



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

A metaversidade chega ao campus: possibilidades e desafios do metaverso para educação superior

Lucas de Azevedo Juvito
Rodrigo Teixeira Soares

Monografia apresentada como requisito parcial
para conclusão do Curso de Computação — Licenciatura

Orientadora
Prof.a Dr.a Germana Menezes da Nobrega

Brasília
2023



Universidade de Brasília

Instituto de Ciências Exatas
Departamento de Ciência da Computação

A metaversidade chega ao campus: possibilidades e desafios do metaverso para educação superior

Lucas de Azevedo Juvito
Rodrigo Teixeira Soares

Monografia apresentada como requisito parcial
para conclusão do Curso de Computação — Licenciatura

Prof.a Dr.a Germana Menezes da Nobrega (Orientadora)
CIC/UnB

Prof.a Dr.a Thérèse Hofmann Gatti Rodrigues da Costa Prof.a Dr.a Carla Denise Castanho
VIS/UnB CIC/UnB

Prof. Dr. Jorge Henrique Cabral Fernandes
Coordenador do Curso de Computação — Licenciatura

Brasília, 15 de dezembro de 2023

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

dD278m de Azevedo Juvito, Lucas
A metaversidade chega ao campus: possibilidades e
desafios do metaverso para educação superior / Lucas de
Azevedo Juvito, Rodrigo Teixeira Soares; orientador Germana
Menezes da Nobrega. -- Brasília, 2023.
72 p.

Monografia (Graduação - Computação - Licenciatura) --
Universidade de Brasília, 2023.

1. metaverso. 2. educação. 3. Decentraland. 4.
metaversidade. 5. Gather Town. I. Teixeira Soares, Rodrigo.
II. Menezes da Nobrega, Germana, orient. III. Título.

Dedicatória

Dedicamos este trabalho àqueles que sempre estiveram ao nosso lado, apoiando-nos incondicionalmente em todas as fases desta jornada acadêmica. A Damião de Almeida Juvito e Ivone Pereira de Azevedo pais do Lucas; e Maria Teixeira das Graças e Beijamim Dias Soares, pais do Rodrigo. Eles são fonte constante de inspiração cujo amor e sacrifício tornaram possível a realização deste sonho. Este trabalho é dedicado a vocês, que são a base sólida sobre a qual construímos nossas vidas.

Dedicamos este trabalho também a todas as pesquisadoras e pesquisadores deste país. A sua dedicação e esforço foram, são e serão a chave para que o Brasil se torne a pátria onde todos são iguais em direitos e oportunidades e possam ser cidadãos plenamente realizados. A ciência é o caminho pelo qual chegaremos à justiça social.

Agradecimentos

Gostaríamos de expressar nossa profunda gratidão a todos que contribuíram para o sucesso desta jornada acadêmica. Primeiramente, agradecemos à nossa orientadora, Prof.a Dr.a Germana Menezes da Nobrega, cuja orientação sábia e paciência foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Agradecemos também aos professores do curso de Computação da Universidade de Brasília (UnB), que proporcionaram um ambiente acadêmico estimulante e enriquecedor.

Agradecemos aos colegas de projeto no grupo de pesquisa do SmartUNB.ECOS. Muitas vezes quando nos sentimos desmotivados, vimos o trabalho de outros grupos e admiramos a dedicação de todos. Isto nos motivou a contribuir para o sucesso de todos os grupos e do projeto como um todo.

Aos amigos que estiveram ao nosso lado durante todas as noites de estudo, trabalhos em grupo e desafios enfrentados, nosso muito obrigado.

E de forma especial, eu, Lucas Juvito, agradeço à minha namorada, Maria Clara, pelo amor, compreensão e incentivo constantes. Sua presença tornou esta jornada mais leve e significativa.

Eu, Rodrigo Teixeira, agradeço aos meus amigos e familiares que sempre foram compreensivos com as minhas constantes faltas em eventos sociais para que eu pudesse concluir esta jornada acadêmica. Agradeço também à minha namorada, Olga Moraes, que não só me apoiou em todos os momentos difíceis, mas também foi extremamente generosa em compartilhar de sua incrível experiência acadêmica durante meu próprio esforço de me tornar um pesquisador melhor.

Por fim, agradecemos a todos os que, de alguma forma, contribuíram para esta conquista. Este trabalho não teria sido possível sem o apoio e colaboração de cada um de vocês.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), por meio do Acesso ao Portal de Periódicos.

Resumo

Este trabalho apresenta uma proposta de projeto para a implementação da metaversidade no campo da educação superior. O conceito de metaversidade combina elementos de um metaverso com a educação universitária tradicional, oferecendo novas possibilidades para experiências de aprendizagem imersivas e interativas. Através de uma revisão abrangente de trabalhos relacionados na área, este estudo explora o potencial da integração de plataformas de metaverso, como Decentraland e Gather Town, em um campus virtual. A proposta se baseia nos conceitos de avatares e gêmeos digitais, fornecendo um ambiente virtual para que os estudantes participem de exercícios práticos e projetos colaborativos. Os méritos da proposta são avaliados por meio de uma análise detalhada de iniciativas educacionais existentes baseadas em metaverso. Por fim, são discutidas direções futuras e possibilidades para pesquisas adicionais nessa área. Este trabalho contribui para o avanço das práticas educacionais ao aproveitar o poder de tecnologias emergentes no contexto da educação superior.

Palavras-chave: metaverso, educação, metaversidade, Decentraland, Gather Town

Abstract

This paper presents a project proposal for the implementation of metaversity in the field of higher education. The concept of metaversity combines the elements of a metaverse with traditional university education, offering new possibilities for immersive and interactive learning experiences. Through a comprehensive review of related works in the field, this study explores the potential of integrating metaverse platforms such as Decentraland and Gather Town into a virtual campus. The proposal is grounded in the concepts of avatars and digital twins, providing a virtual environment for students to engage in practical exercises and collaborative projects. The merits of the proposal are evaluated through a thorough analysis of existing metaverse-based educational initiatives. Finally, future directions and possibilities for further research in this area are discussed. This work contributes to the advancement of educational practices by leveraging the power of emerging technologies in the context of higher education.

Keywords: metaverse, education, Decentraland, Gather Town

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Contextualização	1
1.2	Motivação/Justificativa	2
1.3	Questões de pesquisa	4
1.4	Objetivos	4
1.5	Organização do Documento	5
2	Trabalhos relacionados a metaverso na educação	6
2.1	Conceito	6
2.2	Esfera internacional	7
2.3	Contribuições em esfera nacional	10
2.4	Sistematização por atributos relevantes	13
3	Fundamentação da proposta	16
3.1	Metaversidade	16
3.2	Avatares	17
3.3	Gêmeos Digitais (<i>Digital Twins</i>)	19
3.4	Ambientes explorados	20
3.4.1	Gather Town	20
3.4.2	Decentraland	21
3.5	Agentes pedagógicos (<i>Learning companions</i>)	28
3.6	<i>Web</i> descentralizada no projeto Solid Pods	31
4	Projeto e protótipo de um gêmeo digital aumentado de ambiente físico no campus	35
4.1	Os sistemas atuais da Universidade	35
4.2	Estudo preliminar com Gather Town	36
4.3	Protótipo com Decentraland	39
4.3.1	Como <i>Player</i>	39
4.3.2	Como <i>Content Creator</i>	40

4.4	Análise comparativa: caracterização como metaverso	42
4.5	Expandindo o gêmeo digital	43
4.5.1	Conectando aos espaços virtuais existentes	45
4.5.2	Criando espaços exclusivos	47
4.6	Discussão	49
5	Conclusão	53
5.1	Objetivos alcançados	53
5.2	Trabalhos futuros	54
	Referências	56

Lista de Figuras

1.1	O Projeto SmartUNB.ECOS [1].	2
2.1	A estrutura do metaverso segundo [2].	7
2.2	Formas pelas quais o metaverso pode mudar a educação [3].	8
2.3	Alunos se preparando para fazer perguntas aos personagens de IA que criaram usando Wonda VR no <i>Visualization Research and Teaching Lab</i> de Harvard [4].	11
2.4	Alunos presencialmente no laboratório e as mesas privativas de trabalho dos grupos no Gather [5].	12
3.1	Criadores de Avatar.	18
3.2	Transportando um usuário para um local remoto real [6].	19
3.3	Gather Town [7].	21
3.4	Arquitetura Global do Decentraland [8].	22
3.5	<i>Online Builder</i> com SDK6 [8].	24
3.6	<i>Online Builder</i> com SDK7 [8].	24
3.7	Representação de uma Entidade [7].	25
3.8	Representação de Entidades Aninhadas [7].	26
3.9	Representação de um Sistema que a cada <i>tick</i> do ciclo de jogo altera a posição de uma Entidade [7].	26
3.10	Integração de Componentes e Sistemas Decentraland [8].	27
3.11	Representação visual da limpeza de código morto pelo <i>tree shaking</i> [9].	28
3.12	Agentes virtuais e suas diferentes funções [10].	30
3.13	Arquitetura Solid. O usuário controla sua identidade usando um documento de perfil RDF, frequentemente armazenado em um servidor pod. O usuário carrega um aplicativo Solid de um provedor de aplicativos. O aplicativo obtém o pod do usuário a partir do perfil de identidade. Em seguida, ele segue links no perfil para descobrir dados no pod do usuário, bem como em outros pods, realizando autenticação quando necessário. [11].	32

3.14	Exemplo de interação com componentes do ecossistema SmartUnB.ECOS [12].	33
3.15	O RUview permite que os alunos possam visualizar o cardápio da semana e quais são as refeições do RU disponíveis no dia do acesso à plataforma. [13].	34
4.1	A entrada da sala principal do CIC virtual contendo uma recepção interativa.	37
4.2	Genesis City.	40
4.3	Utilizando a SDK7 pelo Visual Studio Code.	41
4.4	Inspecionando a cena com o gêmeo digital do PAT pelo Visual Studio Code.	42
4.5	Uma representação do conceito de gêmeo digital acompanhado do seu agente pedagógico.	44
4.6	Representação da “mochila”, nesse caso um baú em que o usuário pode interagir guardando seus itens pessoais.	44
4.7	Ao interagir com o computador em cena o aluno tem acesso ao Aprender3.	46
4.8	Ao interagir com o objeto em cena o aluno tem acesso ao CICFriend. . . .	47
4.9	Uma representação do conceito de gêmeo digital na UnB usando o Pavilhão Anísio Teixeira.	48
4.10	O metaverso permite a criação de espaços virtuais que seriam impossíveis na mundo físico e isso pode ser usado para aprimorar a experiência virtual.	48
4.11	Usuário no PAT em frente ao objeto que permite interação para navegar para outras cenas, nesse caso um mapa.	50
4.12	Usuário em frente a representação do VIS após ser teletransportado do PAT.	51
4.13	Representação de uma rede virtual em que cada nó é um projeto de metaversiade em uma universidade diferente.	52

Lista de Tabelas

2.1	Diferentes definições para metaverso, IA no metaverso e metaverso na Educação.	15
-----	--	----

Lista de Abreviaturas e Siglas

AR Augmented Reality.

CIC Departamento de Ciência da Computação.

CLI Command-Line Interface.

DAO Decentralized Autonomous Organization.

DOM Document Object Model.

ECS Entity-Component-System.

ERE Ensino Remoto Emergencial.

IA Inteligência Artificial.

IDE Integrated Development Environment.

IoT Internet of Things.

NFTs Non-Fungible Tokens.

NPCs Non-Player Characters.

PAT Pavilhão Anísio Teixeira.

SDK Software development kit.

SIGAA Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas.

STEM Science, Technology, Engineering and Mathematics.

UnB Universidade de Brasília.

VIS Departamento de Artes Visuais.

VR Virtual Reality.

Capítulo 1

Introdução

1.1 Contextualização

O contexto da pandemia de COVID-19 trouxe enormes desafios para várias esferas da sociedade. Nas universidades, buscou-se encontrar formas de continuar o esforço acadêmico em diversos ambientes virtuais, através do ensino remoto emergencial (ERE). Na Universidade de Brasília, há evidências que “o ERE gera prejuízos para a formação e permanência para os estudantes, promovendo evasão e aumentando as flexibilizações no orçamento público para as universidades, através dos cortes orçamentários.” [14]

A experiência promovida pelo ensino remoto foi focada no âmbito acadêmico. Buscou-se criar formas de reunir alunos para aulas síncronas, para avaliações, reuniões etc. Porém, a Universidade não se resume a um local puramente de estudo. É importante olhar para a universidade de forma ampla para que possamos imaginar como transportá-la para o mundo virtual de forma significativa, evitando evasões e unindo o que há de melhor das esferas social, acadêmica e cultural em um ambiente que possa intensificá-las através das possibilidades que o mundo digital proporciona.

O avanço contínuo da conectividade e das redes sociais tem moldado significativamente a forma como interagimos e compartilhamos informações. Nos últimos anos, temos testemunhado uma aceleração notável nesse domínio, impulsionada pelo rápido desenvolvimento tecnológico e pelo aumento do acesso à internet em todo o mundo. Um marco notável nesse cenário é o recente comprometimento da Meta, empresa liderada por Mark Zuckerberg, em investir consideravelmente na criação de um metaverso, [15]. Esta iniciativa reflete uma evolução paradigmática, sugerindo que o próximo estágio na interconexão digital pode ser representado pelo metaverso. O conceito central é criar um ambiente virtual que transcenda as limitações das atuais interações online, oferecendo uma experiência tão natural e realista que se equipare às vivências no mundo físico. Este movimento não apenas reflete a busca por um patamar mais avançado da tecnologia, mas também indica

um reconhecimento da crescente importância de ambientes digitais mais imersivos e interativos para as gerações Z e Alpha, que são os atuais e futuros alunos das universidades. O investimento substancial da Meta nesse projeto demonstra a convicção de que o metaverso não é apenas uma visão futurista, mas uma direção tangível para o futuro das interações sociais e digitais.

O projeto SmartUnB.ECOS [1] é uma solução pensada para conectar diversas soluções de interação virtual para um projeto de “ecossistema educacional digital para campus universitário”. O objetivo do projeto é integrar ferramentas de interface com o usuário para aproximar a experiência social da universidade em contextos remotos, ainda contemplando a esfera acadêmica, integrando ferramentas de aprendizagem e socialização.

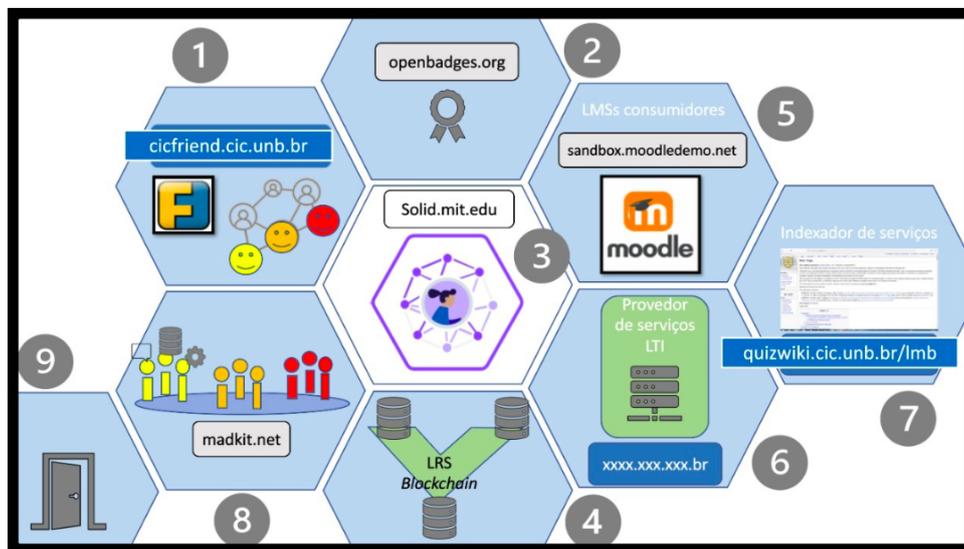


Figura 1.1: O Projeto SmartUNB.ECOS [1].

1.2 Motivação/Justificativa

O projeto SmartUnB.ECOS possui diversas frentes de pesquisa, como mostrado na Figura 1.1. O item número 9 contempla a frente de pesquisa para a interface com o usuário. Esta frente consiste em procurar e definir a ferramenta adequada pela qual o usuário pode acessar o sistema, navegar pela universidade virtual, assistir aulas, utilizar o inventário virtual, adquirir *badges*, conviver com outros alunos, professores e visitantes entre outros tipos de interação [1].

Esta ferramenta possui uma série de requisitos. Do ponto de vista pedagógico, o ambiente SmartUnB.ECOS pode ser categorizado como um ambiente de *blended learning*, que une aspectos do ensino remoto digital (*e-learning*) e ensino presencial [16]. Entretanto, os

paradigmas do *e-learning* descritos por Cope e Kalantzis [17] conseguem destacar aspectos essenciais para uma ferramenta educacional digital. Estas são:

- **Aprendizagens ubíquas:** A ferramenta deve permitir que a aprendizagem ocorra em qualquer lugar e a qualquer momento, aproveitando os recursos tecnológicos e dispositivos móveis. Isso proporciona flexibilidade aos alunos, permitindo que eles acessem o conteúdo educacional de forma conveniente.
- **Diferenciação no aprendizado:** A ferramenta deve oferecer a oportunidade de personalizar a experiência de aprendizagem de acordo com as necessidades individuais dos alunos. Os materiais e atividades devem ser adaptados para atender aos diferentes estilos de aprendizagem, ritmos e interesses dos alunos.
- **Metacognição:** A ferramenta deve incentivar os alunos a desenvolverem habilidades metacognitivas, como a reflexão sobre seu próprio processo de aprendizagem, o monitoramento do progresso e a autorregulação. Os alunos são encorajados a pensar criticamente sobre seu aprendizado e a tomar decisões informadas sobre suas estratégias de estudo.
- **Inteligência Colaborativa:** A ferramenta deve promover a colaboração entre os alunos, permitindo que eles trabalhem juntos em projetos, compartilhem conhecimentos e aprendam uns com os outros. As ferramentas de comunicação online devem facilitar a interação e a troca de ideias, mesmo que os alunos estejam geograficamente distantes.
- **Feedback recursivo:** A ferramenta deve oferecer a possibilidade de receber *feedback* imediato e contínuo sobre o desempenho dos alunos. Isso permite que os alunos ajustem seu aprendizado, corrijam erros e melhorem suas habilidades ao longo do tempo.
- **Significado multimodal:** A ferramenta deve utilizar uma variedade de formatos de conteúdo, como texto, áudio, vídeo e imagens, para tornar a aprendizagem mais envolvente e acessível. Essa abordagem multimodal permite que os alunos explorem diferentes formas de representação do conhecimento.
- **Criação ativa do conhecimento:** A ferramenta deve incentivar os alunos a serem criadores ativos de conhecimento, envolvendo-os em atividades práticas e projetos de aprendizagem baseados em problemas. Os alunos são desafiados a aplicar o conhecimento adquirido em situações reais, promovendo uma compreensão mais profunda e duradoura.

