249.

GUPTA, B. I.; MITTAL, P.; MUFTI, T. A Review on Amazon Web Service (AWS), Microsoft Azure & Google Cloud Platform (GCP) Services. ICIDSSD 2020, February 27-28, New Delhi, India, 2021.

HANDA, J. K.; SILVA, J. B. G. Objetos de aprendizagem (Learning objects). **Boletim EAD–Unicamp**, v. 31, 2003.

HANNS, D. K. Estratégias de imersão: o corpo como interface. *In: TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. (ed.). Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada.* Porto Alegre: SBC, p. 284-287. 2006.

HASTRUP-KIIL, E.; STAAB, J. The Open Augmented Reality Teaching Book. Create and Code Augmented Reality! **Creative Commons Attribution 3.0 Unported**. on 15 Feb 2021. Disponível em: <https://codereality.net/ar-for-eu-book>. Acesso em: 1 jun. 2022.

HERNÁN, Á. F. **STARLINK**: La nueva red global de comunicaciones por satélite. Trabajo Fin de Grado en Ingeniería Informática – Universidad de Salamanca, Salamanca/ES, 2021.

HOFMANN, W.; LANG, S.; REICHARDT, P.; REGGELIN, T. A brief introduction to deploy Amazon Web Services for online discrete-event simulation. **Procedia Computer Science**, v. 200, p. 386-393, 2022.

HORN, M. B.; STAKER, H. **Blended**: usando a inovação disruptiva para aprimorar a educação. Trad. Maria Cristina Gularte Monteiro. Porto Alegre: Penso, 2015.

HOSSAIN, S. 5G Wireless Communication Systems. **American Journal of Engineering Research (AJER)**, v. 2, 2013.

HP DEVELOPMENT COMPANY. **Headset de Realidade Virtual HP Reverb G2 com 2 controladores de movimento**. [S. l.], 30 ago. 2022. Disponível em: <https://www.hp.com/br-pt/shop/headset-de-realidade-virtual-hp-reverb-g2-com-2-controladores-de-movimento-1n0t5aa.html>. Acesso em: 10 set. 2022.

HURLEY, Z. Pensando com diálogo semiótico: Ressuscitando a realidade aumentada e a alfabetização visual. **[anais...]** Estudos em Tecnologia De Aprendizagem Aprimorada, 2022.

HUTKA, S. Building for the Future, Together: A Model for Bringing Emerging Products to Market, Using Anticipatory Ethnography and Mixed Methods Research. *In: Ethnographic Praxis in Industry Conference Proceedings*. p. 59-74. 2021.

IFENTHALER, D.; SPECTOR, P. I. J. M.; SAMPSON, K. D. **Multiple Perspectives on Problem Solving and Learning in the Digital Age**. Múltiplas perspectivas sobre resolução de problemas e aprendizado na era digital. Springer Science & Business Media, 2010.

IMPERIO, M.; PAVANI, G. S. Ferramenta de visualização georreferenciada para implantação da infraestrutura de rede móvel 5G no Brasil. **[anais...]** Estendidos do XXXIX Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos. SBC, p. 9-16. 2021.

INÁCIO, L. R. **Desenvolvimento de um Plug-In de Espelhamento de Animações Tridimensionais para o Motor Unreal Engine 4**. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Engenharia de Computação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá/SC, 2022.

IQBAL, M. Z.; CAMPBELL, A. G. Adopting smart glasses responsibly: potential benefits, ethical, and privacy concerns with Ray-Ban stories. **AI and Ethics**, v. 3, n. 1, p. 325-327, 2023.

JAMBASSI, D. A. G. C. Metaverso no ensino superior: possibilidades e desafios. **Painel Metaverso**, v. 2, n. 1, 2023.

JAUHAINEN, J. S. Entrepreneurship and innovation events during the COVID-19 pandemic: The user preferences of VirBELA virtual 3D platform at the SHIFT event organized in Finland. **Sustainability**, v. 13, n. 7, p. 3802, 2021.

JAŽO, S. **Usporedba Unity i Unreal Enginea za razvog 3D igara**. Tese (Doutorado em Computação) – Universidade de SplitFakultet engenharia elétrica, Croácia/EURO, 2021.

JHA, K. R.; JIBRAN, Z. A. P.; SINGH, C.; SHARMA, S. K. "4-Port MIMO Antenna Using Common Radiator on a Flexible Substrate for Sub-1GHz, Sub-6GHz 5G NR, and Wi-Fi 6 Applications,". **IEEE Open Journal of Antennas and Propagation**, v. 2, pp. 689-701, 2021.

JURGINA, L. Q.; BEZERRA, J. I. M.; TORCHELSEN, R. P.; ROSA JÚNIOR, L. S. Relato sobre a Utilização de Ferramenta com Realidade Aumentada no auxílio do Ensino-Aprendizagem de Topografia em Cursos Superiores. *In: Anais do XXVII Workshop de Informática na Escola*. SBC, p. 128-136. 2021.

KAJAMAA, A.; HEIDKAMP-KERGEL, B.; LÜTGE, C.; KERGEL, D.; NØRREKLIT, H.; GARSDAL, J.; DROTNER, K.; KUMPULAINEN, K.; DANIELA, L.; PAULSEN, M.; ÖZTOK, M.; ERSTAD, O.; ARNETT, R. C.; SADEGHI, S. H.; MANCINO, S.; JAKOBSDÓTTIR, S.; MÄKITALO, Å. Perspectives on Education in the Digital Age. **Routledge Taylor & Francis Group**. 2022. Disponível em: <https://www.routledge.com/Perspectives-on-Education-in-the-Digital-Age/book-series/EDUDIG>. Acesso em: 20 ago. 2023.

KALIRAJ, P.; DEVI, T. Innovating with Augmented Reality - Applications in Education and Industry. **Taylor & Francis Group, LLC**, 2022.

KHMELKOV, O. **Microsoft Dynamics 365: Online vs. On-Premises**. 2020.

KHOROV, E. KIRYANOV, A.; LYAKHOV, A.; BIANCHI, G. A tutorial on IEEE 802.11 ax high efficiency WLANs. **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, v. 21, n. 1, p. 197-216, 2018.

KHOROV, E.; LEVITSKY, I.; AKYILDIZ, I. F. Status atual e direções do IEEE 802.11 ser, o futuro Wi-Fi 7. **Acesso iEEE**, v. 8, p. 88664-88688, 2020.

KLETTEMBERG, J. S.; TORI, R.; HUANCA, C. M. Perspectivas mundiais sobre a realidade aumentada nos anos iniciais da educação básica. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 29, p. 827-845, 2021.

KOTAS, C.; NAUGHTON, T.; IMÃ, N. Uma comparação entre os Amazon Web Services e as plataformas de nuvem Microsoft Azure para computação de alto desempenho. *In: 2018 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*. IEEE, p. 1-4. 2018.

KRESS, B. C. Digital optical elements and technologies (EDO19): applications to AR/VR/MR. *In: Digital Optical Technologies 2019*. SPIE, p. 343-355, 2019.

LALUEZA, J. L.; CRESPO, I.; CAMPS, S. As tecnologias da informação e da comunicação e os processos de desenvolvimento e socialização. *In: COLL, C.; MONEREO, C. Psicologia da educação virtual: aprender e ensinar com as tecnologias da informação e da comunicação*. Porto Alegre: Artmed, p. 47-65, 2010.

LANDONI, M.; GENONI, M.; RIVA, M.; BIANCO, A.; CORINA, A. Application of cloud computing in astrophysics: the case of Amazon Web Services. *In: Software and Cyberinfrastructure for Astronomy V*. SPIE, p. 101-109. 2018.

LAVE, J.; WENGER, E. **Situated learning: legitimate peripheral participation**. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.

LAVE, J. **Cognition in practice**. Cambridge: Cambridge University Press, 1988.

LAWRENCE, K. **Ray-Ban Stories: Can Facebook Successfully Enter the Wearable Tech Market?**. SAGE Publications: SAGE Business Cases Originals, 2021.

LEAL, D.; AMARAL, L. A. M. **Do ensino em sala ao e-learning**. Universidade do Minho, 2004. Disponível em: http://www.campusvirtual.uminho.pt/uploads/celda_av04.pdf. Acesso em: 20 set. 2023.

LEE, H.; RYOO, S.; SEO, S. A Comparative Study on the Structure and Implementation of Unity and Unreal Engine 4. **Journal of the Korea Computer Graphics Society**, v. 25, n. 4, p. 17-24, 2019.

LERVOLINO, S. A.; PELICIONI, M. C. F. **A Utilização do Grupo Focal como Metodologia Qualitativa na Promoção da Saúde**. Revista da Escola de Enfermagem, v. 35, n. 2, p. 115-21, 2001.

LIMA, A. L. F.; GOMES, I. D. S.; LACERDA, R. S. L.; SILVA, L. T. G. A importância da realidade aumentada aplicada à educação. *In: [anais....] IV Congresso Nacional de Educação*. João Pessoa/PB, p. 40-59, 2017. Disponível em: https://editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2017/TRABALHO_EV073_MD4_SA19_ID5092_12102017215313.pdf. Acesso em: 1 maio 2023.

LIMA, E.; PEREIRA, R. R.; VIANA, W. AmongNET Game: Um relato de experiência do uso da Virtualidade e da Realidade Aumentada no Ensino Remoto Emergencial de Redes de Computadores. *In: [anais...] II Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*. SBC, p. 152-162. 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/360159781_AmongNET_Game_Um_relato_de_experiencia_do_uso_da_Virtualidade_e_da_Realidade_Aumentada_no_Ensino_Remoto_Emergencial_de_Reddes_de_Computadores. Acesso em: 1 maio 2023.

LOPES, M. P.; SILVA, R. B.; ALMEIDA, A. O. A importância do uso das ferramentas computacionais no ensino da disciplina fenômenos de transportes nos cursos de engenharia. *In: [anais...]* Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia. Rio de Janeiro/RJ, p. 150-163, 2012. Disponível em: <http://www.abenge.org.br/cobenge/legado/arquivos/7/artigos/103781.pdf>. Acesso em: 1 maio 2023.

LOPES, L. F. B. **O Estudo e a Implementação de Interfaces para Utilização em Sistemas de Realidade Aumentada**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Centro Universitário Eurípides de Marília, Marília/SP, 2005.

LOPES, L. M. D.; POZZEBON, E.; FERENHOF, H. A. Inovações educacionais com o uso da realidade aumentada: uma revisão sistemática. **Educação em Revista**, Belo Horizonte, v. 35, 2019.

LUCCA, J.; MAURO, P. S. G. Desafios da tecnologia 5G. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 1, p. 29-39, 2020.

LUCIMARA, B. G.; VERISSIMO, B. A. C.; BUSSMANN, T. B.; SILVA, A. L. S. Propostas pedagógicas do Rio Grande do Sul e a Teoria da Aprendizagem Significativa: correspondências encontradas. **Educação**, v. 45, n. 1, 2022.