Com estes paradigmas em evidência, é necessário encontrar uma proposta de metaverso que alcance não só os requisitos técnicos, como a possibilidade de integração dos diver-

os sistemas [18], mas também ofereça a base para que os requisitos pedagógicos sejam satisfeitos.

Por fim, uma proposta de metaverso na educação também deve oferecer uma experiência social. A interação entre os alunos desempenha um papel fundamental no processo de aprendizagem, ainda maior no ambiente universitário. Através da colaboração, discussão e troca de ideias, os alunos têm a oportunidade de construir conhecimento coletivamente, desenvolver habilidades de comunicação e aprender com perspectivas diversas. Além disso, a interação social no metaverso pode ajudar a criar um senso de comunidade e pertencimento, promovendo o engajamento dos alunos e incentivando-os a se envolverem ativamente nas atividades educacionais. Este mesmo senso de comunidade está presente nas diversas atividades universitárias, como atléticas, centros acadêmicos e empresas juniores.

Partimos para a busca de ferramentas que pudessem cumprir com estas diversas esferas e que motivaram os tipos de interfaces que iríamos testar. Esta busca está descrita no Capítulo 4.

1.3 Questões de pesquisa

“Quais são as principais características de uma ferramenta de interface com o usuário para melhor se adequar à visão de campus virtual proposta?”

“Quais conceitos no mundo da metaversidade propostos pela academia mais conversam com a proposta do trabalho?”

“Quais peças de *software* na atualidade podem ser utilizadas para criar uma prova de conceito do sistema de interface com o usuário de um campus virtual?”

Estas questões de pesquisa resumem adequadamente o esforço empregado no decorrer do trabalho para conectar os artigos lidos durante a pesquisa, as ferramentas testadas e a proposta original de interface necessária para o projeto de campus virtual, incluindo o SmartUnB.ECOS.

1.4 Objetivos

- Encontrar usos de metaverso na educação na literatura nacional e internacional, discutindo suas diversas abordagens.
- Listar as diversas características de uso do metaverso na educação a partir da literatura estudada, a fim de estabelecer relações entre elas e traçar uma visão em comum.

- Testar o uso de ferramentas de metaverso sob a ótica dos requisitos encontrados, explicitando as vantagens e desvantagens encontradas no processo.
- Formalizar uma proposta de metaversidade com o *software* melhor avaliado, fazendo projeções de uso e conectando com a proposta de um campus virtual.

1.5 Organização do Documento

Este documento está estruturado na seguinte forma:

No Capítulo 2 exploramos o conceito de metaverso e sua aplicação na área de educação. Analisamos o que tem sido feito tanto em nível internacional quanto nacional, destacando as contribuições e reflexões sobre o tema.

O Capítulo 3 apresenta a fundamentação teórica que embasa a proposta de Metaversidade. Exploramos os ambientes que serão explorados no projeto e como eles podem contribuir para a criação de um ambiente virtual de aprendizagem significativo.

No Capítulo 4 apresentamos um estudo preliminar com a plataforma Gather Town e um protótipo desenvolvido com a plataforma Decentraland, abordando tanto a experiência do usuário como jogador quanto como criador de conteúdo. Além disso, estabelecemos a proposta de criação de um campus digital a partir das experiências obtidas na ferramenta Decentraland.

No último capítulo, apresentamos as conclusões do trabalho, destacando os principais resultados alcançados e as contribuições do projeto de Metaversidade para a área de educação. Também discutimos possíveis direções futuras e recomendações para trabalhos posteriores.

Capítulo 2

Trabalhos relacionados a metaverso na educação

2.1 Conceito

O metaverso pode ser entendido como “um ambiente virtual onde pessoas escolhem avatares e realizam atividades que são uma extensão da realidade” [19]. Estes “avatares” são personagens criados para representar o usuário e a sua presença naquele mundo virtual. As atividades realizadas no metaverso podem ser diversas e os avatares podem realizá-las naquele mundo de forma análoga ao mundo real, trazendo ainda mais um senso de “metapertencimento”, ou seja, o usuário sente que seu avatar pertence ao metaverso, tanto quanto ele mesmo pertence ao mundo real. É no metaverso que o usuário transpõe o seu próprio universo social, econômico, de lazer, cultural e até acadêmico para uma nova esfera.

A interação do usuário com o metaverso depende da tecnologia empregada e do tipo de interface disponível [19]. Cada variação pode permitir que diferentes atividades aconteçam, como trabalho, conversas, aulas, shows, entre outros. Isso dá ao metaverso uma infinidade de possibilidades de uso. Nesse artigo, o foco é educacional e sem fins lucrativos, mas há inúmeras iniciativas onde o propósito é fornecer produtos e serviços para alcançar lucro.

De acordo com [2], a estrutura do metaverso pode ser entendida a partir da Figura 2.1 como sendo “compartilhado”, “persistente” e “descentralizado”; além de ter a inteligência artificial como tecnologia necessária para que o criador consiga gerar o mundo com as regras que foram definidas. Dessa maneira, um sistema de realidade aumentada ou de realidade virtual pode fazer parte do metaverso apresentando o conteúdo virtual.

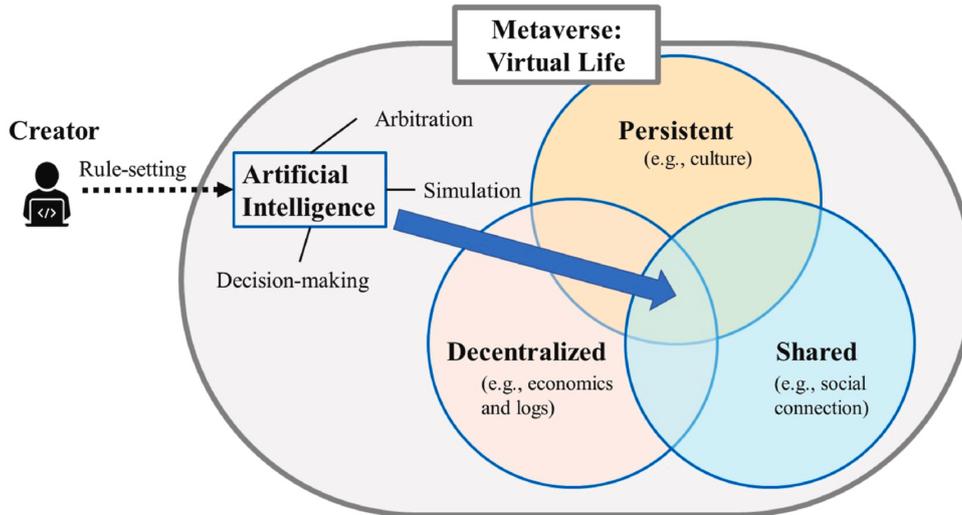


Figura 2.1: A estrutura do metaverso segundo [2].

2.2 Esfera internacional

Apesar de o termo ser bastante utilizado comercialmente, o metaverso também oferece possibilidades de atuação em ambientes não-comerciais, como na educação. Considerado como o “local de trabalho do futuro” [20], ele pode contribuir imensamente para ampliar a cultura de cooperação dos estudantes, ao passo que oferece aos docentes uma nova ferramenta para compor o seu planejamento de ensino.

Na pandemia de COVID-19, vimos que a universidade não se limita às disciplinas e cursos ofertados: o ambiente social é imensamente importante para que os alunos se sintam realmente parte do ambiente universitário. O metaverso oferece este tipo de ambiente de forma remota, de maneira que a “universidade virtual” também faça parte dos espaços sociais que compõem os campi e ainda: permite um maior nível de integração entre as esferas sociais e acadêmicas [21].

Em [3], são apresentadas diversas formas de inclusão do metaverso na educação. Além do uso de espaços físicos e do dia a dia da escola/universidade, o metaverso tem potencial para implementar uma integração completa de atividades acadêmicas, socialização e interações oficiais da instituição. Além disso, ele lista 7 vantagens que a implementação do metaverso pode trazer para a educação. A Figura 2.2 mostra quais são estas vantagens.

Em [22], são explorados os potenciais benefícios e desafios associados à integração do metaverso na educação. As descobertas indicam que o metaverso tem a capacidade de ampliar as oportunidades educacionais, superando limitações de espaço, tempo e custo, proporcionando aos alunos a exploração de ambientes previamente inacessíveis e a resolução de problemas do mundo real em mundos virtuais. No entanto, o estudo ressalta a importância de pesquisas adicionais, particularmente no que se refere à implementação

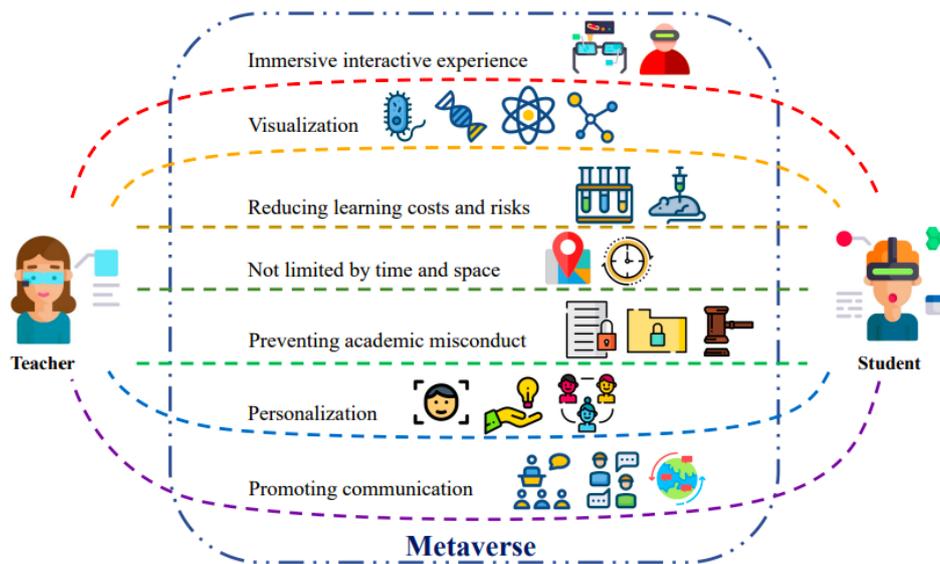


Figura 2.2: Formas pelas quais o metaverso pode mudar a educação [3].

de registros de vida no metaverso educacional, ao impacto dessa tecnologia em estudantes com deficiência e ao desenvolvimento de um metaverso inclusivo e acessível a todos os alunos. Além disso, o artigo levanta preocupações significativas acerca de segurança, privacidade, princípios éticos e possíveis impactos negativos do metaverso. Dessa forma, os pesquisadores e profissionais são instados a realizar uma análise crítica desses aspectos antes de adotar integralmente essa tecnologia. A conclusão do estudo enfatiza que, embora o metaverso apresente um potencial considerável, encontra-se em estágios iniciais, exigindo uma avaliação cuidadosa e investigações empíricas para garantir que seus benefícios superem eventuais desvantagens no contexto educacional.

Em [23], é apresentada uma revisão abrangente da literatura sobre o uso do metaverso na educação, destacando o contexto impulsionado pela pandemia da COVID-19. O estudo tem como objetivo analisar a pesquisa existente, estabelecer bases teóricas e revelar o estado da inovação metaverso na educação. A revisão sistemática, abrangendo 17 artigos, revela que Brasil e Espanha são pioneiros na pesquisa sobre o tema. Os objetivos dos estudos variam, abordando desde desafios na implementação de mundos virtuais até o desenvolvimento de recursos específicos. As metodologias, predominantemente estudos de caso, incluem abordagens quantitativas, qualitativas ou mistas, com amostras, em sua maioria, abaixo de 100 participantes, concentrando-se em estudantes universitários. Os principais achados indicam que o metaverso tem potencial para transformar a educação, melhorando resultados de aprendizagem e motivação dos alunos. No entanto, o estudo conclui que a pesquisa está em estágios iniciais, destacando a necessidade de mais investigações em todos os níveis educacionais. As limitações das revisões sistemáticas são

discutidas, ressaltando a natureza emergente do t3pico.

O artigo [24] explora o potencial do Roblox como ferramenta educacional no ensino superior, destacando sua capacidade de *gamificar* cursos universit3rios e criar experi3ncias de aprendizado envolventes. Os desafios incluem a falta de conscientiza33o entre os educadores e as dificuldades de codifica33o. O estudo identifica fatores que influenciam a disposi33o dos alunos de usar o Roblox para fins educacionais e destaca a necessidade de um registro educacional separado para lidar com quest3es de privacidade e idioma. Al3m disso, o modelo TAM (*Technology Acceptance Model*) 3 utilizado para examinar a aceita33o e a experi3ncia do usu3rio. O artigo fornece informa33es valiosas para integrar o Roblox de maneira eficaz no ensino superior, considerando suas limita33es, como vi3s de sele33o e vi3s de desejabilidade social. O estudo aponta para oportunidades futuras de pesquisa, incluindo a investiga33o da efic3cia do Roblox em disciplinas espec3ficas e a explora33o das perspectivas de educadores e administradores. Em 3ltima an3lise, destaca-se a import3ncia de uma abordagem cuidadosa ao integrar o Roblox no ensino superior, considerando seus benef3cios, desafios e potenciais defici3ncias.

E para finalizar, a revis3o sistem3tica feita em [25] busca na literatura, motivado pelo desenvolvimento do metaverso e da sua utiliza3a em 3mbito educacional, o Roblox como uma importante plataforma nesse metaverso, que atrai milh3es de usu3rios jovens, o que levanta a quest3o de como sua efic3cia como ambiente de aprendizagem pode ser maximizada. Esse estudo tem como objetivo sintetizar as evid3ncias dispon3veis para oferecer uma vis3o geral da pesquisa atual sobre a aprendizagem no Roblox, explorando seus benef3cios, desafios e lacunas existentes. Seguindo a metodologia PRISMA e utilizando a modelagem de t3picos LDA (*Latent Dirichlet Allocation*), incluindo 40 estudos que foram analisados para responder 3s perguntas do trabalho.

Os resultados da pesquisa mostram que: (1) o Roblox pode ser combinado com ambientes de aprendizagem social interativos ou colaborativos, fornecer um ambiente de realidade virtual que suporta a aprendizagem e ser ben3fico para a programa33o na educa33o STEM; (2) o uso do Roblox na aprendizagem tem as vantagens de atrair um grande n3mero de usu3rios estudantis, elicitare atitudes positivas dos alunos e promover as habilidades cognitivas e n3o cognitivas dos alunos; e (3) existem desafios, como *cyberbullying*, seguran3a cibern3tica e falta de um design de ensino adequado, entre outros. Estudos emp3ricos sobre esse tema est3o apenas come3ando a surgir, e mais pesquisas futuras s3o necess3rias em diferentes cen3rios pedag3gicos para explorar os efeitos, fatores, resultados, designs, etc.

O estudo destaca a necessidade de uma abordagem abrangente para enfrentar os desafios e aproveitar todo o potencial do Roblox para a educa33o. Ele defende um aumento na aten33o 3 pesquisa emp3rica em grande escala, investiga33es qualitativas e explora33o

focada em designs de ensino. Além disso, as considerações devem se estender ao papel dos professores na utilização do Roblox para o ensino eficaz. Em resumo, essa revisão fornece uma síntese abrangente do estado atual do conhecimento sobre a aprendizagem no metaverso do Roblox, oferecendo *insights* para educadores, pesquisadores e formuladores de políticas.

2.3 Contribuições em esfera nacional

O Brasil emerge como um pioneiro nas investigações sobre o metaverso no contexto educacional, conforme destacado em [23]. Nesse cenário, o metaverso revela seu potencial transformador, promovendo uma riqueza adicional ao ambiente educacional. Este potencial se traduz em melhorias significativas nos resultados de aprendizagem e na motivação dos alunos, indicando uma perspectiva promissora para a incorporação dessa tecnologia inovadora no âmbito educativo.

Em [26] é explorado o potencial das plataformas de realidade virtual (VR) baseadas na Web no contexto educacional. Destacando sua capacidade de proporcionar experiências autênticas e interativas, superar limitações de espaço e tempo, e facilitar o acesso simultâneo, interação social e trabalho colaborativo, a pesquisa analisa plataformas como CoSpaces Edu, Spatial, Pluto, Wonda VR e Mozilla Hubs. O estudo visa reunir e avaliar plataformas acessíveis, oferecendo versões gratuitas para professores, estudantes e usuários em geral. Ao identificar as forças e limitações de cada plataforma em termos de programação, interação social, criação de avatares e recursos de gamificação, os resultados auxiliam educadores na escolha da plataforma mais adequada. Além disso, enfatiza a importância da usabilidade, observando desafios de desempenho e navegação em plataformas como Wonda e Plutão. Concluindo, a pesquisa sugere que as plataformas baseadas na Web podem popularizar a VR na educação devido à acessibilidade, economia e facilidade de uso, oferecendo opções tanto para abordagens de programação quanto não programação, com a interoperabilidade facilitando o compartilhamento de conteúdo em diversos formatos.

Já [27] focaliza a compreensão do conceito de metaverso e suas implicações no âmbito educacional, particularmente nas escolas públicas, examinando sua inclusão ou exclusividade. A pesquisa aborda a acessibilidade do metaverso e sua potencial disponibilidade universal, independentemente das origens ou circunstâncias individuais. A revisão literária analisa pesquisas existentes sobre a interseção entre metaverso e educação, visando proporcionar uma compreensão conceitual desse habitat virtual e seus ecossistemas. Destaca-se a necessidade de uma discussão mais ampla sobre o escopo do metaverso, especialmente em contextos educacionais. O artigo reconhece a popularização do conceito por



Figura 2.3: Alunos se preparando para fazer perguntas aos personagens de IA que criaram usando Wonda VR no *Visualization Research and Teaching Lab* de Harvard [4].