LUZ, R. P.; KIRNER, T. G. Processo de desenvolvimento de sistemas de realidade virtual. *In: TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. (ed.). Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada*. Porto Alegre: SBC, p. 109-127. 2006.

MACHADO, L. S.; CARDOSO, A. Dispositivos de entrada e saída para sistemas de realidade virtual. *In: TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. (ed.). Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada*. Porto Alegre: SBC, p. 39-50. 2006.

MACIEL, A. L. S.; FERNANDES, R. M. C. Tecnologias sociais: interface com as políticas públicas e o Serviço Social. **Serviço Social & Sociedade**, p. 146-165, 2011.

MAIA, M. C.; MEIRELLES, F. S. Tecnologia de Informação e Comunicação aplicada à Educação. *[anais...]* Proceedings of the 3rd ACORN-REDECOM Conference Mexico City Set. p. 1, 2009.

MALDONADO, R.; KARSTENSEN, A.; POCOVI, G.; ESSWIE, A. A.; ROSA, C.; ALANEN, O.; KASSLIN, M.; KOLDING, T. Comparing Wi-Fi 6 and 5G Downlink Performance for Industrial IoT. **IEEE Access**, v. 9, p. 86928-86937, 2021.

MANDAL, S. Brief Introduction of Virtual Reality & its Challenges. **International Journal of Scientific & Engineering Research**, v. 4, n. 4, April-2013.

MANN, S. Mediated Reality with implementations for everyday life. **MIT Press Journal**, 2002. Disponível em: http://wearcam.org/presence_connect/. Acesso em: 9 jul. 2023.

MANN, S., FURNESS, T., YUAN, Y., IORIO, J., WANG, Z. **All Reality**: Virtual, Augmented, Mixed (X), Mediated (X, Y), and Multimeditated Reality. 2018. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1804.08386>. Acesso em: 9 ago. 2020.

MANTOVANI, A. M.; BACKES, L.; SANTOS, B. S. **Formação do educador no contexto da cibercultura**: possibilidades pedagógicas em metaversos (Mundos Digitais Virtuais em 3 Dimensões - MDV3D). *Contrapontos*, Florianópolis, v. 12, n. 01, p. 77-86, abr. 2011.

MARCELINO, R.; SILVA, J. B.; ALVES, G. R.; SHAEFFER, L. Extended Immersive Learning Environment: A Hybrid Remote/Virtual Laboratory. **International Journal of Online and Biomedical Engineering (iJOE)**, v. 6, n. 5, p. 46-51, 2010.

MARTINS, A. C. **SINTERA**: objeto de aprendizagem com realidade aumentada para o ensino da fotossíntese. Monografia (Licenciatura em Computação) – Universidade do Estado do Amazonas, Itacoatiara/AM 2018b.

MARTINS, B. D. **Aplicações de realidade aumentada e virtual para auxiliar a educação**. Monografia (Graduação Engenharia de Computação e Informação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, 2018a.

MARTINS, F. T. **Tecnologia 5G**: o futuro das redes móveis. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão de serviços de Telecomunicações) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba/PR, 2016.

MARTINS, V. L. Tecnologia de Informação e Comunicação (TIC) e Educação. **Revista Científica Intr@ ciência**, v. 13, n. 1, p. 1-11, 2017.

MEIRINHOS, M.; MEIRINHOS, C. A realidade aumentada no contexto educativo da Educação Básica. **EduSer**, v. 13, n. 2, 2021.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. C. P.; GALVÃO, C. M. Uso de gerenciador de referências bibliográficas na seleção dos estudos primários em revisão integrativa. **Texto & Contexto-Enfermagem**, v. 28, 2019.

META. **Apresentando o Meta Quest Pro**: um dispositivo avançado de VR para colaboração e criação. 11 out. 2022. Site. Disponível em: <https://about.fb.com/br/news/2022/10/apresentando-o-meta-quest-pro-um-dispositivo-avancado-de-vr-para-colaboracao-e-criacao/>. Acesso em: 27 set. 2023.

META. **Ray-Ban | Meta Wayfarer**. 11 set. 2023. Site. Disponível em: <https://www.meta.com/smart-glasses/wayfarer/>. Acesso em: 28 set. 2023.

MICROSOFT BUILD. *In*: **Sobre o HoloLens 2**. [S. l.], 24 mar. 2022. Disponível em: <https://docs.microsoft.com/pt-br/hololens/hololens2-hardware>. Acesso em: 25 mar. 2022.

MILGRAM, P.; TAKEMURA, H.; UTSUMI, A.; KISHINO, F. Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. **Proceedings of SPIE – The International Society for Optical Engineering**, v. 2351, p. 282-292, 1994.

MILGRAM, P.; KISHINO, F. Taxonomy of mixed reality visual displays. **IEICE Transactions on Information and Systems**, v. 77, n. 12, p. 1321-1329, 1994.

MODELSKI, D.; GIRAFFA, L. M. M.; CASARTELLI, A. O. Tecnologias digitais, formação docente e práticas pedagógicas. **Educação e Pesquisa**, v. 45, 2019.

MORALES, P. T. GARCIA, J. S. Realidad Aumentada en Educación Primaria: efectos sobre el aprendizaje. **Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa**, v. 16, n. 1. 2017.

MORANDI, M. I. W. M.; CAMARGO, L. F. R. Revisão sistemática da literatura. *In*: DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JR, J. A. V. **Design science research: método e pesquisa para avanço da ciência e da tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

MOREIRA, A. F. B.; KRAMER, S. Contemporaneidade, educação e tecnologia. **Educação & Sociedade**, v. 28, n. 100, p. 1037-1057, 2007.

MOSER, A.; GUERRA, A. R.; KOLBE JUNIOR, A.; MEDEIROS, L. F. Microlearning: uma forma de ensino para o nosso tempo. *In*: **Educação e Tecnologias: potencialidades e limitações**. AFONSO, G. B.; MEDEIROS, L. F.; SANTOS, R. O. (org.). Curitiba-PR, Editora Bagai, p. 215, 2021.

MOSER, A.; SCHNEIDER, E. I.; MEDEIROS, L. F. A Aprendizagem Situada nas Comunidades de Prática: Uma Aproximação Fenomenológica. **Revista de Informática Aplicada**, v. 9, n. 1, 2013.

MOVCHAN, S. **Aprendizagem Imersiva: Explicado**. 24 fev. 2023. Site. Disponível em: <https://raccoongang.com/blog/immersive-learning-explained/>. Acesso em: 27 set. 2023.

MRÓZ, P.; OTAROLA, A.; PRINCE, T. A.; DEKANY, R.; DUEV, D. A.; GRAHAM, M. J.; GROOM, S. L.; MASCI, F. J.; MEDFORD, M. S. Impact of the SpaceX Starlink Satellites on the Zwicky Transient Facility Survey Observations. **The Astrophysical Journal Letters**, v. 924, n. 2, p. L30, 2022.

MUÑÍO, B. S. ChatGPT y Microsoft 365 Copilot: el elefante en el pasillo. **Capital humano: revista para la integración y desarrollo de los recursos humanos**, n. 386, p. 4, 2023.

MÜTTERLEIN, J. The Three Pillars of Virtual Reality? Investigating the Roles of Immersion, Presence, and Interactivity. **Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences**, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/322210706_The_Three_Pillars_of_Virtual

Reality_Investigating_the_Roles_of_Immersion_Presence_and_Interactivity. Acesso em: 10 set. 2023.

NANDURI, J.; JIA, Y.; OKA, A.; BEAVER, J.; LIU, Y. W. Microsoft uses machine learning and optimization to reduce e-commerce fraud. **INFORMS Journal on Applied Analytics**, v. 50, n. 1, p. 64-79, 2020.

NAIK, G.; PARK, J. M. J.; ASHDOWN, J.; LEHR, W. Next Generation Wi-Fi and 5G NR-U in the 6 GHz Bands: Opportunities & Challenges. **IEEE Access**, v. 8, p. 153027-153056, 2020.

NING, H.; WANG, H.; LIN, Y.; WANG, W.; DHELMIM, S.; FARHA, F.; DING, J.; DANESHMAND, M. A survey on metaverse: the state-of-the-art, technologies, applications, and challenges. **arXiv preprint arXiv:2111.09673**, 2021.

NUNES, G. S. **Pitaya server**: framework para criação de servidores de jogos online desenvolvidos com a unity. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Sistemas de Informação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2022.

OLCOTT JUNIOR, D.; FARRAN, X. C.; ECHENIQUE, E. E. G.; MARTÍNEZ, J. G. Ética e educação na era digital: Perspectivas globais e estratégias de transformação local na Catalunha. **International Journal of Educational Technology in Higher Education**, v. 12, n. 2, p. 59-72, 2015.

OLIVEIRA, Á. C. M. **Criação e visualização de interfaces do usuário cientes de contexto para realidade aumentada**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo/SP, 2011.

OLIVEIRA, B. S. **Levantamento do estado da arte em aplicações de saúde que utilizam redes de comunicação 5g, e suas perspectivas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Sistemas de Informação) – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá/PA, 2019.

OLIVEIRA, L. A. N.; ALENCAR, M. S.; LOPES, W. T. A. Evolução da Arquitetura de Redes Móveis Rumo ao 5G. **Revista de Tecnologia da Informação e Comunicação**, v. 8, n. 2, p. 43-50, 2018.

OUGHTON, E. J.; LEHR, W.; KATSAROS, K.; SELINIS, I.; BUBLEY, D.; KUSUMA, J. Revisiting Wireless Internet Connectivity: 5G vs Wi-Fi 6. **Telecommunications Policy**, v. 45, n. 5, p. 102127, 2021.

PARK, B. J.; HUNT, S. J.; NADOLSKI, G. J.; GADE, T. P. Augmented reality improves procedural efficiency and reduces radiation dose for CT-guided lesion targeting: a phantom study using HoloLens 2. **Scientific Reports**, v. 10, n. 1, p. 1-8, 2020.

PARK, S.; KIM, Y. A Metaverse: Taxonomy, components, applications, and open challenges. **IEEE Access**, v. 10, p. 4209-4251, 2022.

PATTERSON, S. **Aprenda AWS Serverless Computing: A Beginner's Guide to Using AWS Lambda, Amazon API Gateway e Services from Amazon Web Services**. Packt Publishing Ltd, 2019.

PAULA, N. **Metaverso na educação**: entenda como a sua instituição de ensino pode se preparar. Disponível em: <https://rubeus.com.br/blog/metaverso-na-educacao/>. Acesso em: 1 maio 2023.

PEDROSA, S. M. P. A.; ZAPPALA-GUIMARÃES, M. A. Realidade virtual e realidade aumentada: refletindo sobre usos e benefícios na educação. **Revista Educação e Cultura Contemporânea**, v. 16, n. 43, p. 123-146, 2019.

PERANOVICH, J.; ZAMPIERI, M. **Metaverso x LGPD: Um espaço seguro para meus dados?** TIINSIDE, 2022. Disponível em: <https://tiinside.com.br/02/08/2022/metaverso-x-lgpd-um-espaco-seguro-para-meus-dados-2/>. Acesso em: 1 maio 2023.