Neal Stephenson em “*Snow Crash*” e aponta para a extensão da literatura sobre o metaverso em línguas estrangeiras, contrastando com sua limitação em português. Utilizando uma abordagem de pesquisa de campo virtual, com foco no Google Scholar, o estudo visa contribuir para o conhecimento existente, compilando *insights* conceituais sobre o impacto potencial do metaverso na educação. Enfatizando a relevância da compreensão dos níveis de proficiência no Brasil em 2022, o artigo destaca a necessidade de explorar como o metaverso pode ser integrado nas escolas públicas, sugerindo que essas questões exigem mais pesquisas com base na literatura existente.

Nos últimos anos os trabalhos de Tadeu Moreira de Classe vêm se destacando devido a quantidade e diversidade de temas abordados na área. Em [28] é investigado o emprego de metaversos como ambientes virtuais de aprendizagem em aulas combinadas, com ênfase na colaboração e na percepção do aprendizado. Adotando uma abordagem quase experimental, a pesquisa coleta as respostas dos alunos por meio de uma pesquisa e realiza uma análise quantitativa dos dados. Os resultados revelam que o metaverso pode efetivamente apoiar a aprendizagem e a colaboração dos alunos em contextos semipresenciais, evidenciando percepções positivas nessas áreas. Uma correlação substancial entre colaboração e percepção de aprendizado no metaverso é identificada. A contribuição do estudo reside em ampliar a compreensão sobre como os metaversos podem aprimorar os ambientes colaborativos na educação, oferecendo benefícios significativos para o campo educacional.

Em [5] é abordada a aplicação do metaverso em avaliações formativas, especialmente no âmbito da educação remota ou semipresencial, destacando os desafios enfrentados pelos educadores ao realizar avaliações somativas tradicionais em ambientes remotos. Diante dessas dificuldades, o estudo propõe o uso do metaverso e da aprendizagem ativa como

recursos para apoiar avaliações formativas híbridas. Utilizando uma metodologia baseada em pesquisa com análise qualitativa das respostas, os resultados revelam que os alunos percebem o emprego do metaverso em avaliações formativas como uma prática benéfica, associada a melhorias nos resultados de aprendizagem. O artigo destaca o potencial do metaverso em proporcionar um ambiente propício para avaliações formativas, permitindo que os alunos se envolvam em aprendizado ativo, colaboração e reflexão. Essa constatação sugere que as avaliações baseadas no metaverso podem ser mais eficazes na mensuração do progresso e da compreensão dos alunos em comparação com métodos tradicionais. Em última análise, a pesquisa contribui para a exploração de tecnologias inovadoras, como o metaverso, no cenário educacional, especialmente no contexto da aprendizagem híbrida, destacando a importância de adaptar práticas de avaliação ao ambiente educacional em constante transformação e aproveitar a tecnologia para aprimorar o processo de avaliação.

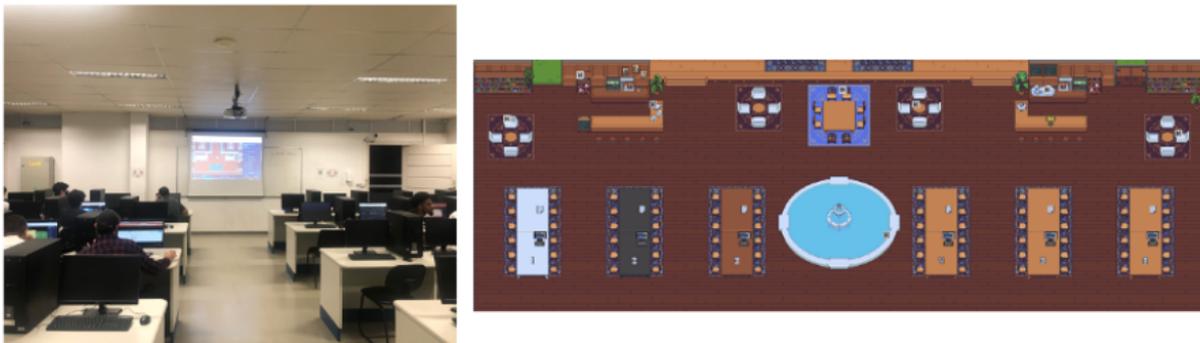


Figura 2.4: Alunos presencialmente no laboratório e as mesas privativas de trabalho dos grupos no Gather [5].

Em seguida, [29] explora o emprego do metaverso como um espaço de aprendizado ativo no contexto do ensino híbrido, visando expandir a sala de aula física para um ambiente virtual e aprimorar as experiências de ensino e aprendizagem. O metaverso é apresentado como uma ferramenta inovadora e útil para o aprendizado híbrido, proporcionando oportunidades de imersão, engajamento, motivação, colaboração e reflexão tanto para alunos quanto professores. A pesquisa concentra-se na aplicação do metaverso em cenários de aprendizagem híbrida, explorando a aceitação da tecnologia pelos alunos, o ambiente de aprendizado online e a motivação dos estudantes. O artigo destaca o potencial do metaverso em apoiar a aprendizagem ativa, colaboração e avaliações formativas em ambientes de aprendizagem híbridos. Concluindo, o estudo sugere que ambientes de aprendizagem baseados em metaversos podem contribuir significativamente para uma experiência de aprendizado aprimorada, independentemente da localização geográfica, fornecendo uma plataforma virtual para interação e aprendizado.

E para finalizar trazendo uma perspectiva nova e muito relevante com relação ao legado digital, temos [30] que aborda uma experiência didática centrada no legado digital

pós-morte dentro do contexto do metaverso, visando explorar as possibilidades e aplicações das plataformas metaversais em rituais relacionados à morte e memoriais digitais. Utilizando técnicas qualitativas como observação participante, análise de documentos e revisão de literatura, a pesquisa identifica plataformas existentes no metaverso que oferecem serviços relacionados a legados digitais pós-morte. Os resultados destacam uma apropriação significativa do tema, evidenciando o potencial das plataformas metaversais nesse contexto. O artigo ressalta a importância de incorporar temas emergentes e transversais, como legados digitais pós-morte, no currículo de cursos de ciência da computação, especialmente em disciplinas que adotam programas abertos ou abordagens baseadas em projetos. A utilização de plataformas de metaverso na educação é apresentada como uma estratégia para proporcionar experiências imersivas e aumentar o envolvimento dos alunos no processo de aprendizagem. As descobertas sugerem que práticas pedagógicas envolvendo estudantes na exploração de plataformas de metaverso podem resultar em experiências de aprendizagem coletivas e significativas.

2.4 Sistematização por atributos relevantes

À medida que avançamos em nossa exploração do campo acadêmico relacionado, é pertinente expandir nossa compreensão por meio da consideração de outros artigos relevantes que ainda não foram abordados até o momento. Estes artigos adicionais oferecem uma perspectiva a mais sobre os conceitos em estudo, proporcionando *insights* valiosos e nuances que complementarão as informações já apresentadas. Com o intuito de enriquecer nossa pesquisa, a Tabela 2.1 foi elaborada para consolidar as definições provenientes destes diferentes artigos investigados. Essa abordagem permitirá uma visão abrangente das diversas interpretações e aplicações dos conceitos em foco, contribuindo para uma compreensão mais holística do campo de estudo em questão.

Artigo	Definição de metaverso	IA no metaverso	Metaverso na Educação
--------	------------------------	-----------------	-----------------------

[28]	Ambiente virtual tridimensional onde as pessoas podem interagir umas com as outras e com elementos virtuais realizando atividades como conversas, jogos e comércio.	Sem menção .	Permitindo que alunos interajam com professores e colegas por meio de avatares, resultando em uma aprendizagem imersiva, reflexiva e colaborativa. Ele oferece acesso a um mundo virtual que influencia o mundo real, possibilitando uma experiência educacional inovadora e acessível de qualquer lugar e a qualquer momento.
[2]	Mundo virtual “compartilhado”, “persistente” e “descentralizado” onde as pessoas podem viver e interagir sob regras definidas pelo criador, proporcionando atividades sociais, colaboração, jogos e aprendizado.	Possibilita funções de arbitragem, simulação e tomada de decisões, e permitindo o aprendizado e crescimento de personagens virtuais ao interagir com usuários.	A IA pode atuar como tutor (<i>tutor</i>), aluno (<i>tutee</i>) e colega (<i>peer</i>) de aprendizado, proporcionando interações personalizadas e imersivas para alunos, envolvendo-os em atividades de aprendizado, experimentos virtuais e interações com professores e colegas, tanto humanos quanto virtuais.
[3]	Um lugar que utiliza a rápida comunicação da Internet, a descentralização e combinação de realidades e a alta interação homem-máquina.	Propõe o uso de assistentes virtuais, processadores de linguagem e avaliação da aprendizagem com IA.	Muda a educação de 7 formas distintas, como mostrado na Figura 2.2.

[31]	Um universo digital que emerge da combinação de diferentes tecnologias.	Permitirá que os conteúdos sejam personalizados para cada usuário.	Propõe a criação de réplicas de espaços físicos reais das escolas/universidades no metaverso, humanizando a experiência educacional remota.
[21]	Um universo digital além do nosso.	Não citado.	Reúne diversas propostas de aplicação feitas por outros autores.
[19]	Mostra 4 tipos de metaverso: Realidade aumentada, <i>lifelogging</i> (coleta de dados do dia a dia), mundo espelhado e realidade virtual.	Apresenta ferramentas de IA para <i>lifelogging</i> como forma de integrar a realidade com o metaverso.	Descreve diversas aplicações atuais que realizam a integração da educação no metaverso, como o Gather.
[32]	Um universo pós-realista, um ambiente multi-usuário perpétuo e persistente que mistura realidade física com virtualidade digital.	Não citado.	Chama de meta-educação, onde é possível realizar simulações de laboratório e praticar habilidades como realizar cirurgias com instrução em VR e AR.
[33]	Um ambiente que mudará a universidade para “metaversidade”, integrando completamente o real e virtual.	IA é parte essencial na integração dos sistemas e personalização do atendimento de alunos.	Na educação superior, o metaverso será a nova forma com a qual os alunos e professores poderão realizar todas as interações, com maior ou menor grau de virtualidade.

Tabela 2.1: Diferentes definições para metaverso, IA no metaverso e metaverso na Educação.

Capítulo 3

Fundamentação da proposta

Neste capítulo, exploraremos a fundamentação da proposta, abordando diversos elementos cruciais para a compreensão e desenvolvimento do projeto SmartUnB.ECOS. A Seção 3.1 discorrerá sobre o conceito de Metaversidade, construindo sua base a partir das reflexões apresentadas no Capítulo 2. Em seguida, a Seção 3.2 destacará o papel dos avatares, contextualizando o conceito com as contribuições encontradas na literatura. No ponto 3.3, nos aprofundaremos nos Gêmeos Digitais (*Digital Twins*), elucidando sua relevância com base em pesquisas anteriores. A apresentação das plataformas exploradas, Gather Town (3.4.1) e Decentraland (3.4.2), será abordada na Seção 3.4, delineando suas características como possíveis interfaces para o SmartUnB.ECOS. Na sequência, a importância dos Agentes Pedagógicos (*Learning Companions*) será discutida na Seção 3.5, detalhando a essência do Assistente Pedagógico. Finalmente, a Seção 3.6 abordará a presença da Web descentralizada no projeto, com foco nos *Solid Pods*, destacando sua contribuição para a construção de um ambiente educacional inovador.

3.1 Metaversidade

Considerando as diferentes perspectivas e definições mostradas nos trabalhos do capítulo anterior, precisamos encontrar um conceito de metaversidade na educação superior que possa conversar com a proposta e com as questões de pesquisa deste trabalho. Como descrito por Hwang e Chien [2], acreditamos que o metaverso na educação é um mundo criado onde as pessoas podem “viver” e realizar diversas atividades sociais, como discutir, colaborar, jogar e aprender, dentro de um conjunto de regras definidas pelo seu criador.

O metaverso vai além das definições de realidades virtuais (VR) e aumentadas (AR), proporcionando uma experiência educacional realmente imersiva, persistente, compartilhada e descentralizada. Neste ambiente, os alunos podem explorar ambientes virtuais, participar de simulações interativas, colaborar com colegas e professores, e assim aprender

de maneira mais imersiva e prática. O metaverso na educação superior oferece possibilidades de ensino e aprendizado além das limitações físicas e geográficas, permitindo que os estudantes acessem conteúdos educacionais e interajam com recursos virtuais de maneiras flexíveis.

Dentro desse metaverso educacional, os participantes podem se representar de diversas formas, como criar avatares personalizados ou gêmeos virtuais. Além disso, podem interagir com outras pessoas, tanto alunos quanto instrutores, por meio de comunicação em tempo real e espaços persistentes, como quadros de aviso, cadernos e lousas digitais. Essa interação social e colaborativa promove a construção de conhecimento coletivo, o compartilhamento de ideias e o desenvolvimento de habilidades digitais relevantes.

A inteligência artificial (IA) também desempenha um papel fundamental no metaverso educacional, possibilitando a criação de tutores virtuais inteligentes, que podem fornecer orientação personalizada e *feedback* adaptado às necessidades individuais dos alunos. Ademais, assistentes educacionais controlados por IA podem estar à disposição do aluno para guiar o estudante através dos diversos sistemas da universidade, auxiliando-o com processos burocráticos como matrícula, trancamentos, estágios de forma mais natural e compatível com uma rotina possivelmente atribulada, comum neste período da vida acadêmica.

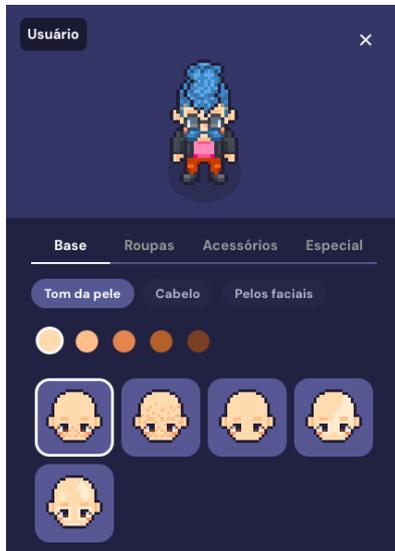
Por fim, um ambiente como este oferece oportunidades para a realização de experimentos e simulações complexas, tornando o aprendizado mais prático e experimental. Isto pode ser visto em uma escala mais simples pelos diversos experimentos e atividades presentes no projeto Go-Lab [34], por exemplo. Entretanto, em um metaverso educacional, os estudantes podem explorar ambientes virtuais detalhados, interagir com objetos virtuais e realizar atividades práticas que podem ser difíceis ou impossíveis de serem realizadas no mundo real. Essa abordagem imersiva e prática contribui para uma compreensão mais profunda e significativa dos conceitos e habilidades aprendidas.

3.2 Avatares

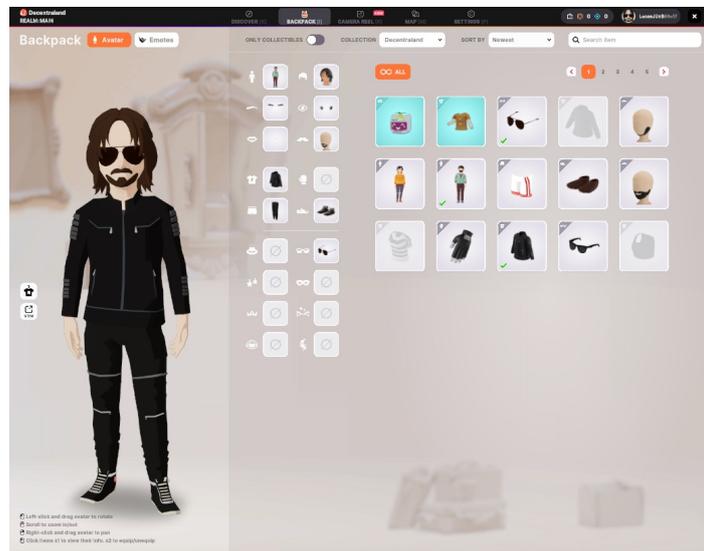
Avatares são representações visuais dos usuários em um mundo virtual ou metaverso [35]. No contexto da educação online, avatares são usados como representações digitais de indivíduos que participam de atividades de aprendizagem e interações dentro do ambiente virtual.

O uso de avatares em um metaverso educacional permite que os estudantes incorporem uma identidade virtual e naveguem pelo mundo virtual. Os avatares podem ser personalizados para refletir a aparência e características escolhidas pelos usuários. Eles servem como meio pelo qual os estudantes interagem com o ambiente, outros avatares

e recursos de aprendizagem presentes no metaverso. Este avatar não necessariamente precisa se parecer com o usuário, mas representa como o usuário quer ser visto naquele ambiente. A Figura 3.1 mostra como são os criadores de avatar das duas plataformas que serão exploradas nos capítulos seguintes.



(a) Plataforma Gather Town.



(b) Plataforma Decentraland.

Figura 3.1: Criadores de Avatar.

Os avatares possibilitam a comunicação síncrona e fornecem uma sensação de presença e dimensão espacial à experiência de aprendizagem online. Através dos avatares, os estudantes podem participar de interações em tempo real, como conversas e colaborações, com seus colegas e instrutores. Os avatares também permitem ações de comunicação não verbal, como gestos, movimentos e *emotes*, o que contribui para um ambiente de aprendizagem mais imersivo, divertido e envolvente.

O uso de avatares em um metaverso educacional oferece oportunidades de interatividade aprimorada, interação social e participação ativa no processo de aprendizagem. Permite aos estudantes explorar e navegar em ambientes virtuais, participar de atividades de resolução de problemas e colaborar com outros. Ao aproveitar os avatares, os educadores podem criar experiências de aprendizagem inovadoras e imersivas que vão além dos formatos tradicionais de educação online.

Avatares são instâncias de presença digital. Isso significa que os usuários podem criar, apagar e possuir inúmeros avatares. Cada avatar não é uma representação única do usuário, mas apenas uma de uma gama infinita de representações possíveis neste mundo virtual.