PEREIRA, A. L. **Realidade aumentada e o ensino de cálculo**: possibilidades para a constituição do conhecimento. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro/RJ, 2022a.

PEREIRA, É. D. T. P.; SCHNEIDER, B. T.; BENEDETTI, C. B. BOTTEGA, L. M.; SILVA, L. V. P.; SILVA, R. A.; ZANATTA, A. L.; SANTIAGO, P. Desenvolvimento de um jogo educacional de realidade mista voltado para o ensino médico: um relato de experiência. **Brazilian Medical Students**, v. 5, n. 8, 2021.

PEREIRA, R.; RIBEIRO, F. B. V.; REIS, I. W.; SANTOS, N. O Metaverso e o dilema da inovação: reflexões sobre a possibilidade do conhecimento. *In: [anais...]* CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DO CONHECIMENTO, 17., São Paulo. São Paulo: SBGC, 2022.

PEREIRA, S. R. Metaverso na educação: currículo, desafios e possibilidades. **Painel Metaverso**, v. 1, n. 1, 2022b.

PIOVESAN, A.; TEMPORINI, E. R. Pesquisa exploratória: procedimento metodológico para o estudo de fatores humanos no campo da saúde pública. **Revista de saúde pública**, v. 29, p. 318-325, 1995.

PONTES, A. P. F. F.; BARBOZA, P. L. O professor de matemática frente às tecnologias e as dificuldades em integrá-las na sala de aula. **Ensino em Foco**, v. 3, n. 8, p. 33-47, 2020.

PRAHM, C.; BRESSLER, M.; ECKSTEIN, K.; KUZUOKA, H.; DAIGELER, A.; KOLBENSCHLAG, J. Developing a wearable Augmented Reality for treating phantom limb pain using the Microsoft Hololens 2. **Augmented Humans 2022**. p. 309-312. 2022. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3519391.3524031>. Acesso em: 1 maio 2023.

PRAHANI, B. K.; NISA, K.; JATMIKO, B.; SUPRAPTO, N.; AMÉLIA, T.; CANDRAWATI, E. The Comparison of the Top 100 Cited Publications of Augmented Reality and Virtual Reality for the Last Thirty Years. **International Journal of Online & Biomedical Engineering**, v. 18, n. 6, 2022.

QAYYUM, A.; ZAWACKI-RICHTER, O. Educação aberta e a distância na Austrália, Europa e Américas: Perspectivas nacionais em uma era digital. **Springer Nature**, 2018.

QUEIROZ, R.; PINTO, F.; SILVA, P. IslandTest: jogo educativo para apoiar o processo ensino-aprendizagem de testes de software. *In: [anais...] XXVII Workshop sobre Educação em Computação*. Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre/RS, p. 533-542, 2019. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wei/article/view/6658>. Acesso em: 1 maio 2023.

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**, p. 147, 2020.

RAHADIANSYAH, M. F.; MULDINA, R.; SUSSI, S. Virtual Reality Headset Implementation on Parsec Cloud Gaming Platform. **Jurnal Online Informatika**, v. 5, n. 1, p. 97-104, 2020.

REIS, A. V. **Interfaces tangíveis em simuladores veiculares**: componentes para um protocolo de avaliação de usabilidade. Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2016.

RENÓ, D. P.; TYMOSHCHUK, O.; SILVA, P. A. Redes, comunidades e cultura digital: a inovação pela desconexão. **Revista Latinoamericana de Comunicación**, v. 137, p. 189-205, 2018.

REZENDE, S. M.; GONÇALVES, J. D. B.; PINTO, S. C. C. S.; DELOU, C. M. C. A Realidade Aumentada em Situações de Aprendizagem na Educação Básica: Uma Revisão de Literatura. **[anais...] II Workshop sobre as Implicações da Computação na Sociedade**. SBC, p. 102-111. 2021.

RODRIGUES, C. S.; PINTO, R. A.; RODRIGUES, P. F. Uma Aplicação da Realidade Aumentada no Ensino de Modelagem dos Sistemas Estruturais. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**. v. 2, n. 2, p. 81-95. 2010.

RODRIGUES, A. J. **Um estudo das identidades matemáticas de alunos do ensino médio da Escola Preparatória de Cadetes do Ar**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, 2010.

ROMERO-GARCÍA, C.; BUZÓN-GARCÍA, O.; TOURON, J. The flipped learning model in online education for secondary teachers. **Journal of Technology and Science Education**, v. 9, n. 2, 109-121. 2018.

ROSA, R. Trabalho docente: dificuldades apontadas pelos professores no uso das tecnologias. **Revista Encontro de Pesquisa em Educação**. v. 1, n. 1, p. 214-227. 2013.

RUIZ PIEDRA, A. M.; MARTÍNEZ, F. G.; LAMADRID, M. D. P. G.; GUEVARA, E. B. S.; BLANCO, L. R. Reseña histórica sobre la gestión nacional del desarrollo del software educativo en la Educación Médica Superior en Cuba. **Revista Cubana de Informática Médica**, v. 10, n. 1, p. 28-39, 2018.

SALAMA, R.; ELSAYED, M. A live comparison between Unity and Unreal game engines. **Global Journal of Information Technology: Emerging Technologies**, v. 11, n. 1, p. 01-07, 2021.

SAMPAIO, A. A. S. Skinner: sobre ciência e comportamento humano. **Psicologia: ciência e profissão**, v. 25, p. 370-383, 2005.

SANTOS, A. S. **Quatro maneiras em que o 5G pode habilitar ainda mais o Metaverso**. [S. l.], 1 ago. 2022. Disponível em: <https://olhardigital.com.br/2022/08/01/colunistas/quatro-maneiras-em-que-o-5g-pode-habilitar-ainda-mais-o-metaverso/>. Acesso em: 30 jul. 2022.

SCAMATI, V. Como as tecnologias são incorporadas na educação e os seus potenciais ganhos na relação ensino/aprendizagem por meio da teoria da carga cognitiva. **Revista Espacios**, v. 41, n. 44, 2020.

SCHNEIDER, E. I. **Uma contribuição aos Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) suportados pela Teoria da Cognição Situada (TCS) para pessoas com Deficiência Auditiva**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2012.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. Edipro, 2019.

SILVA, I. A. O potencial da realidade aumentada na educação. **CIET: EnPED**, 2018.

SHATUNOVA, O.; BOZHKOVA, G.; TARMAN, B.; SHASTINA, E. Transforming the Reading Preferences of Today's Youth in the Digital Age: Intercultural Dialog. **Journal of Ethnic and Cultural Studies**, v. 8, n. 3, p. 62-73, 2021.

SHETU, S. F. RAHMAN, M. M.; AHMED, A.; MAHIN, M. F.; AKIB, M. A. U.; SAIFUZZAMAN, M. Impactful e-learning framework: A new hybrid form of education. **Current Research in Behavioral Sciences**, v. 2, p. 100038, 2021.

SHUTTERSTOCK. **Shutterstock ID 2193103467 – Gorodenkoff**. 30 jun. 2023a. Site. Disponível em: <https://www.shutterstock.com/pt/image-photo/young-man-using-virtual-reality-headset-2193103467>. Acesso em: 20 set. 2023.

SHUTTERSTOCK. **Shutterstock ID 2274538639 – Nur Maulidiah**. 2023b. Disponível em: <https://www.shutterstock.com/image-vector/surabaya-indonesia-march-14-2023-facebook-2274538639>. Acesso em: 20 set. 2023.

SILVA, A. **Soluções de aplicação web para simulação de jardim vertical**. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Gestão da Tecnologia da Informação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2021.

SILVA, C. M. A. **Um panorama recente do metaverso**: revisão da literatura científica. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Sistemas de Informação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Ceres, 2023.

SILVA, D.; COSTA, C. B.; SILVA, N. A.; VENTURA, I.; LEITE, F. P.; LOPES, D. S. Augmenting the training space of an epidural needle insertion simulator with HoloLens. **Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging & Visualization**, v. 10, n. 3, p. 260-265, 2022.

SILVA, M. F. R. **Utilização da realidade aumentada no apoio a manutenção**: suporte remoto, reparos e configurações. Artigo (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Universidade Cesumar, Maringá/PR, 2021.

SILVA, W. R. B. **Análise dos principais sistemas de realidade estendida empregados no treinamento para o setor de suporte técnico ERP para postos de combustíveis**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Tecnologias da Informação e Comunicação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá/SC, 2022.

SILVERMAN, D. E. Realidad aumentada en la enseñanza de la historia del diseño gráfico. **Revista Latinoamericana en Comunicación, Educación e Historia**, n. 2, p. 18-18. 2018.

SOARES, I.; SOUSA, R. B.; PETRY, M.; MOREIRA, A. P. Accuracy and Repeatability Tests on HoloLens 2 and HTC Vive. **Multimodal Technologies and Interaction**, v. 5, n. 8, p. 47, 2021.

SOARES, S. M. **Modelagem analítica da vazão de redes sem fio baseadas na norma IEEE 802.11 ah**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Eletrônicos e Automação) – Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2018.

SOMMERVILLE, I.; SAWER, P. **Requirements engineering**: a good practice guide. New York: Wiley, 1997.

SOUZA FILHO, A. P. **Experienciar o virtual**: tecnologias de Realidade Estendida e suas aplicações na Visualização Arquitetônica. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife/PE, 2022.

SUH, A.; PROPHET, J. The state of immersive technology research: a literature analysis. **Computers in Human Behavior**, v. 86, p. 77-90, 2018.

SUTHERLAND, I. E. 1968. **A head-mounted three dimensional display**. The University of Utah, Salt Lake City, Utah. Seminal graphics: pioneering efforts that shaped the field. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 295–302. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/280811.281016>. Acesso em: 20 set. 2023.

STURION, L.; CARVALHO, A. A. A.; REIS, M. C.; ROCHA, Z. F. D. C. As dificuldades dos professores de Estatística na utilização de tecnologias midiáticas. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 9, n. 4, p. 78-93, 2018.

STRAPASSON, B. A. O Behaviorismo e os Behaviorismos. **Perspectivas em Análise do Comportamento**, v. 11, n. 1, p. 047-051, 2020.

TEBALDI, P. C. **Amazon Web Services: Como funcionam a AWS**. [S. l.], 12 dez. 2016. Disponível em: <https://www.opservices.com.br/amazon-web-services/?msclkid=d271dc43c6aa11ec9c1dbabf4ddce0f9>. Acesso em: 27 mar. 2022.

TEAM, ToalhaNerd. **Toalha Nerd-SpaceX, de Elon Musk, inicia pré-venda da internet Starlink**. 2021. Disponível em: <https://tecnoblog.net/noticias/2021/02/09/spacex-de-elon-musk-inicia-pre-venda-da-internet-starlink/>. Acesso em: 27 mar. 2022.