3.3 Gêmeos Digitais (*Digital Twins*)

Complementares aos avatares, gêmeos digitais (*Digital Twins*) são uma forma alternativa na qual um indivíduo pode se representar no mundo digital. Eles podem ser definidos como réplicas digitais de entidades físicas, que utilizam tecnologias como a Internet das Coisas (IoT) para permitir a comunicação bidirecional entre a entidade física (usuário) e sua contraparte virtual (gêmeo) [6].

Gêmeos digitais são únicos e intrinsecamente relacionados ao usuário, pois com o uso de aparatos como câmeras, microfones e aparelhos de realidade virtual, um indivíduo consegue transferir a sua presença, suas características físicas, voz e gestos para um espaço remoto. Este espaço pode ser virtual, como uma sala virtual no metaverso, ou real. No segundo caso, o usuário é apresentado a um local real onde ele pode olhar à sua volta, conversar com as pessoas presentes e até se locomover. Em [6], por exemplo, estudantes de engenharia civil são “transportados” para um ambiente de construção real através de um gêmeo digital presente na cena (Figura 3.2).



Figura 3.2: Transportando um usuário para um local remoto real [6].

No contexto da educação, os gêmeos digitais podem ser utilizados para criar ambientes virtuais imersivos que permitem aos alunos explorar e interagir com modelos virtuais de objetos, processos ou fenômenos relacionados a diversas áreas de estudo. Essa abordagem oferece a oportunidade de vivenciar experiências práticas em um ambiente simulado, facilitando a compreensão de conceitos complexos e promovendo a aprendizagem ativa. Diferentemente do uso de avatares, isto permite uma maior sensação de “presença” e interação real com o ambiente.

Os gêmeos digitais têm o potencial de revolucionar a forma como a educação é abordada, principalmente em contextos remotos. Eles proporcionam experiências práticas, imersivas e colaborativas, permitindo que os alunos aprimorem suas habilidades e conhe-

cimentos de forma eficaz. Além disso, os gêmeos digitais facilitam o ensino a distância e a aprendizagem remota, tornando-os especialmente relevantes em um mundo cada vez mais digital.

3.4 Ambientes explorados

Para este estudo foram analisadas muitas plataformas que oferecem diferentes níveis de metaversidade. Elas permitem presença virtual com vídeo, áudio e/ou com avatares. Algumas possuíam ambientes tridimensionais que permitem uma liberdade maior de interação e movimentação no espaço virtual, já outras permitiam apenas movimentos no espaço 2D. Há plataformas com diferentes barreiras monetárias para uso ou criação. Estes e outros aspectos serão discutidos acerca das principais plataformas pesquisadas.

3.4.1 Gather Town

O Gather Town [7] é uma plataforma de presença, comunicação e interação online baseada em um mundo virtual. Ele permite que usuários naveguem em um espaço virtual, de forma a emular interações físicas, como ler placas, interagir em computadores, participar de conversas em videoconferência etc.

A plataforma Gather Town apresenta um vasto leque de possibilidades de uso, proporcionando uma experiência virtual interativa e dinâmica. Em primeiro lugar, é possível criar espaços virtuais que representem fielmente os ambientes da universidade, permitindo aos usuários explorarem virtualmente o campus e interagirem entre si. Além disso, a ferramenta viabiliza conversas e conferências em tempo real, promovendo a troca de conhecimentos e ideias entre os participantes. A inclusão de textos e direções personalizadas facilita a navegação e orientação dos usuários, tornando a experiência mais intuitiva e eficiente.

Outro aspecto interessante é a capacidade de incorporar *WebView* de qualquer ferramenta por meio do navegador integrado, possibilitando a utilização de recursos adicionais durante as interações. Além disso, a customização de personagens permite que cada usuário personalize sua aparência virtual, tornando a experiência mais personalizada e atraente. Por fim, a opção de criar espaços customizados através de *Pixel-art* adiciona um toque de criatividade, permitindo aos usuários expressarem sua individualidade e originalidade. Com todas essas funcionalidades, o Gather Town se configura como uma plataforma versátil e promissora, que pode ser amplamente utilizada em diversas áreas, proporcionando uma nova forma de interação e colaboração em ambientes virtuais.

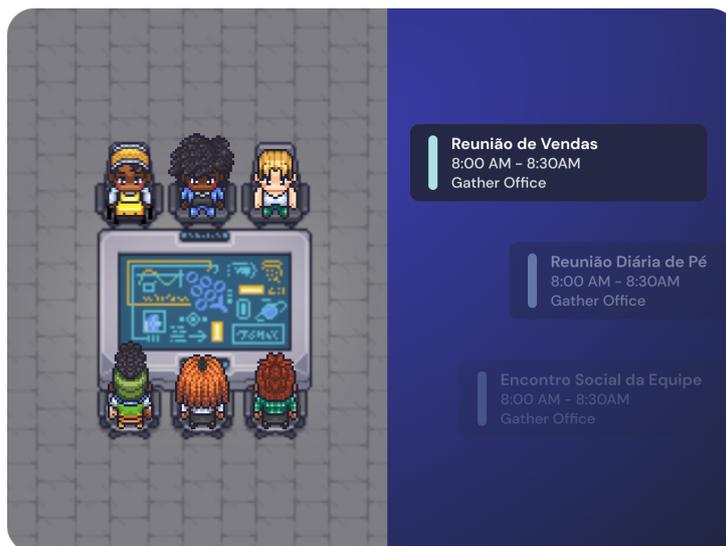


Figura 3.3: Gather Town [7].

3.4.2 Decentraland

O Decentraland [8] é uma plataforma que oferece o Metaverso em um sentido mais próximo do que se conhece atualmente. Ela permite que usuários se movimentem em um espaço 3D virtual, podendo fazer atividades sociais ou participar de jogos. Além disso, todas as “posses” dos usuários são armazenadas em *Tokens* na *Blockchain*. Isso significa que a negociação de artigos virtuais é bastante incentivada, criando um mercado em sua criptomoeda própria, o MANA.

O Decentraland possui uma cidade central, *Genesis*. Em volta dela estão “lotes” que podem ser comprados por usuários. Estes lotes são propriedades virtuais. Da mesma forma, os usuários podem comprar e negociar roupas, acessórios e *usernames*. Nos lotes, os usuários podem usar o *Decentraland SDK* para criar espaços personalizados e experiências, como jogos e festas.

O gerenciamento da plataforma se dá através do DAO (*Decentralized Autonomous Organization*). É uma plataforma de decisão onde os próprios usuários propõem e votam sobre o futuro da plataforma. Quanto mais posses o usuário tiver no Decentraland, mais poder de voto ele tem. Isso recompensa aqueles que investiram mais naquele espaço. O nome “Decentraland” vem do fato que as decisões da plataforma são descentralizadas da fundação que a gerencia. Além disso, os servidores que hospedam os recursos do metaverso também são descentralizados e os contribuidores podem inclusive criar o seu próprio nó dentro desta infraestrutura.

O Decentraland é uma plataforma *open source*. É possível contribuir para o projeto criando módulos que podem posteriormente ser adicionados ao universo, caso o DAO assim o queira. A contribuição é incentivada em diversos processos da plataforma, onde

os usuários podem criar e comercializar suas próprias mercadorias virtuais.

O Decentraland vem sendo utilizado como ferramenta de várias pesquisas sobre o uso de metaverso. Por ser uma ferramenta de código aberto, permite maior exploração de seus recursos, como o uso de itens customizáveis ligados à *blockchain* [36], suas possibilidades de interação social [37], e aspectos de sua segurança [38, 39, 40]. Entretanto, o seu uso educacional ainda não foi explorado de forma extensiva, o que pode ser observado quando verificamos que não há referência ao Decentraland nos trabalhos apresentados no Capítulo 2.

Arquitetura

A arquitetura global do Decentraland desdobra-se em três componentes fundamentais: a rede *Catalyst*, o *World Explorer* e a *CLI* como exemplificado pela Figura 3.4. O protótipo desenvolvido neste trabalho e exposto na Seção 4.3 tem o foco em explorar as capacidades do *World Explorer* como prova de uma plataforma viável para o projeto SmartUnB.ECOS. Contudo, espera-se que esse trabalho inspire pesquisas que exercitem a rede *Catalyst*, pois ela é essencial para a criação e oferta de serviços personalizados dentro do Decentraland.

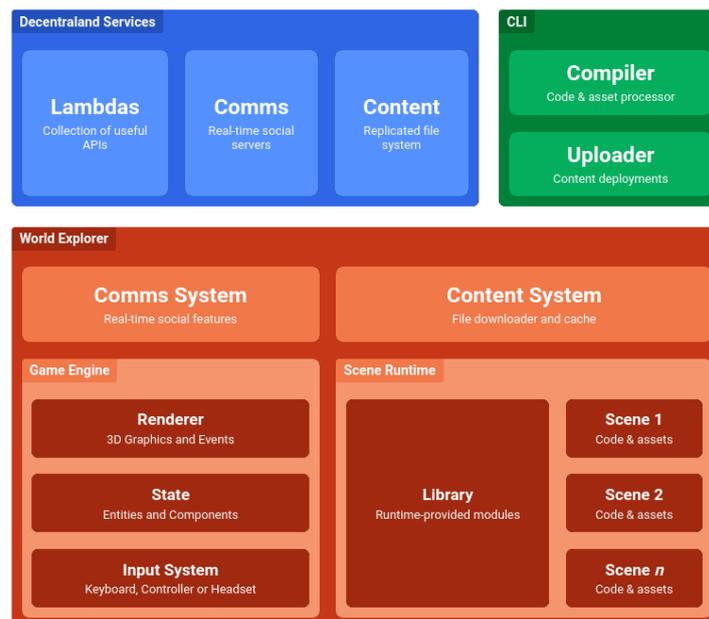


Figura 3.4: Arquitetura Global do Decentraland [8].

O *Catalyst Node* (Catalyst) atua como um nó crucial na rede Decentraland, desempenhando a função de oferecer diversos serviços, tais como acesso a conteúdo, comunicações *peer-to-peer*, inspeção de *blockchain* e vários pontos de extremidade de utilidade. Este nó é composto por subsistemas específicos:

- **Content Service:** Fornece acesso ao sistema de arquivos distribuído.

- **Lambda Service:** Oferece pontos de extremidade de utilidade.
- **Comms Service:** Agrupa jogadores em *clusters* dinâmicos denominados ilhas, visando facilitar comunicações eficientes.
- **Backend for Frontend Service (BFF):** Gerencia a sinalização *peer-to-peer*.

O *World Explorer*, um aplicativo dedicado aos jogadores, possibilita a entrada destes no universo virtual do Decentraland, permitindo que explorem a terra e desfrutem das experiências criadas por outros participantes. Este componente se desdobra em subsistemas específicos:

- **Content System:** Age como contraparte do serviço de conteúdo na rede *Catalyst*, mas do lado do cliente.
- **Game Engine:** Atua como fornecedor de renderização gráfica e funções interativas.
- **Scene Runtime:** Estabelece um ambiente isolado para a execução de cenas desenvolvidas pela comunidade.
- **Comms System:** Funciona como contraparte do serviço de comunicações da rede *Catalyst*, também no lado do cliente.

A *Command-Line Interface* (siglaCLI) representa a ferramenta primordial para auxiliar criadores de conteúdo no desenvolvimento e implantação de cenas e outros projetos. Esta interface oferece funcionalidades essenciais para facilitar o processo de criação e implementação.

Aspectos Técnicos

A estrutura de desenvolvimento da Decentraland é fundamentada no uso do *Decentraland Software Development Kit (SDK)*, que oferece ferramentas essenciais para a criação de experiências interativas em ambientes virtuais descentralizados. O SDK da Decentraland proporciona uma série de funcionalidades para facilitar o processo de criação e implementação de cenas. Tendo como principais características:

- **Editor Decentraland:** Uma extensão para o Visual Studio Code que possibilita a criação, visualização, depuração e publicação das cenas.
- **Decentraland ECS (*Entity-Component-System*):** Um pacote *TypeScript* contendo métodos e estruturas auxiliares para a criação de experiências interativas. Ele permite a criação e manipulação de objetos na cena e facilita transações dentro do mundo virtual.

- Exemplos de Cenas: A plataforma oferece exemplos práticos que servem como inspiração e boas práticas de codificação.

Para o desenvolvimento local de uma cena, não é necessário possuir *tokens LAND*. O processo de desenvolvimento e teste pode ser conduzido completamente offline, sem a necessidade de efetuar transações *Ethereum* ou possuir *tokens LAND*. Mas são necessários:

- *Visual Studio Code*: Ferramenta de edição de código que hospeda a extensão Decentraland Editor, agilizando a criação de cenas.
- Decentraland Editor SDK7: Extensão para o *Visual Studio Code* que expõe funcionalidades comuns como botões na interface do usuário.

Entretanto, também é possível realizar boa parte do trabalho online diretamente pelo Decentraland Builder.

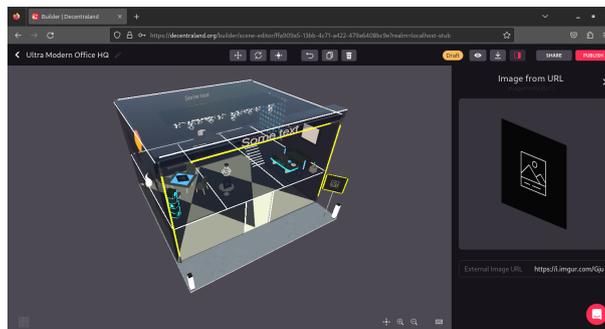


Figura 3.5: *Online Builder* com SDK6 [8].

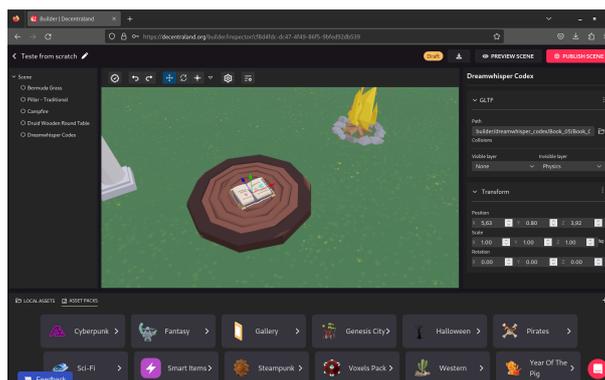


Figura 3.6: *Online Builder* com SDK7 [8].

Linguagens e Sintaxes Suportadas

A Decentraland adota *TypeScript* (.ts) como linguagem padrão para escrever cenas. *TypeScript* é um *superset* do *JavaScript*, incorporando declarações de tipo que proporcionam

recursos como autocompletar e sugestões de depuração aprimoradas. Durante a compilação, o código *TypeScript* é transformado em *JavaScript* minificado, sendo apenas esta versão compilada enviada aos servidores, não o código-fonte original em *TypeScript*.

Outras linguagens e transpiladores não são oficialmente suportados, mas é possível usar uma ferramenta ou linguagem alternativa, desde que os *scripts* compilados sejam contidos em um único arquivo *JavaScript* chamado *game.js*.

Entidades, Componentes e Sistemas

As cenas na Decentraland seguem uma arquitetura de *Entity-Component-System* (ECS). Na ECS, em resumo, tudo em uma cena é representado como uma entidade que possui componentes específicos, e as ações são controladas por sistemas. A interconexão entre entidades, componentes e sistemas é essencial para o desenvolvimento de cenas tridimensionais.

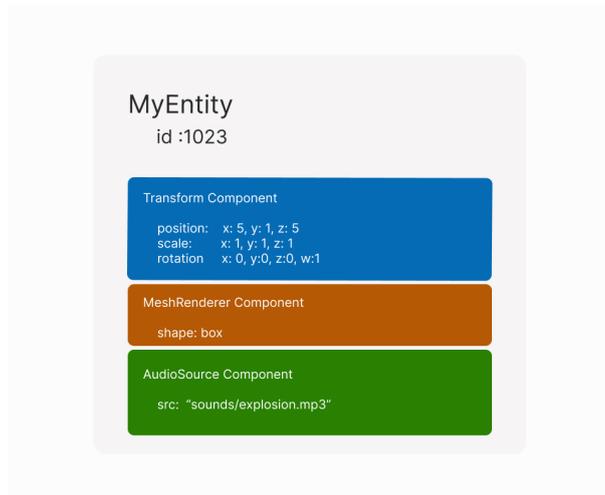


Figura 3.7: Representação de uma Entidade [7].

As entidades podem ser aninhadas para criar uma estrutura em árvore, semelhante aos elementos em uma árvore DOM no desenvolvimento *web*. Os componentes armazenam dados que podem afetar o comportamento de uma entidade, e os componentes personalizados podem ser usados para armazenar dados personalizados.

Os sistemas são responsáveis por realizar ações periódicas em uma cena e são a espinha dorsal do ciclo de jogo, implementam a lógica do jogo. Uma cena pode ter zero ou muitos sistemas em execução simultaneamente, e sistemas podem ser ligados ou desligados em diferentes momentos durante a execução da cena. O ciclo de jogo em Decentraland é composto por *ticks*, nos quais as ações são atualizadas e a cena é renderizada. Componentes mutáveis e imutáveis são discutidos, destacando a importância do desempenho ao lidar com versões mutáveis.



Figura 3.8: Representação de Entidades Aninhadas [7].

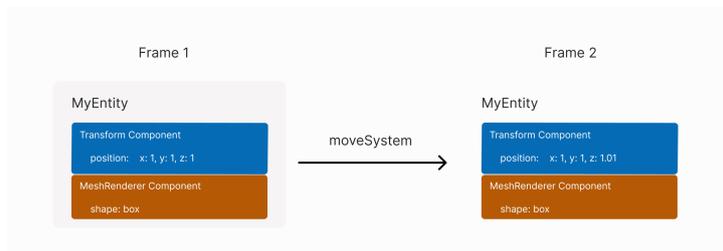


Figura 3.9: Representação de um Sistema que a cada *tick* do ciclo de jogo altera a posição de uma Entidade [7].

A plataforma permite a consulta de componentes diretamente, trazendo mais performance no controle das entidades, retirando a necessidade de busca por meio de iteração entre as entidades criadas. Os componentes na Decentraland podem ser tratados como mutáveis, permite leitura e escrita, alterações nos valores do objeto, ou imutáveis, somente leitura. O uso de versões imutáveis de componentes resulta em ganhos significativos de desempenho.