TLILI, A.; HUANG, R.; SHEHATA, B.; LIU, D.; ZHAO, J.; METWALLY, A. H. S.; WANG, H.; DENDEN, M.; BOZKURT, A.; LEE, L. H.; BEYOGLU, D.; ALTINAY, F.; SHARMA, R. C.; ALTINAY, Z.; LI, Z.; LIU, J.; AHMAD, F.; HU, Y.; SALHA, S.; ABED, M.; BURGOS, D. Is Metaverse in education a blessing or a curse: a combined content and bibliometric analysis. **Smart Learning Environments**, v. 9, n. 1, p. 1-31, 2022.

TORI, R.; HOUNSELL, M. S.; KIRNER, C. Realidade virtual. *In*: TORI, R.; HOUNSELL, M. S. **Introdução a realidade e aumentada**. 3. ed. Porto Alegre: SBC, p. 11-29. 2021.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOUTO, R. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: SBC, 2006.

TRAVENZOLI, I. C. **Presença em realidades mediadas por tecnologias interativas digitais**. Tese (Doutorado em Artes) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, 2023.

TRISTÃO, R. V. **Redes 5G**. Monografia (especialização em Teleinformática e Redes de Computadores) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba/PR, 2015.

UCDAVIS. **“Augmented Reality Sandbox”**. UC Davis’ W.M. Keck Center for Active Visualization in the Earth Sciences. 2019. Disponível em: <https://arsandbox.ucdavis.edu/>. Acesso em: 1 maio 2023.

UNGUREANU, D.; BOGO, F.; GALLIANI, S.; SAMA, P.; DUAN, X.; MEEKHOF, C.; STUHMER, J.; CASHMAN, T. J.; TEKIN, B.; SCHONBERGER, J. L.; OLSZTA, P.; POLLEFEYS, M. Hololens 2 modo de pesquisa como uma ferramenta para pesquisa de visão computacional. **arXiv pré-impressão arXiv:2008.11239**, 2020. Disponível em: <https://arxiv.org/pdf/2008.11239.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2022.

UNITY. A principal plataforma de criação de conteúdo em tempo real do mundo. *In: Unity*. [S. l.], 12 abr. 2022. Disponível em: <https://unity.com/pt>. Acesso em: 8 jun. 2022.

VALENTE, J. A.; ALMEIDA, M. E. B. Políticas de tecnologia na educação no Brasil: visão histórica e lições aprendidas. **Arquivos Analíticos de Políticas Educativas**, v. 28, n. 1, p. 94, 2020.

VALERIO NETTO, A.; MACHADO, L. S.; OLIVEIRA, M. C. F. Realidade virtual: definições, dispositivos e aplicações. **Revista Eletrônica de Iniciação Científica**, v. 2, n. 1, p. 1-29, 2002.

VANZIN, T. **TEHCo – Modelo de ambientes hipermedia com tratamento de erros apoiado na Teoria da Cognição Situada**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2005.

VARELLA, J. **Games: Cultura, arte e joystick**. Edições Sesc SP, 2021.

VELASCO, A. **Conheça games que fizeram muito sucesso na década de 1990**. [S. l.], 26 out. 2019. Disponível em: <https://canaltech.com.br/games/conheca-games-que-fizeram-muito-sucesso-na-decada-de-1990/>. Acesso em: 3 abr. 2022.

VENÂNCIO, L. S. **O caminhar faz a trilha: o comportamento de busca da informação sob o enfoque da cognição situada**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte/MG, 2007.

VIEIRA, A. F. B.; GARCIA, L. G.; SILVA, J. F.; RODRIGUES, L. E-learning, AVEA, redes de aprendizagem e comunidades virtuais de aprendizagem. *In: GARCIA, L. G.; MARTINS, T. C. (org.). Possibilidades de aprendizagem e mediações do ensino com o uso das tecnologias digitais: desafios contemporâneos II*. Palmas: EDUFT, p. 112-132. 2021.

VIVE. **VIVE Pro 2 Headset Sharp. Precise. Immersiv**. [S. l.], 31 ago. 2022. Disponível em: <https://www.vive.com/us/product/vive-pro2/overview/>. Acesso em: 10 set. 2022.

WAZLAWICK, R. S. **Metodologia de pesquisa para ciência da computação**. 6. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

WENGER, E. **Communities of Practice: Learning, Meaning and identify**. New York, Cambridge Press, 2008.

WENGER, E. **Informal Learning**. Conferência apresentada na E-learning Lisboa 7, EU Delivering in the Lisboa Agenda, 2007.

WIESING, M.; FINK, G. R.; WEIDNER, R. Accuracy and precision of stimulus timing and reaction times with Unreal Engine and SteamVR. **PloS one**, v. 15, n. 4, p. e0231152, 2020.

WITTIG, M.; WITTIG, A. **Serviços web da Amazon em ação**. Simon e Schuster, 2018.

ZADEH, A. H.; ZOLBANIN, H. M.; SENGUPTA, A.; SCHULTZ, T. Teaching Tip. Enhancing ERP Learning Outcomes through Microsoft Dynamics. **Journal of Information Systems Education**, v. 31, n. 2, p. 83-95, 2020.

ZENG, H.; HE, X.; PAN, H. FunPianoAR: A novel AR application for piano learning considering paired play based on multi-marker tracking. *In: Journal of Physics: Conference Series*. IOP Publishing, p. 012072. 2019.

ZEUCH, S.; DEL MONTE, B.; KARIMOV, J.; LUTZ, C.; RENZ, M.; TRAUB, J.; BREß, S.; RABL, T.; MARKL, V. Analyzing Efficient Stream Processing on Modern Hardware. **VLDB Endowment process**, v. 12, n. 5, p. 516-530, 2019.

ZHOU, F., DUH, H. B. AND BILLINGHURST, M. **Trends in augmented reality tracking, interaction and display**: A review of ten years of ISMAR, 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, Cambridge, pp. 193-202. 2008. Disponível em: [10.1109/ISMAR.2008.4637362](https://doi.org/10.1109/ISMAR.2008.4637362). Acesso em: 20 set. 2023.

APÊNDICE A



Pesquisa de avaliação sobre a Utilização do Meta Quest Pro no ensino/aprendizado

Formulário utilizado pelo painel de especialistas - grupo focal, da tese de Doutorado em Educação e Novas Tecnologias - UNINTER, A Influência da Realidade Estendida Imersiva no Ensino e Aprendizagem de Disciplinas STEM para a Ciência da Computação na Modalidade EaD: Proposta de um Framework para Criação de Cenários Imersivos

1. Por favor, identifique-se, qual seu nome?

2. Qual seu tempo de experiência no Ensino de disciplinas STEM na modalidade à Distância (EaD)?

- Não tenho Experiência
- Menos de 1 ano
- De 2 a 4 anos
- De 5 a 10 anos
- 10 anos ou mais

3. Qual é o seu nível de proficiência (conhecimento) dessa tecnologia apresentada/utilizada – Meta Quest Pro?

- Não Conheço
- Iniciante - Trainee
- Intermediário - Básico
- Avançado - Pleno/Fluente
- Especialista - Sênior

4. O quanto este dispositivo (Meta Quest Pro) lhe proporcionaria melhoria nas Aulas do Ensino Superior (EaD)?

- Melhora Muito - Extremamente bom
- Melhora - Razoavelmente bom
- Neutro
- Não Melhora - Razoavelmente Ruim
- Piora a Tarefa - Extremamente Ruim

5. Comente (justifique) a resposta anterior (4)

6. Quais os desafios que você visualiza na utilização desse dispositivo em suas Aulas? Selecione no máximo 3 opções.

- Custo Elevado
- Falta de Capacitação Docente
- Neutro
- Falta de Conteúdos Didáticos atuais
- Falta de Conexão à Internet e/ou instabilidade de conexão
- Conexão à Internet com Muitas Restrições e/ou Sem Regras (aberta)
- Resistência à mudança
- Restrição às relações interpessoais
- Problemas de saúde (mal-estar, labirintite, vertigens, etc...)
- Outros

7. Escreva 3 termos (palavras) sobre a sua percepção sobre esse dispositivo (Meta Quest Pro)?

8. Classifique as características e funcionalidades do dispositivo (Meta Quest Pro) apresentadas / utilizadas.

	Ótimo	Bom	Ruim	Péssimo	Não Avaliado
<i>Eye Tracking</i> (Rastreamento dos movimentos dos olhos)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Rastreamento das Mãos (controle)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Acessório - <i>Earphones</i> (Fones de Ouvido)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ajuste do equipamento e Foco das lentes e/ou tela	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Configurações Gerais - Transmissão, Personalização e Emparelhamento	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. Em quanto tempo você acredita que essa tecnologia apresentada será utilizada no cotidiano?

- nos próximos 2 anos
- nos próximos 5 anos
- nos próximos 10 anos
- nos próximos 20 anos
- Sem prazo

10. Como você avalia os Ambientes Virtuais de Aprendizagem apresentados/utilizados?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

11. Como você avalia a navegabilidade pelos ambientes e sua utilização?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

12. Como você avalia o potencial de Influência da Realidade Estendida Imersiva no Ensino e Aprendizagem? Onde 1 - a Influência é totalmente negativa e 10 é totalmente positiva

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

13. Qual a probabilidade de você utilizar a tecnologia apresentada em suas Aulas?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

14. Descreva ou comente sobre a sua resposta anterior (13)

Sobre a epígrafe (*About epigraph*):

A música “Who Made Who” do AC/DC é conhecida por suas metáforas e referências à relação entre humanos e tecnologia. Desde seu lançamento em 1986, foi a trilha sonora da minha carreira digital. Aqui está uma possível interpretação das frases escolhidas para a epígrafe:

“The video game says: Play me” pode sugerir que a tecnologia está convidando ou desafiando os humanos a interagir com ela.

“Face it on a level, but it takes you Every time On a one on one” pode indicar que, apesar de tentarmos enfrentar a tecnologia de igual para igual, sempre somos superados por ela.

“The data bank knows my number Says I gotta pay 'cause I made the grade last year” pode ser uma referência à maneira como nossos dados são coletados e usados, e como somos “cobrados” por isso de várias maneiras.

“Satellites send me picture Get it in the eye Take it to the wire” pode sugerir que estamos constantemente recebendo informações através da tecnologia (por exemplo, imagens de satélite), entendendo/percebendo claramente, levando ao limite.

“Feel it going round and round Running out of chips, you got no line in an eight bit town” pode indicar um sentimento de estar preso em um ciclo repetitivo e ficar sem recursos (chips) em um mundo cada vez mais digital, numa cidade de 8 bits.

“Who made who? Who made you? Who made who? Ain’t nobody told you?” é uma pergunta retórica sobre quem está realmente no controle - nós criamos a tecnologia, ou a tecnologia está nos moldando?

Essa interpretação é apenas uma possibilidade e pode variar dependendo da perspectiva individual.

A beleza da música e da poesia está em sua ambiguidade e na capacidade de ressoar de maneiras diferentes com pessoas diferentes, afinal música é a junção dos elementos: melodia – ritmo – harmonia.