Integração de Componentes e Sistemas

A *engine* atua como intermediária entre entidades e componentes de um lado, e sistemas do outro. Os valores armazenados nos componentes representam o estado da cena em um determinado momento. A cada *tick* do *loop* de jogo, os sistemas são executados para atualizar os valores armazenados nos componentes.

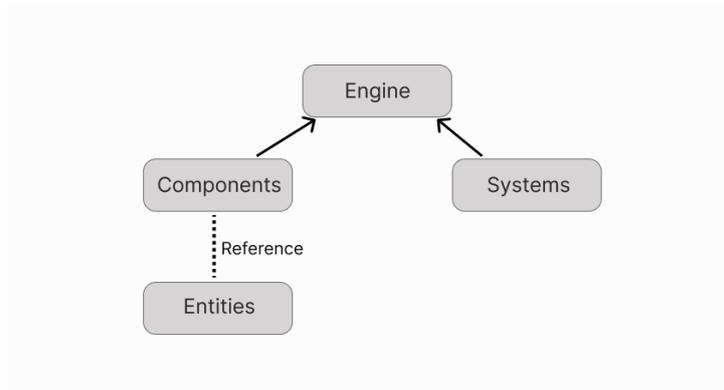


Figura 3.10: Integração de Componentes e Sistemas Decentraland [8].

As cenas na Decentraland são executadas em um contexto separado da *engine*. Essa separação é implementada por meio do protocolo RPC, atribuindo uma pequena parte do cliente para renderizar a cena e controlar eventos. A comunicação é abstraída, permitindo a execução de cenas localmente em um *WebWorker*.

Esse desacoplamento é essencial para garantir a segurança e o desempenho, evitando que cenas vizinhas interfiram na experiência do jogador. Além disso, impede que cenas carregadas, mas fora da visão do jogador, realizem ações que afetem o jogador.

Ao converter o código-fonte em *TypeScript* para código *JavaScript* minificado, o processo realiza o *tree shaking* para garantir que apenas as partes do código que estão sendo usadas sejam convertidas. Isso ajuda a manter o código final da cena o mais leve possível.

Como resultado do *tree shaking*, qualquer código que você deseja executar na cena precisa ser referenciado de alguma forma pelas entradas do seu código, como a função *main()* no arquivo *index.ts*. Os sistemas também podem ser adicionados à *engine* no arquivo *index.ts* sem referenciar *main()*. Qualquer código que não seja referenciado diretamente ou indiretamente por esses arquivos não será incluído na cena.

Todos os elementos usados na cena, como funções, objetos e componentes, devem ser importados para cada arquivo que os utiliza. Isso é uma consequência do *tree shaking*, evitando a inclusão desnecessária de partes do SDK e incluindo apenas as partes que a cena usa.

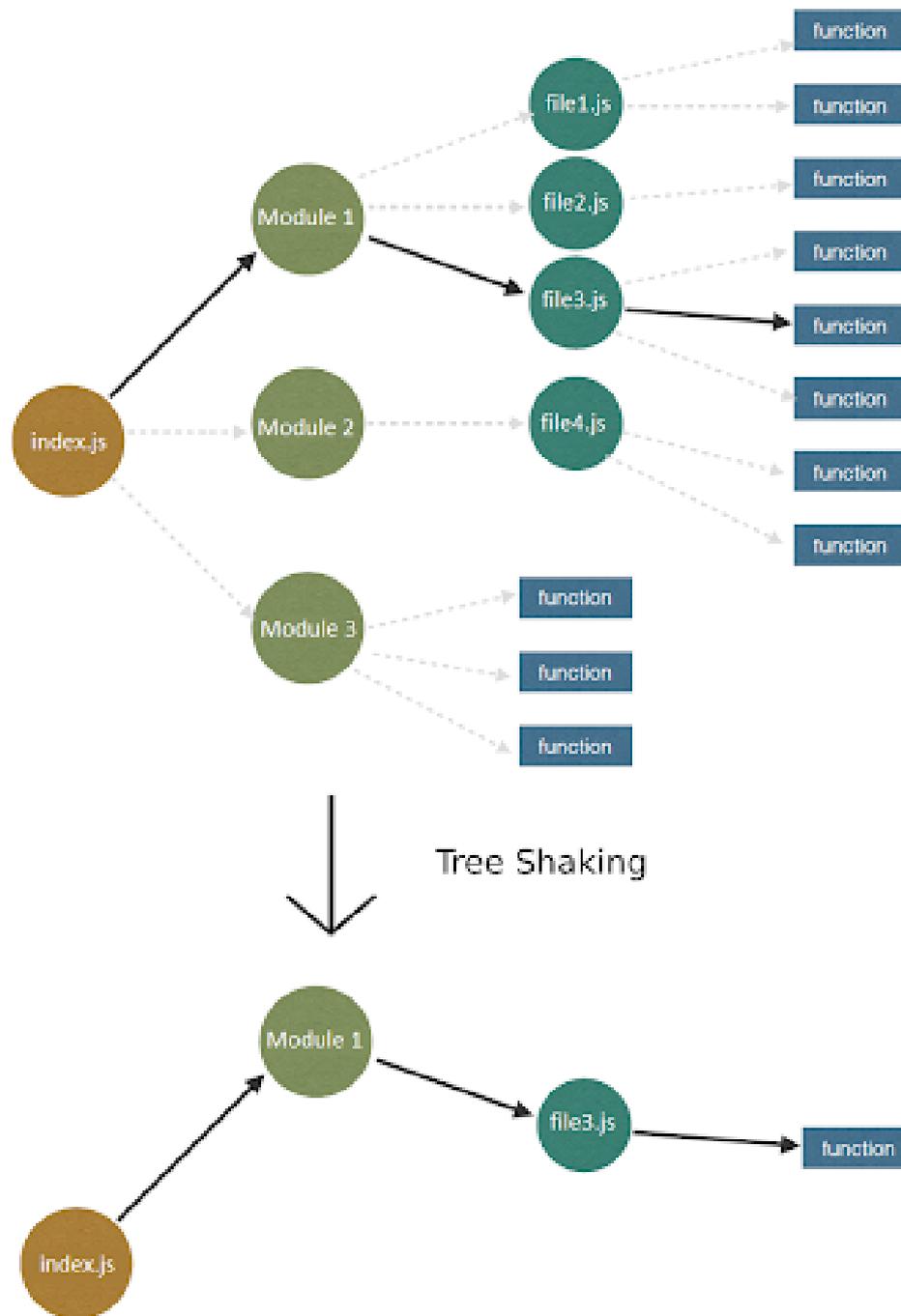


Figura 3.11: Representação visual da limpeza de código morto pelo *tree shaking* [9].

3.5 Agentes pedagógicos (*Learning companions*)

Os agentes pedagógicos têm desempenhado um papel significativo na transformação do cenário educacional, especialmente nos últimos 25 anos. Esses agentes são personagens virtuais presentes em ambientes virtuais ou de realidade mista, cujo objetivo é auxiliar

no processo de aprendizagem. Em Siegle et al. [10], os autores exploram a história desses agentes e apresentam um panorama do estado atual do conhecimento sobre o assunto.

Os agentes pedagógicos são personagens controlados por computador, usualmente potencializados com ferramentas de IA, que desempenham um papel ativo no processo de instrução. Eles foram criados com o objetivo de proporcionar engajamento em ambientes digitais que carecem de presença social. Esses agentes podem assumir diversas formas, desde personagens humanoides até representações abstratas. A característica essencial que define um agente pedagógico é o seu propósito de facilitar a aprendizagem, seja fornecendo instruções, apoiando o engajamento do aluno ou promovendo conversas com o aluno.

Ao longo dos anos, os agentes pedagógicos têm sido amplamente utilizados em diversos contextos educacionais. Eles têm sido empregados para apresentar informações, aumentar o suporte motivacional e promover a interação com o aluno. Estudos têm demonstrado os benefícios positivos do uso de agentes bem projetados, como o aprimoramento dos ambientes de aprendizagem, a adição de um componente social e o aumento da interatividade, o que permite ao aluno se envolver de maneira mais significativa na lição [10].

Os agentes pedagógicos podem desempenhar diferentes papéis no processo educacional. Alguns agentes são projetados para fornecer instruções diretas, explicando conceitos-chave e fornecendo *feedback* aos alunos para melhorar seus resultados de aprendizagem. Outros agentes têm como objetivo principal oferecer suporte motivacional, usando estratégias para aumentar a percepção da relevância da tarefa e a crença na própria capacidade do aluno. Além disso, existem agentes conversacionais, que permitem a interação com o aluno por meio de diálogos escritos ou falados. A Figura 3.12 ilustra os diferentes tipos de agentes virtuais.

Os agentes pedagógicos virtuais têm sido empregados em uma variedade de ambientes de aprendizagem, como vídeos narrados, sistemas de tutoria inteligente e jogos educacionais. Sua presença proporciona uma experiência mais imersiva e interativa, permitindo que os alunos se envolvam de maneira mais ativa e significativa com o conteúdo educacional.

No contexto do nosso trabalho, os agentes pedagógicos desempenham papel fundamental em aplicações de metaverso na educação. Navegar por um novo mundo pode ser desafiador e um companheiro controlado por IA pode ser essencial para que o usuário se familiarize e se empodere deste sistema que lhe foi apresentado.

A pesquisa de Siegle et al. [10] analisa a pesquisa sobre assistentes pedagógicos nos últimos 25 anos. Ao longo desse tempo, a pesquisa sobre agentes pedagógicos evoluiu, passando por diferentes fases. Inicialmente, o foco estava em compreender os princípios subjacentes desses agentes, identificar seus papéis e possibilidades, e mais recentemente,

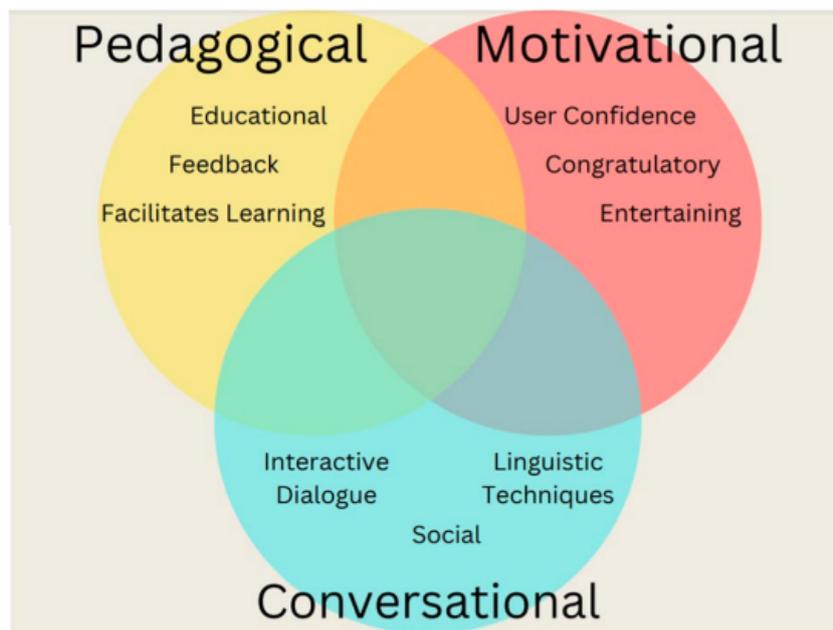


Figura 3.12: Agentes virtuais e suas diferentes funções [10].

aprimorar seu design para aplicação prática.

Esses assistentes educacionais têm sido utilizados para apresentar informações, fornecer suporte motivacional e estabelecer diálogos com os alunos. Estudos têm demonstrado benefícios positivos no uso de agentes pedagógicos bem projetados, como o aumento da motivação dos alunos e melhores resultados de aprendizagem.

No entanto, ao longo dos anos, também surgiram questionamentos sobre o impacto dos agentes pedagógicos na aprendizagem. Essas questões levaram a uma análise mais aprofundada dos agentes, identificando barreiras e oportunidades para aprimorar sua eficácia e implementação.

Alguns obstáculos encontrados no uso dos agentes pedagógicos incluem:

- Design inadequado: Um dos principais desafios enfrentados pelos assistentes educacionais é o design inadequado. Muitas vezes, os agentes pedagógicos não são projetados levando em consideração as necessidades dos alunos, resultando em interações menos eficazes e menos envolventes.
- Aceitação dos usuários: Alguns alunos podem ter dificuldade em aceitar e interagir com assistentes educacionais virtuais. Isso pode ocorrer devido a barreiras psicológicas ou falta de familiaridade com a tecnologia. A aceitação e adoção dos assistentes pelos alunos são essenciais para o seu sucesso.
- Interação natural: Criar assistentes educacionais que possam interagir de forma natural com os alunos é um desafio. A tecnologia precisa avançar para permitir

conversas mais fluidas e naturais entre os alunos e os agentes pedagógicos, a fim de proporcionar uma experiência mais autêntica e imersiva.

As oportunidades identificadas no uso de agentes pedagógicos no trabalho de Siegle et al. foram:

- **Personalização da aprendizagem:** Os assistentes educacionais têm o potencial de personalizar a experiência de aprendizagem para cada aluno. Com base em dados e informações sobre o desempenho e as preferências do aluno, os agentes podem adaptar o conteúdo e as interações para atender às necessidades individuais, proporcionando uma aprendizagem mais eficaz.
- **Feedback e suporte individualizados:** Os assistentes educacionais podem fornecer feedback e suporte individualizados aos alunos. Isso pode incluir orientações específicas sobre tarefas, dicas personalizadas de estudo e motivação direcionada, ajudando os alunos a superar desafios e avançar em seu processo de aprendizagem.
- **Aumento do engajamento e motivação:** Os assistentes educacionais podem aumentar o engajamento e a motivação dos alunos, tornando a aprendizagem mais interativa e envolvente. Os agentes podem usar estratégias como recompensas, desafios e narrativas envolventes para manter os alunos motivados e entusiasmados com o aprendizado.

Portanto, a importância dos assistentes educacionais ao longo desses 25 anos de pesquisa está no seu potencial para melhorar os ambientes de aprendizagem, proporcionar interações sociais e aumentar o engajamento dos alunos. Através da pesquisa contínua e do aprimoramento dos agentes pedagógicos, espera-se que eles se tornem ferramentas ainda mais eficazes e personalizadas para apoiar o processo de ensino e aprendizagem.

3.6 Web descentralizada no projeto Solid Pods

Solid, um projeto pioneiro liderado pelo Professor Tim Berners-Lee, o visionário por trás da World Wide Web, se desenrola no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT) com a missão de revolucionar o cenário atual de aplicativos web. O objetivo fundamental do Solid é promover uma mudança de paradigma na operação de aplicativos web, enfatizando a autêntica propriedade de dados e padrões elevados de privacidade, disponível em solid.mit.edu/ [41].

No artigo “Solid: A Platform for Decentralized Social Applications Based on Linked Data” [11] é apresentado o Solid como uma plataforma inovadora e descentralizada para

aplicativos sociais da *web*. No cerne do Solid está a ideia de armazenar os dados dos usuários em armazenamentos de dados pessoais *online*, conhecidos como “pods”. Uma característica distintiva do Solid é a capacidade dos usuários de possuírem múltiplos pods de diferentes provedores, conferindo uma flexibilidade única. Os desenvolvedores são capacitados a utilizar os protocolos Solid para realizar operações de leitura, escrita e controle de acesso aos dados. O controle do usuário sobre seus dados é enfatizado, permitindo a fácil alternância entre aplicativos que compartilham os mesmos dados. A plataforma adota tecnologias da Web Semântica para autenticação e acesso a dados, demonstrando sua viabilidade por meio de protótipos que destacam a utilidade e escalabilidade da abordagem. O artigo destaca o método RESTful baseado na Linked Data Platform (LDP) e o método baseado em consultas SPARQL como parte integrante da proposta do Solid. Em contraste com outros projetos que se concentram apenas no armazenamento descentralizado de dados, o Solid se destaca ao desacoplar dados de aplicativos e fornecer protocolos robustos de acesso. A plataforma visa criar uma comunidade de desenvolvedores para impulsionar ainda mais a inovação em aplicativos Solid, consolidando sua posição como uma plataforma promissora para aplicativos sociais descentralizados na web.

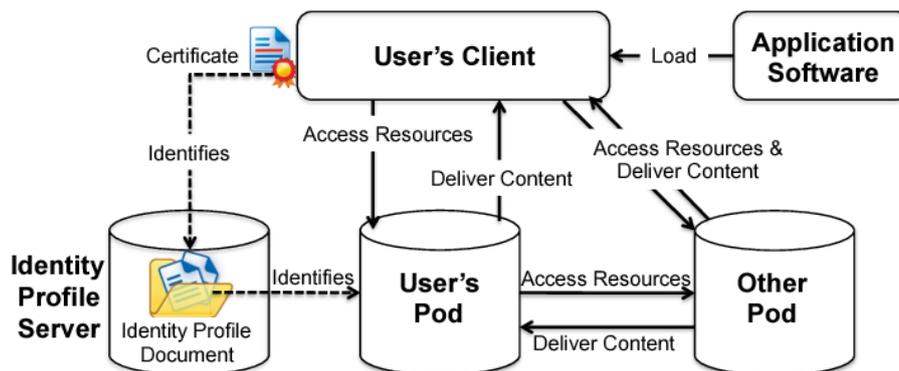


Figura 3.13: Arquitetura Solid. O usuário controla sua identidade usando um documento de perfil RDF, frequentemente armazenado em um servidor pod. O usuário carrega um aplicativo Solid de um provedor de aplicativos. O aplicativo obtém o pod do usuário a partir do perfil de identidade. Em seguida, ele segue links no perfil para descobrir dados no pod do usuário, bem como em outros pods, realizando autenticação quando necessário. [11].

O sucesso do projeto Solid deu origem à Inrupt, Inc., uma startup dedicada ao avanço da tecnologia de código aberto do Solid e ao fomento de sua adoção global. A Inrupt se esforça para estabelecer um ecossistema comercial que apoie o crescimento do Solid e salvaguarde a integridade da web em evolução.

A implementação de servidores Solid PODs na computação do ensino superior representa uma incursão promissora, [12]. Ao adotar essa abordagem, os Solid PODs oferecem

uma plataforma inovadora para armazenamento e compartilhamento de dados online, empoderando estudantes e educadores no controle de suas informações. Com o enfoque descentralizado, não apenas busca aprimorar a colaboração e compartilhamento de dados, mas também visa proporcionar experiências de aprendizado personalizadas, integrando-se de forma eficaz ao ecossistema educacional.

A *web* descentralizada, é essencial para o projeto Solid Pods, representa uma evolução significativa na concepção da internet, onde a autonomia sobre os dados é transferida das grandes empresas detentoras dos seus dados como Google e Microsoft para os próprios usuários. Essa descentralização não apenas fortalece a segurança e privacidade, mas também oferece uma base flexível para a inclusão de dispositivos eletrônicos, como *smartphones*, nas metodologias educacionais. Nesse contexto, a necessidade de pesquisas adicionais sobre escalabilidade, segurança e privacidade destaca a importância de aprofundar a compreensão dessas tecnologias emergentes e explorar seu potencial transformador na computação do ensino superior.

No contexto do ecossistema educacional SmartUnB.ECOS, o trabalho [12], além de desenvolvimento de um POD para o ecossistema, mostra como que pode ser feita a interação com esse POD dentro do ambiente.

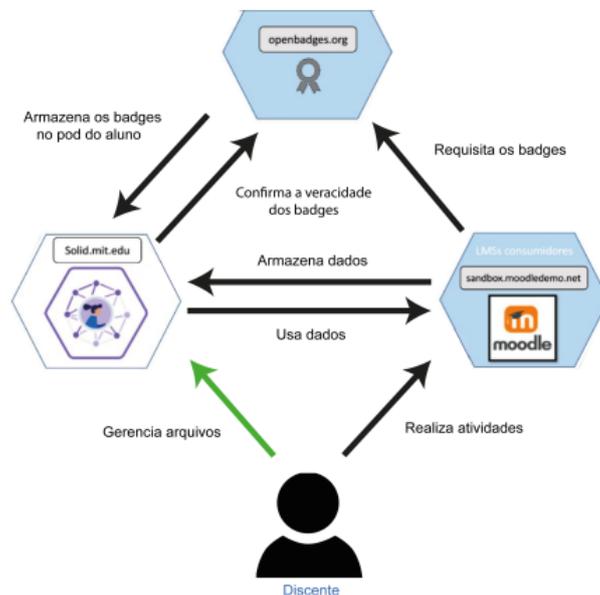


Figura 3.14: Exemplo de interação com componentes do ecossistema SmartUnB.ECOS [12].

E o trabalho [13] apresenta uma análise sobre a crescente aquisição de dados na *web* por empresas, particularmente em ambientes educacionais, onde plataformas de cursos online coletam extensas informações dos alunos. O estudo propõe dois objetivos principais: avaliar a adoção da tecnologia Solid pela sociedade e investigar como aplicações Solid

podem agregar valor ao contexto educacional do smartUnB.ECOS. E como resultado tem-se o RUView.



Figura 3.15: O RUview permite que os alunos possam visualizar o cardápio da semana e quais são as refeições do RU disponíveis no dia do acesso à plataforma. [13].

Capítulo 4

Projeto e protótipo de um gêmeo digital aumentado de ambiente físico no campus

Neste capítulo, voltamos nossa atenção para a concretização do Gêmeo Digital Aumentado de Ambiente Físico no campus universitário. Iniciaremos com a Seção 4.1, que oferece uma visão abrangente dos sistemas atuais da universidade, abordando a percepção dos alunos em relação a plataformas como o SIGAA e Aprender. Em seguida, a Seção 4.2 detalhará o estudo preliminar realizado utilizando a plataforma Gather Town. O desenvolvimento do protótipo em Decentraland será apresentado na Seções 4.3. A Seção 4.4 conduzirá uma análise comparativa, caracterizando as plataformas como metaversos e destacando suas particularidades. Posteriormente, a Seção 4.5 explorará a expansão do Gêmeo Digital, delineando possibilidades de integração dos conceitos desenvolvidos no Decentraland à realidade universitária. Essa expansão será dividida entre conectar aos espaços virtuais existentes (4.5.1) e criar espaços exclusivos (4.5.2). Por fim, a Seção 4.6 trará uma discussão reflexiva, consolidando as análises e reflexões apresentadas ao longo do capítulo até o momento.

4.1 Os sistemas atuais da Universidade

A proposta de metaverso educacional presente neste capítulo visa não só criar um ambiente para conectar a comunidade da UnB em aulas virtuais, palestras e eventos sociais, mas também permitir, quando possível, que os sistemas acadêmicos possam ser integrados e utilizados de forma mais natural e menos burocrática. Atualmente a Universidade de Brasília conta com dois principais sistemas acadêmicos:

- SIGAA [42] - Ele compreende todo o sistema de matrícula, presença, menções e currículo. Alunos podem se matricular, verificar seu progresso no curso, trancar matrícula e realizar muitas outras ações relacionadas ao mundo acadêmico.
- Aprender 3 [43] - Este sistema baseado no *moodle* é utilizado por professores para criar turmas onde os alunos podem acessar o material da disciplina, entregar tarefas e receber *feedback*.

A percepção dos alunos com estas ferramentas, em especial o SIGAA, é bastante ruim. No trabalho de Rodrigues [44], foram realizadas pesquisas, incluindo questionários virtuais e entrevistas semi-estruturadas. Através dessas pesquisas, foram identificadas as necessidades, sentimentos e frustrações dos usuários em relação ao sistema SIGAA.

O estudo revelou que os alunos tinham algumas dificuldades e insatisfações com o SIGAA, como a complexidade do sistema, a falta de clareza na navegação e a necessidade de melhorias na experiência do usuário. Além disso, foram identificadas demandas por uma experiência de uso prática, objetiva e agradável.

Da mesma forma, o Aprender3 é uma ferramenta relativamente básica e, pela nossa percepção, vem sendo substituída por sistemas similares, como o Microsoft Teams e o Google Sala de Aula. Muitos professores optam por não utilizar o Aprender3, preferindo aplicativos alternativos.

Com esta percepção negativa, entendemos a necessidade e urgência de integrar estes sistemas para que sejam utilizados de forma mais agradável, humana e fácil de usar. Mesmo que esta integração não esteja compreendida dentro do escopo do projeto SmartUnB.ECOS, acreditamos que ele deve permitir a utilização da infraestrutura existente, onde ela possa ser fracamente acoplada, possibilitando mudar a forma na qual estes sistemas são acessados. Este capítulo formaliza uma proposta que inclui esta integração.

4.2 Estudo preliminar com Gather Town

A experiência de utilização da plataforma Gather Town tem sido extremamente satisfatória, pois permite explorar um alto grau de criatividade na criação dos espaços virtuais. A possibilidade de recriar os ambientes da Universidade de Brasília de forma virtual desperta um grande interesse, pois é uma oportunidade de oferecer serviços e experiências exclusivas que só fazem sentido nesse contexto. Acreditamos que, mesmo com as limitações do plano gratuito, podemos criar um micro universo da UnB no Gather Town, demonstrando aos nossos colegas e professores as diversas possibilidades que essa plataforma pode proporcionar.

Para realizar análises e testes da plataforma, criamos o espaço “cic-c0”, que pode ser acessado através do link:

<https://app.gather.town/app/KEI62fHWuapx26iX/cic-v0>

Nesse espaço, foram desenvolvidas salas específicas, como uma sala de testes, uma sala representando a entrada do prédio do CIC na UnB e um auditório.



Figura 4.1: A entrada da sala principal do CIC virtual contendo uma recepção interativa.

Os testes de uso abrangem diversas funcionalidades da plataforma:

1. Testar a criação de mapa utilizando os recursos da própria plataforma.
2. Testar a criação de mapa incorporando recursos externos.
3. Testar a configuração do mapa utilizando blocos de efeito, tais como blocos que impedem a passagem, definem onde as pessoas aparecem ao entrar no espaço, estabelecem portais para outras salas ou espaços, delimitam áreas privadas e permitem que uma pessoa fale para todos na sala.
4. Testar a interação com objetos presentes no espaço, como áreas de ativação, substituição de imagens dos objetos *sprite/asset*, objetos sem interação, objetos de interação com textos, imagens, vídeos, chamadas externas e links incorporados.
5. Testar as configurações de usuário, incluindo a personalização do avatar, configurações de áudio/vídeo para chamadas, ajustes gráficos, configurações de linguagem e região, e personalização dos atalhos do teclado.
6. Testar as configurações específicas do espaço, como preferências, controle de acesso, atribuição de papéis, gerenciamento de membros e configurações avançadas.

Esses testes visaram explorar todas as funcionalidades do Gather Town, a fim de entendermos melhor seu potencial e identificar possíveis melhorias ou ajustes necessários.

Com base nessas análises, podemos aproveitar ao máximo os recursos dessa plataforma, oferecendo experiências únicas e enriquecedoras para a comunidade acadêmica da UnB.

O Gather Town oferece diversas vantagens significativas como plataforma de criação de espaços virtuais. Uma delas é o poder total de customização da experiência do usuário no ambiente, permitindo que cada indivíduo adapte e personalize o espaço de acordo com suas necessidades e preferências. Além disso, a integração de aplicativos web próprios através do navegador amplia ainda mais as possibilidades de interação e funcionalidade. A facilidade em transpor os espaços físicos da universidade para o ambiente virtual é outro benefício importante, proporcionando uma transição suave e familiar aos usuários. A ferramenta de reunião presencial do Gather Town é altamente equivalente a uma aula ou encontro na universidade, proporcionando interações próximas e dinâmicas. Além disso, o pagamento de um plano específico permite restringir as reuniões a um determinado domínio, como uma universidade específica, garantindo maior segurança e privacidade. A plataforma também oferece uma ampla gama de opções customizáveis de acesso, controle de pessoal autorizado, integração com agenda e a possibilidade de banir usuários indesejados. O controle total do mapa e objetos no Gather Town é uma característica notável, permitindo bloquear áreas, realizar teletransportes, estabelecer comunicação para todos em uma sala, criar regiões privadas e controlar a interação e aparência dos objetos, proporcionando liberdade para a criação de novos elementos no ambiente virtual. No geral, o Gather Town se destaca por sua flexibilidade, adaptabilidade e funcionalidades avançadas, tornando-se uma ferramenta valiosa para a criação de espaços virtuais interativos e personalizados.

O Gather Town, apesar de suas vantagens, apresenta algumas desvantagens a serem consideradas. Em primeiro lugar, destaca-se o custo associado à plataforma, que é adquirida como um serviço pago mensalmente. Embora haja um plano gratuito disponível, este possui limitações, como restrição na quantidade de espaços e salas que podem ser criados, bem como a limitação de apenas 10 usuários por espaço. A criação de mapas no próprio software do Gather Town ainda está em fase beta e oferece poucos recursos, o que exige o uso de um software externo para criar salas mais elaboradas. Além disso, a qualidade do áudio e vídeo pode ser comprometida dependendo da conexão de internet dos usuários. Cada sala possui um limite de espaço de 100x100 blocos ou 3200x3200 *pixels*, o que pode restringir a criação de ambientes mais amplos. Por fim, a criação do mundo virtual pode ser um processo extenso e cansativo, demandando a criação de um plano de fundo, a configuração detalhada dos blocos e objetos, bem como a configuração individual de cada elemento presente no ambiente. Essas limitações e exigências podem representar obstáculos e exigir um investimento significativo de tempo e esforço por parte dos usuários.

4.3 Protótipo com Decentraland

Ao entrar no site oficial decentraland.org, fomos imersos em um ambiente digital que encapsula os princípios fundamentais de descentralização e propriedade digital. Nossas experiências iniciais abrangeram desde a criação de um personagem até a exploração de Genesis City, um dos principais pontos de referência dentro deste metaverso.

Conforme apresentado em 3.4.2, Decentraland é um metaverso inovador que combina elementos de realidade virtual e *blockchain*, permitindo que os usuários participem de um mundo virtual descentralizado. Neste estudo, relatamos nossas primeiras impressões ao entrar neste ambiente virtual, destacando os passos iniciais para ingressar e interagir com o mundo digital tanto como *Player*, tanto como *Content Creator*.

Da documentação do Decentraland: “O espaço virtual 3D finito e percorrível dentro do Decentraland é chamado *LAND*, um ativo digital não fungível mantido em um contrato inteligente *Ethereum*. O terreno é dividido em parcelas identificadas por coordenadas cartesianas (x,y) . Essas parcelas são propriedade permanente de membros da comunidade e são adquiridas usando MANA, o *token* de criptomoeda da Decentraland. Isso dá aos usuários controle total sobre os ambientes e aplicativos que eles criam, que podem variar desde cenas estáticas em 3D até aplicativos ou jogos mais interativos.”

4.3.1 Como *Player*

Para iniciar nossa jornada, clicamos na opção “*JUMP IN*” disponível no site. Fomos apresentados a duas opções: jogar como um convidado, sem a necessidade de fazer login, ou efetuar login através de métodos oferecidos pela *web 3.0*.

Uma vez dentro do metaverso, a primeira tarefa foi criar nosso próprio personagem virtual. É oferecida uma quantidade significativa de opções de personalização, contudo, limitada, para que os usuários sintam a necessidade de comprar mais itens de personalização para deixar seu personagem único e do seu jeito.

Ao prosseguir, fomos guiados por um robô assistente chamado *TOBOR*, que nos conduziu através de um tutorial inicial. Este tutorial aborda tópicos essenciais, como a movimentação dentro do ambiente virtual, a coleta de objetos no mundo que se manifestam como *tokens* não fungíveis (NFTs) e a navegação entre os diferentes mundos virtuais disponíveis.

Uma parte fundamental de nossa jornada foi a revelação de Genesis City, o primeiro mundo criado em Decentraland. Este mundo foi apresentado ao final do tutorial, proporcionando-nos uma visão inicial de sua beleza e potencial.

Com relação ao desempenho do software, que foi executado em uma versão de navegador em um notebook Lenovo IdeaPad S145-15IIL com 8 GB de memória e um processador

Intel Core i5-1035G1, a experiência foi satisfatória. Durante a realização do tutorial, a maioria das operações foi concluída sem dificuldades, embora tenha havido quedas ocasionais na taxa de quadros (*framerate*) em momentos específicos. Para otimizar o desempenho, é possível considerar a redução da qualidade gráfica do jogo. No entanto, vale ressaltar que, desde que o usuário atenda aos requisitos mínimos, é possível executar o jogo com sucesso.

Além disso, ter uma conexão de internet sólida é de extrema importância para uma experiência fluida. No entanto, é importante notar que uma máquina mais poderosa e uma conexão de internet mais robusta proporcionariam uma experiência de jogo aprimorada.

Por fim, destacamos que Decentraland oferece aos usuários a liberdade de escolher seu próprio caminho. Além de Genesis City, o metaverso é povoado por diversos outros mundos virtuais, e os usuários têm a flexibilidade de explorar e interagir com esses mundos de acordo com suas preferências individuais.

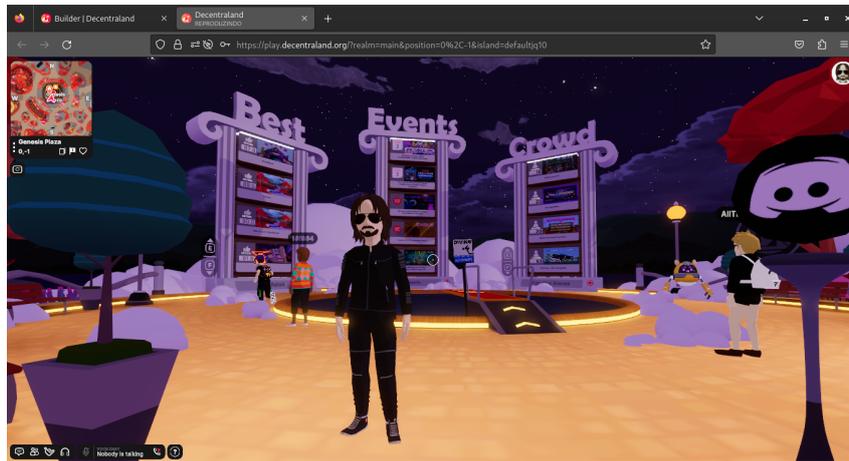


Figura 4.2: Genesis City.

4.3.2 Como *Content Creator*

Para produzir para o Decentraland é possível utilizar a *builder online* disponível em builder.decentraland.org em que é possível criar e editar cenas.

Outra abordagem, mais completa, é utilizando o SDK do Decentraland. Foi utilizado o tutorial disponibilizado pelo próprio Decentraland em:

docs.decentraland.org/creator/development-guide/sdk7/sdk-101.

Para esse método é necessário a IDE Visual Studio Code e dentro da IDE instalar a extensão Decentraland Editor SDK7. Para criação da primeira cena estas etapas são necessárias:

1. Abra uma janela do Visual Studio Code em uma pasta vazia.
2. Selecione a guia “Decentraland” na barra lateral esquerda do Visual Studio Code.
3. Clique em “Criar Projeto”. Este processo pode levar alguns minutos, pois preenche a pasta com os arquivos padrão de uma cena básica.
4. Após a conclusão, é possível visualizar a cena 3D clicando em “Executar Cena” na guia “Decentraland” do Visual Studio Code.

Para incluir um modelo 3D em na cena:

1. Baixe um modelo 3D no formato *gltf*.
2. Crie uma nova pasta chamada “/models” dentro do diretório da sua cena.
3. Coloque o arquivo *gltf* na pasta “/models”.
4. No Visual Studio Code, navegue até a pasta “/models” e selecione o modelo *gltf* para visualizá-lo.

Para personalizar a cena é preciso editar o código-fonte da cena que está em “*src/index.ts*”, a linguagem de programação utilizada é *Typescript*(*Javascript* + *Types*). No arquivo, uma função chamada “*main*” é definida, ela sempre é executada ao iniciar a cena. Todo o código da cena deve estar dentro dessa função ou ser chamado por ela direta ou indiretamente.

As possibilidades vão de acordo com sua criatividade em usar os utilitários da SDK, além das inspirações nos projetos feitos pela comunidade.

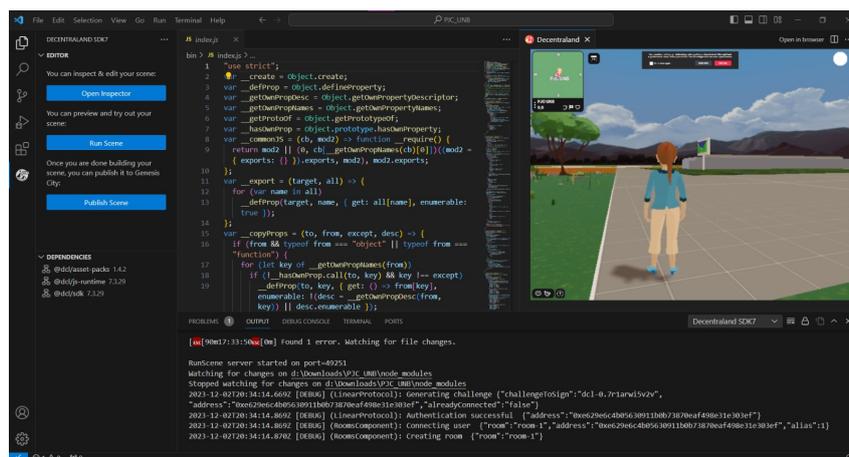


Figura 4.3: Utilizando a SDK7 pelo Visual Studio Code.

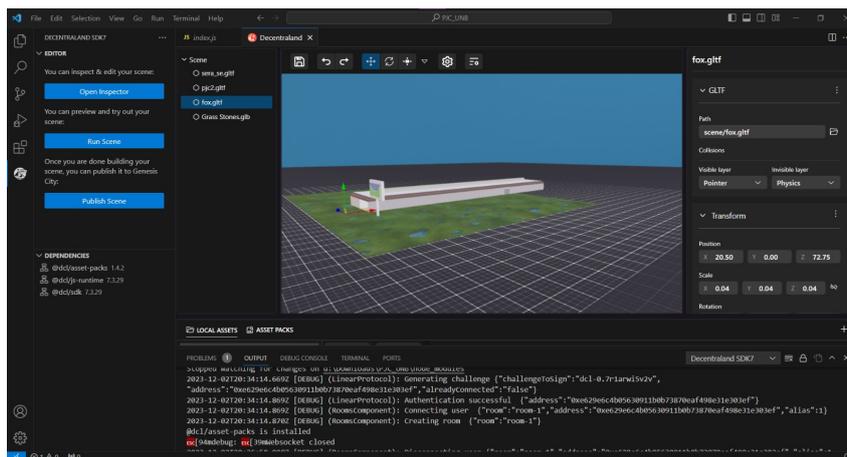


Figura 4.4: Inspeccionando a cena com o gêmeo digital do PAT pelo Visual Studio Code.

4.4 Análise comparativa: caracterização como metaverso

É possível fazer uma comparação entre as duas plataformas exploradas, considerando a definição estabelecida no Capítulo 3. Sabendo que entende-se como metaverso o espaço virtual com as seguintes características, analisamos o Gather Town e o Decentraland:

- Espaço compartilhado: O Gather Town permite que vários usuários ocupem o mesmo espaço virtual simultaneamente, possibilitando interações e colaborações em tempo real. Da mesma forma, o Decentraland oferece um mundo compartilhado onde os usuários podem explorar, interagir e se comunicar uns com os outros.
- Persistência: Os espaços virtuais do Gather Town são persistentes, ou seja, eles existem continuamente e podem ser acessados pelos usuários a qualquer momento. No Decentraland, as propriedades e ativos virtuais são persistentes e armazenados na *blockchain*. Os usuários podem acessar e interagir com esses ativos virtuais a qualquer momento, mesmo quando outros usuários estão offline.
- Descentralização: O Gather Town gerencia todos os recursos de forma centralizada, armazenadas em servidor próprio. Não faz parte da filosofia da ferramenta este tipo de distribuição de recursos. Entretanto, como o nome sugere, o Decentraland opera em uma rede *blockchain* descentralizada. Essa descentralização garante que as atividades econômicas e a propriedade de ativos virtuais sejam gerenciadas com segurança, sem a necessidade de uma autoridade central.
- Integração de IA: Mesmo que o Gather Town não dependa fortemente de inteligência artificial (IA) em sua funcionalidade principal, ele fornece a infraestrutura para a integração de recursos e interações baseados em IA. Por exemplo, chatbots

ou personagens virtuais podem ser incorporados para aprimorar a experiência do usuário e permitir interações mais avançadas. Igualmente, embora o Decentraland não possua capacidades de IA incorporadas, ele oferece um ambiente aberto e descentralizado onde desenvolvedores e criadores podem integrar tecnologias de IA em suas experiências virtuais. Através do uso de contratos inteligentes e aplicativos descentralizados (DApps) [45], os desenvolvedores podem aproveitar algoritmos e tecnologias de IA para aprimorar a funcionalidade e as interações dentro do Decentraland. Por exemplo, os desenvolvedores podem criar NPCs (personagens não jogáveis) impulsionados por IA que podem interagir com os usuários, fornecer informações ou participar de eventos virtuais.

Em conclusão, tanto o Gather Town quanto o Decentraland apresentam características que se alinham com a definição de metaverso apresentada no Capítulo 3. Eles fornecem espaços virtuais compartilhados e persistentes onde os usuários podem se envolver em atividades sociais, colaborar e potencialmente integrar elementos de IA. Porém, observando as comparações feitas, o Decentraland é mais adequado para idealizar a proposta de metaverso necessária para o projeto SmartUnB.ECOS, pelas seguintes razões:

- O Decentraland é um projeto *open source*, o que permite uma maior customização e exploração de suas funcionalidades através da sua documentação.
- Ele possui recursos descentralizados, o que se adequa à proposta de Solid Pods descrita no Capítulo 3.
- Ele oferece um ambiente tridimensional que permite maior imersão e experiências multimidiáticas.

A partir desta comparação podemos fornecer uma proposta de metaversidade utilizando o Decentraland na seção seguinte.

4.5 Expandindo o gêmeo digital

A implementação dos “gêmeos digitais” na educação, conforme discutido no artigo “Digital Twins in Education: Prospects and Reality”, [46], não apenas promove uma revolução no cenário educacional, mas também suscita a necessidade de expandir esses gêmeos digitais para além dos limites convencionais. Esta seção procura expandir esse conceito tendo em vista o ecossistema SmartUnB.ECOS.

O gêmeo digital permite a inclusão dos diversos sistemas do metaverso discutidos no Capítulo 3. Os Solid Pods armazenam os diversos itens, roupas, *badges* e conquistas dos

usuários, atrelados ao usuário. Estes itens podem ser guardados em uma “mochila” pessoal. O assistente pedagógico, controlado por IA, pode acompanhar o estudante pelo campus virtual. Estas adições permitem criar o sistema SmartUnB.ECOS de forma completa, de acordo com a visão dos idealizadores. A Figura 4.5 mostra o usuário acompanhado de seu agente pedagógico e ao fundo o gêmeo digital do Pavilhão Anísio Teixeira (PAT) na UnB.



Figura 4.5: Uma representação do conceito de gêmeo digital acompanhado do seu agente pedagógico.



Figura 4.6: Representação da “mochila”, nesse caso um baú em que o usuário pode interagir guardando seus itens pessoais.

O assistente pedagógico, como descrito por Siegle et al. [10] possui diversas potencialidades. Representado por uma raposa na Figura 4.5, ele pode acompanhar o usuário através da sua jornada pela universidade virtual. Alimentado por um *feed* de notícias,

ele pode conversar com o estudante sobre os seus interesses e oportunidades acadêmicas, avisá-lo sobre possíveis *deadlines* próximas, ajudá-lo a traçar um plano de estudos, entre várias outras ações.

Ele pode ser integrado aos sistemas da universidade e guiar os alunos pelos diversos sistemas burocráticos presentes. Como relatado por Rodrigues [44], os alunos procuram uma solução mais simples para o SIGAA e outras plataformas da UnB. Utilizando o argumento de Han et al. [25], os jovens que estão utilizando sistemas como Roblox irão se adaptar rapidamente a sistemas imersivos, sociais e adaptativos. Um agente pedagógico bem integrado pode ser a diferença que levará estes alunos a uma graduação muito melhor aproveitada.

Finalmente, um ambiente como o metaverso permite que os gêmeos digitais participem de interações sociais muito mais significativas. Uma geração já acostumada com a dinâmica das redes sociais está pronta para um ambiente digital onde todos fazem parte de uma grande esfera social. Professores, alunos, visitantes, todos podem entender aquele espaço como um campo aberto para discussão, conversas, palestras, *livestreams* e, principalmente, convivência. É uma oportunidade para que os cursos e departamentos se aproximem. Se na universidade física os prédios estão distantes e compartimentalizados, no metaverso eles estão a um clique de distância.

4.5.1 Conectando aos espaços virtuais existentes

A integração dos gêmeos digitais representa uma extensão estratégica e inovadora. Ao conectar esses gêmeos digitais aos ambientes virtuais existentes é possível potencializar as sinergias entre as plataformas, permitindo uma interação mais fluida entre estudantes e educadores. Isso não apenas enriquece a experiência educacional, mas também estabelece uma ponte entre os recursos já consolidados nos espaços virtuais e as possibilidades inovadoras proporcionadas pelos gêmeos digitais. Essa conexão estratégica não apenas otimiza o uso de recursos, mas também contribui para a criação de uma teia educacional mais integrada e dinâmica.

Em consonância com os princípios do ecossistema SmartUnB.ECOS, a conexão com espaços virtuais existentes permite a expansão das interações dos estudantes para além do âmbito acadêmico formal. Os gêmeos digitais podem ser integrados a plataformas como SIGAA e Aprender3, proporcionando uma experiência unificada que incorpora não apenas a esfera acadêmica, mas também a social e cultural da universidade.

A implementação de gêmeos digitais nesses espaços virtuais pode ampliar as possibilidades de aprendizado, proporcionando simulações imersivas e interativas. Em que os estudantes podem explorar ambientes virtuais que reproduzem espaços físicos da uni-

versidade, participar de eventos culturais e sociais, e interagir com outros membros da comunidade acadêmica de uma forma mais dinâmica.

Além disso, ao conectar os gêmeos digitais aos sistemas já consolidados, como SIGAA e Aprender3, o projeto SmartUnB.ECOS cria uma infraestrutura que pode suportar aprendizado personalizado, avaliações adaptativas e colaboração remota. Essa integração estratégica não apenas alinha os gêmeos digitais às preferências de aprendizagem dos nativos digitais, mas também fortalece a experiência educacional ao proporcionar uma transição fluida entre os ambientes virtual e físico da universidade.

Dessa forma, a conexão dos gêmeos digitais aos espaços virtuais existentes no ecossistema SmartUnB.ECOS não apenas contribui para uma experiência educacional mais abrangente, mas também abre novas perspectivas para a construção de uma comunidade virtual viva e interconectada.

Em uma integração de nível básico, podemos considerar o exemplo de acesso ao ambiente educacional Aprender3 a partir de uma interação do usuário no metaverso, conforme ilustrado na Figura 4.7. Nesse cenário, quando o usuário realiza uma ação específica, como interagir com um computador, o navegador do aluno é automaticamente aberto na plataforma Aprender3, proporcionando-lhe a capacidade de realizar atividades acadêmicas de maneira integrada. Essa abordagem de integração destaca a possibilidade de vincular o espaço virtual do metaverso às ferramentas educacionais, oferecendo uma experiência sinérgica para os usuários.



Figura 4.7: Ao interagir com o computador em cena o aluno tem acesso ao Aprender3.

Essa prática não está restrita ao Decentraland, sendo também possível implementá-la em outras plataformas, como o Gather Town. No contexto do Gêmeo Digital do CIC, seria viável, por exemplo, colocar um objeto na entrada, acionando um gatilho que direciona o usuário para a plataforma *CICFriend* ao interagir com o referido objeto como visto na Figura 4.8. Essa interoperabilidade entre ambientes virtuais evidencia a flexibilidade dessas soluções para a criação de experiências personalizadas e conectadas.

O CICFriend, disponível em cicfriend.cic.unb.br/ refere-se à implementação da rede social descentralizada no âmbito do Departamento de Ciência da Computação da Universidade de Brasília desenvolvida no trabalho [47]. Essa iniciativa buscou não apenas implantar a plataforma, mas também realizar um levantamento inicial das percepções dos estudantes do departamento em relação à rede. Essa avaliação foi fundamental para compreender como a CICFriend foi recebida pelos usuários e propor recomendações alinhadas às necessidades e expectativas identificadas. Como uma instância do software Friendica, a CICFriend desempenha um papel significativo no contexto mais amplo do projeto do ecossistema educacional smartUnB.ECOS.

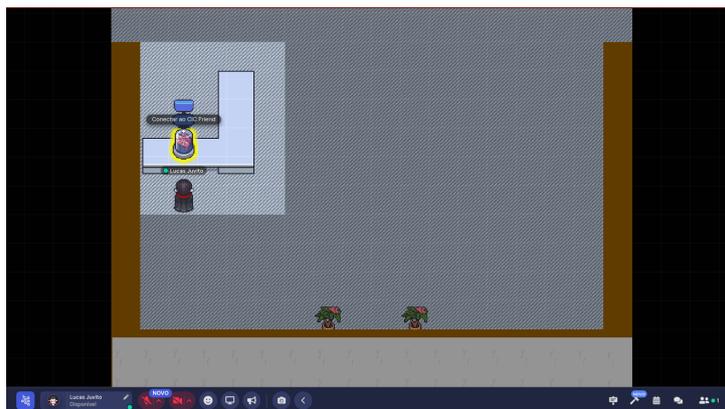


Figura 4.8: Ao interagir com o objeto em cena o aluno tem acesso ao CICFriend.

4.5.2 Criando espaços exclusivos

Além da conexão com os espaços virtuais existentes, a expansão dos gêmeos digitais inclui a criação de ambientes educacionais exclusivos. A metodologia de gêmeos digitais apresenta um potencial único para a personalização da experiência de aprendizado. A criação de espaços exclusivos, onde cada estudante pode moldar seu ambiente virtual de acordo com suas necessidades individuais, é fundamental. Esses espaços exclusivos não apenas promovem uma abordagem personalizada da educação, mas também fornecem um terreno fértil para a experimentação e inovação educacional. Nesse contexto, a metodologia de gêmeos digitais emerge como uma ferramenta essencial para a construção de ambientes educacionais mais flexíveis, centrados no estudante e orientados para o aprendizado significativo.

Na perspectiva do projeto SmartUnB.ECOS, a criação de espaços exclusivos dentro do contexto dos gêmeos digitais representa uma oportunidade única de promover interações significativas e personalizadas no ambiente virtual. Essa abordagem visa não apenas replicar, mas expandir as dinâmicas tradicionais da universidade, proporcionando experiências distintas e adaptadas às necessidades individuais dos usuários.



Figura 4.9: Uma representação do conceito de gêmeo digital na UnB usando o Pavilhão Anísio Teixeira.

Ao criar espaços exclusivos, os gêmeos digitais podem reproduzir ambientes virtuais específicos para diferentes propósitos, como salas de aula virtuais, laboratórios interativos, áreas de convivência e eventos culturais. Além disso, a criação de laboratórios virtuais e ambientes simulados dentro desses espaços exclusivos pode enriquecer o aprendizado prático, aproximando os estudantes de experiências do mundo real. Esses espaços podem ser projetados para refletir a identidade da Universidade de Brasília, proporcionando uma extensão autêntica do campus físico para o ambiente digital.

A esfera social também se beneficia da criação de espaços exclusivos, que podem incluir áreas de interação para grupos de estudo, clubes acadêmicos, eventos culturais e atividades extracurriculares. Esses ambientes virtuais proporcionam oportunidades para construção de comunidade, *networking* e colaboração entre estudantes, professores e outros membros da universidade.

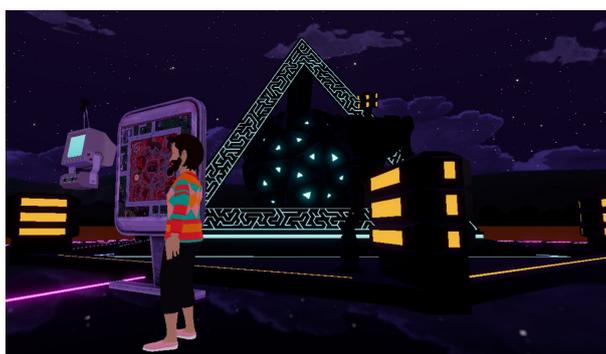


Figura 4.10: O metaverso permite a criação de espaços virtuais que seriam impossíveis no mundo físico e isso pode ser usado para aprimorar a experiência virtual.

4.6 Discussão

A prova de conceito apresentada ilustra a capacidade do Decentraland de servir como uma ferramenta de metaverso educacional que apresenta o campus virtual do ambiente SmartUnB.ECOS. Por meio de ferramentas de design e construção disponíveis na plataforma, é possível desenvolver espaços como salas de aula, laboratórios, bibliotecas e outros ambientes educacionais, como mostrado na seção anterior na Figura 4.9. Essa personalização permite que a universidade crie um ambiente virtual que atenda às suas especificidades e ofereça recursos e infraestrutura adequados para o processo de aprendizagem.

Além disso, a inserção do metaverso no contexto educacional revela-se altamente conveniente, uma vez que promove uma abordagem multidisciplinar, capitalizando as habilidades específicas de diversos profissionais em sua implementação. Nesse vasto território virtual, indivíduos especializados em arquitetura podem contribuir na modelagem dos gêmeos digitais, enquanto aqueles com expertise em ciência da computação desempenham papéis cruciais no desenvolvimento tanto do *backend* quanto do *frontend*, incluindo a complexa comunicação entre eles. Profissionais de artes têm a oportunidade de personalizar e enriquecer os espaços virtuais, adicionando elementos estéticos e criativos. Cada área de conhecimento tem seu ponto de entrada e contribuição, gerando um ecossistema educacional rico e interdisciplinar.

O metaverso proporciona uma solução eficaz para desafios logísticos presentes no ambiente físico, onde muitas vezes a localização de diferentes departamentos é desconhecida. A facilidade de busca e contato entre departamentos distintos, mesmo na ausência de conhecimento prévio sobre a disposição física, promove interações convenientes e oportunidades valiosas de colaboração. Essa acessibilidade não apenas facilita interações convenientes, mas também essenciais para a construção de uma comunidade acadêmica mais coesa e dinâmica. A capacidade de resolver problemas, trocar informações e promover uma comunicação eficaz entre alunos, professores e administração é aprimorada, contribuindo para uma experiência educacional mais integrada e eficiente no metaverso.

Outro ponto relevante é a possibilidade de personalização do ambiente virtual de acordo com as necessidades e preferências da Universidade de Brasília. O Decentraland oferece flexibilidade para adaptar o metaverso às características específicas de cada programa de estudo, disciplina ou curso. Dessa forma, é possível criar um ambiente virtual que esteja alinhado com os objetivos educacionais da instituição e proporcione uma experiência personalizada aos alunos.

Colocando isso na prática, um aluno de Computação da UnB que está trabalhando em um projeto nos pavilhões da universidade, pode entrar no metaverso no gêmeo digital do pavilhão e mesmo sem saber onde fica cada departamento fisicamente consegue ir para qualquer um deles virtualmente a partir da interação com um objeto em cena como pode

ser visto na Figura 4.11. Com isso, se esse aluno necessita de modelos tridimensionais complexos de ambientes, ele pode ir virtualmente para o Departamento de Artes Visuais (VIS), representado pela Figura 4.12 que não é um gêmeo digital devido a falta de modelos 3D dos prédios da UnB, verificar com os jogadores *online* na cena com quem ele conseguiria esses modelos, e assim já conseguir o contato de uma pessoa que pode ajudar em seu trabalho. Descrevendo assim, parece uma tarefa bem simples, pois realmente é no metaverso, contudo, no mundo real é uma tarefa complexa, pois é necessário saber sobre onde fica o departamento e ir até ele, gerando uma possível barreira geográfica devido problemas de locomoção, distância e acesso. Uma barreira social, devido a problemas com comunicação e interação social e uma barreira temporal, pois todas as barreiras anteriores demandam tempo e além disso dependem da disponibilidade das pessoas cederem seu tempo para você.



Figura 4.11: Usuário no PAT em frente ao objeto que permite interação para navegar para outras cenas, nesse caso um mapa.

O Decentraland permite a criação de uma economia virtual baseada em tokens, que podem ser utilizados como incentivos para os alunos. Através de contratos inteligentes, é possível estabelecer programas de recompensas, certificados digitais e até mesmo bolsas de estudo baseadas em mérito. Todos estes sistemas estão previstos no projeto inicial do SmartUnB.ECOS, como ilustrado na Figura 1.1 e em [1]. Esses incentivos podem estimular a participação e o engajamento dos alunos no ambiente virtual, tornando a experiência de aprendizagem ainda mais envolvente e motivadora.



Figura 4.12: Usuário em frente a representação do VIS após ser teletransportado do PAT.

Este trabalho se limita ao âmbito individual da Universidade de Brasília (UnB), mas pode servir de inspiração a outras universidades para uma visão mais ampla e inovadora. O estágio mais avançado deste empreendimento contempla a criação de uma robusta rede interuniversitária dentro do metaverso. Iniciando com um nó na UnB, a aspiração é que essa iniciativa evolua para envolver múltiplas universidades, cada uma contribuindo com suas pesquisas e visões únicas. Essa interconexão, viabilizada por uma metaversidade em cada instituição participante, abriria um espaço colaborativo e enriquecedor, onde as universidades poderiam compartilhar conhecimentos, experiências e recursos de maneira virtual. A vontade de estabelecer relações entre as instituições impulsionaria não apenas o intercâmbio acadêmico, mas também fomentaria a construção coletiva de um ambiente educacional inovador e colaborativo no metaverso. Este estágio avançado representa a visão de uma comunidade acadêmica virtualmente interligada, impulsionada pelo desejo de explorar conjuntamente as fronteiras do conhecimento e que pode ser visto na Figura 4.13.

Em resumo, o Decentraland oferece um conjunto de recursos e funcionalidades que podem ser aproveitados para criar um metaverso de código aberto para o ensino superior. Entretanto, ainda há de se verificar em trabalhos futuros se esta será a ferramenta que fará parte da implementação do projeto SmartUnB.ECOS.

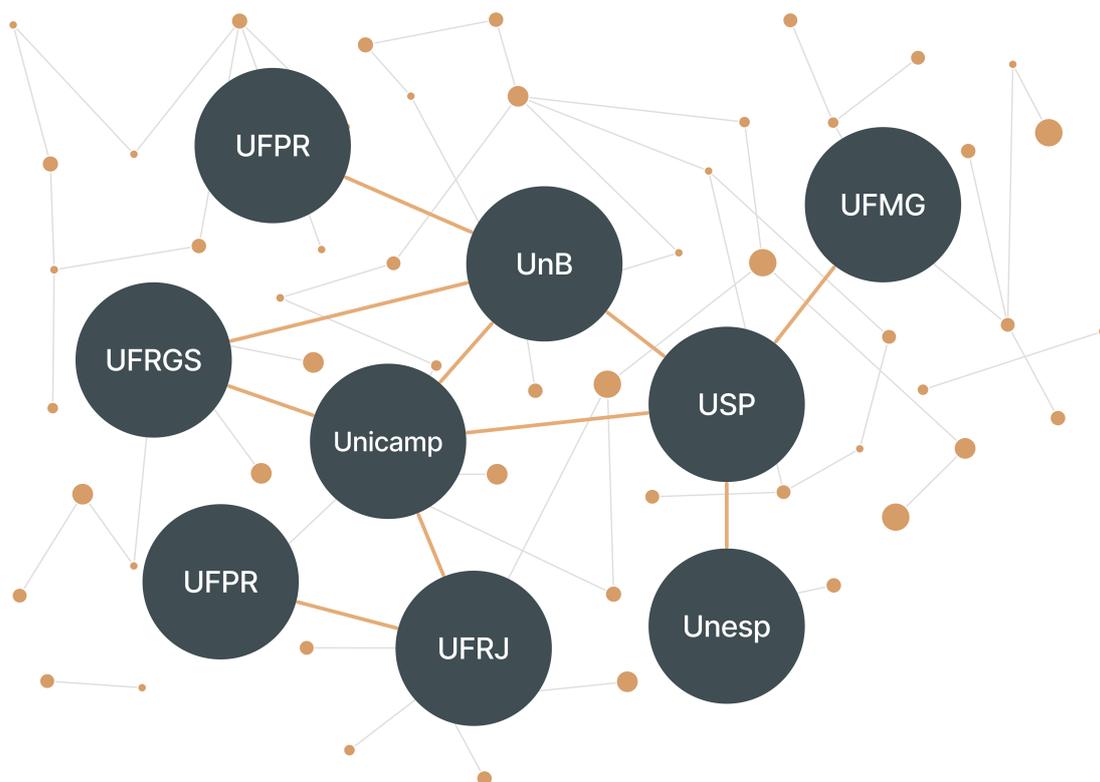


Figura 4.13: Representação de uma rede virtual em que cada nó é um projeto de metaversidade em uma universidade diferente.

Capítulo 5

Conclusão

Para os professores e coordenadores, o metaverso oferece uma aproximação com o corpo discente. Os espaços atuais (SIGAA, Aprender 3) se limitam apenas ao universo acadêmico, com pouca abertura para interações mais orgânicas e espontâneas. O metaverso amplia estas possibilidades por oferecer recursos similares ao das plataformas citadas, além de criar ambientes virtuais onde estes recursos estarão presentes em espaços de convivência, não mais restritos a apenas uma página *Web*.

A Metaversidade propõe uma abordagem inovadora para a educação, integrando elementos do metaverso e novas plataformas. Essa abordagem oferece novas possibilidades de aprendizagem, proporcionando experiências imersivas e interativas para os estudantes. A criação de gêmeos digitais aumentados de ambientes físicos no campus universitário permite a exploração de novas formas de interação e colaboração entre estudantes e professores. Esses ambientes ampliados podem enriquecer a experiência de aprendizagem, tornando-a mais envolvente e contextualizada.

5.1 Objetivos alcançados

O principal objetivo deste trabalho foi explorar as possibilidades da metaversidade como uma abordagem inovadora para a implementação nos cursos de Computação, bem como nos departamentos onde possíveis parcerias possam surgir, e utilização por toda a universidade.

Realizamos uma revisão abrangente da literatura sobre o uso do metaverso na educação, tanto em âmbito internacional quanto nacional. Essa investigação nos permitiu compreender o estado atual da aplicação do metaverso na área educacional e identificar lacunas que poderiam ser preenchidas com o nosso projeto.

Baseados nas informações coletadas, apresentamos uma sistematização da literatura para a proposta de metaversidade juntamente com nossas reflexões sobre como adaptar

ao caso da realidade Universidade de Brasília. Exploramos conceitos como avatares, gêmeos digitais, ambientes de metaverso como Gather Town e Decentraland, e agentes pedagógicos. Além disso, também abordamos a aplicação da web descentralizada no projeto Solid Pods.

Com base na fundamentação teórica, realizamos o projeto e desenvolvimento de um protótipo de um gêmeo digital aumentado de ambiente físico no campus universitário. Utilizamos as plataformas Gather Town e Decentraland para criar experiências imersivas e interativas para os estudantes. O protótipo permitiu-nos explorar as possibilidades do metaverso como ambiente de aprendizagem e visualizar como a metaversidade poderia ser aplicada na Universidade de Brasília.

5.2 Trabalhos futuros

O projeto de metaversidade nos permitiu explorar tecnologias emergentes, como os ambientes de metaverso e a web descentralizada. Essa exploração contribui para o avanço do conhecimento na área e abre caminho para futuras pesquisas e inovações. O conceito de metaversidade pode ser aplicado em outras áreas do conhecimento. Este conceito oferece uma estrutura flexível que pode ser adaptada para diferentes contextos educacionais, abrindo possibilidades de aplicação em diversas disciplinas.

O projeto de campus virtual mostrou-se promissor como uma abordagem inovadora para pesquisa e implementação nos cursos de Computação. Os objetivos propostos foram alcançados, e o trabalho contribuiu para o avanço do conhecimento na área e para a exploração de diferentes plataformas. Esperamos que este trabalho possa inspirar pesquisadores, educadores e instituições de ensino a explorar e implementar a metaversidade como uma alternativa para aprimorar a educação no século XXI.

Para o eventual prosseguimento deste trabalho, os próximos passos estariam compreendidos em três etapas: a primeira, conceitual, busca possibilidades de implementação junto à documentação do Decentraland. A segunda, de prototipagem, busca desenvolver uma versão *alpha*, gerando a primeira interação genuína com o sistema proposto. E, por fim, a etapa de implantação visa gerar uma versão *beta*, onde já serão realizados testes em campo com usuários. Esta é a nossa visão do que viria a partir da nossa produção neste trabalho.

Em escala local, o projeto SmartUnB.ECOS prossegue em desenvolvimento através das diversas frentes de colegas da Computação em trabalhos correlatos [1]. Como exemplo, podemos citar o trabalho do Carlos Eduardo S. Barbosa e Gabriel Andrade de Carvalho orientados pela Prof.a Dr.a Germana Menezes da Nobrega que visa transpor os conteúdos do repositório Lourdes Brasil para o metaverso, para que eles possam ser acessados de

maneira mais interativa através do Decentraland e que seja um repositório de recursos educacionais no metaverso.

Cada um dos aspectos do projeto descritos no Capítulo 1 consiste de um trabalho em realização. Esperamos que este trabalho possa ser significativo para a realização plena da visão do projeto. Acreditamos no que está sendo proposto e sabemos que será de extrema importância para o desenvolvimento pessoal e acadêmico de estudantes do presente e do futuro.

Referências

- [1] Nóbrega, Germana M. da, Gabriel T. da Silva e Thiago V. R. Silva: *Um projeto estruturante para orientações de TCC em cursos de computação: que oportunidades para IHC?* Em *Anais do Workshop sobre Educação em IHC (WEIHC)*, páginas 19–24. SBC, outubro 2022. <https://sol.sbc.org.br/index.php/weihc/article/view/22854>, acesso em 2023-12-06, ISSN: 0000-0000. ix, 2, 50, 54
- [2] Hwang, Gwo Jen e Shu Yun Chien: *Definition, roles, and potential research issues of the metaverse in education: An artificial intelligence perspective*. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3:100082, janeiro 2022, ISSN 2666-920X. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X22000376>, acesso em 2023-12-06. ix, 6, 7, 14, 16
- [3] Lin, Hong, Shicheng Wan, Wensheng Gan, Jiahui Chen e Han Chieh Chao: *Metaverse in Education: Vision, Opportunities, and Challenges*. Em *2022 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, páginas 2857–2866, dezembro 2022. <https://ieeexplore.ieee.org/document/10021004>, acesso em 2023-12-06. ix, 7, 8, 14
- [4] *Harvard Students Build Their Own AI Game to Learn a New Language by Harvard University*. <https://www.wondavr.com/case-studies/ai-mystery>, acesso em 2023-12-02. ix, 11
- [5] Classe, Tadeu Moreira de, Ronney Moreira de Castro, Eduardo Gomes de Oliveira e Edmar Welington Oliveira: *Uso de Metaverso em Avaliações Formativas Híbridas*. Em *Anais do Workshop sobre Educação em Computação (WEI)*, páginas 384–395. SBC, agosto 2023. <https://sol.sbc.org.br/index.php/wei/article/view/24919>, acesso em 2023-11-23, ISSN: 2595-6175. ix, 11, 12
- [6] Sepasgozar, Samad M. E.: *Digital Twin and Web-Based Virtual Gaming Technologies for Online Education: A Case of Construction Management and Engineering*. *Applied Sciences*, 10(13):4678, janeiro 2020, ISSN 2076-3417. <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/13/4678>, acesso em 2023-11-30, Number: 13 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute. ix, 19
- [7] *Plataforma Gather Town*. <https://www.gather.town>. ix, 20, 21, 25, 26
- [8] *Plataforma Decentraland*. <https://www.decentraland.org>. ix, 21, 22, 24, 27
- [9] Haczek, Artur: *Angular Tree Shaking*, dezembro 2020. <https://www.angular.love/2020/12/21/angular-tree-shaking-2/>, acesso em 2023-12-02. ix, 28

- [10] Siegle, Robert F., Noah L. Schroeder, H. Chad Lane e Scotty D. Craig: *Twenty-five Years of Learning with Pedagogical Agents: History, Barriers, and Opportunities*. TechTrends, 67(5):851–864, setembro 2023, ISSN 1559-7075. <https://doi.org/10.1007/s11528-023-00869-3>, acesso em 2023-11-30. ix, 29, 30, 44
- [11] Sambra, A., Essam Mansour, Sandro Hawke, Maged Zereba, Nicola Greco, Abdurrahman Ghanem, D. Zagidulin, Ashraf Abounaga e T. Berners-Lee: *Solid : A Platform for Decentralized Social Applications Based on Linked Data*. 2016. ix, 31, 32
- [12] Souza, Thiago Ferreira Bispo de e Oscar Etcheaverry Barbosa Madureira da Silva: *Implantação de um POD server para ecossistema educacional e sua introdução na educação superior em computação*. julho 2023. <https://bdm.unb.br/handle/10483/36712>, acesso em 2023-11-30. x, 32, 33
- [13] Duda, João Marcos Schmaltz: *Uma investigação sobre o Projeto Solid : da prospecção para ecossistema educacional ao desenvolvimento de aplicações como prova de conceito*. julho 2023. <https://bdm.unb.br/handle/10483/35511>, acesso em 2023-12-02. x, 33, 34
- [14] Lima, Rebeca Sulamita Brasil de: *A universidade pública em tempos de COVID 19 : desafios atuais com o ensino remoto emergencial na UnB*. setembro 2022. <https://bdm.unb.br/handle/10483/33594>, acesso em 2023-12-06. 1
- [15] Meta: *The Metaverse and How We'll Build It Together – Connect 2021*, outubro 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=Uvufun6xer8>, acesso em 2023-12-07. 1
- [16] Tayebinik, Maryam e Marlia Puteh: *Blended Learning or E-learning?*, junho 2013. <https://arxiv.org/abs/1306.4085v1>, acesso em 2023-12-07. 2
- [17] Kalantzis, Mary e Bill Cope (editores): *e-Learning Ecologies: Principles for New Learning and Assessment*. Routledge, New York, março 2017, ISBN 978-1-315-63921-5. 3
- [18] Veiga, Wellington, Fernanda Campos, José Maria David e Regina Braga: *Uma abordagem de Ecossistemas de Software para o domínio de e-Learning*. Em *Anais do Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI)*, páginas 574–581. SBC, maio 2016. <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbsi/article/view/6009>, acesso em 2023-11-26, ISSN: 0000-0000. 4
- [19] Kye, Bokyoung, Nara Han, Eunji Kim, Yeonjeong Park e Soyoung Jo: *Educational applications of metaverse: possibilities and limitations*. Journal of Educational Evaluation for Health Professions, 18:32, 2021, ISSN 1975-5937. 6, 15
- [20] Collins, Chris: *Looking to the future: Higher education in the metaverse*. Educational Review, 2008. 7
- [21] Singh, Jashandeep, Meenakshi Malhotra e Nitin Sharma: *Metaverse in Education: An Overview*. Em *Applying Metalytics to Measure Customer Experience in the Metaverse*, páginas 135–142. IGI Global, 2022, ISBN 978-1-66846-133-4.

<https://www.igi-global.com/chapter/metaverse-in-education/www.igi-global.com/chapter/metaverse-in-education/309310>, acesso em 2023-12-06. 7, 15

- [22] Tlili, Ahmed, Ronghuai Huang, Boulus Shehata, Dejian Liu, Jialu Zhao, Ahmed Hosny Saleh Metwally, Huanhuan Wang, Mouna Denden, Aras Bozkurt, Lik Hang Lee, Dogus Beyoglu, Fahriye Altinay, Ramesh C. Sharma, Zehra Altinay, Zhisheng Li, Jiahao Liu, Faizan Ahmad, Ying Hu, Soheil Salha, Mourad Abed e Daniel Burgos: *Is Metaverse in education a blessing or a curse: a combined content and bibliometric analysis*. Smart Learning Environments, 9(1):24, julho 2022, ISSN 2196-7091. <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00205-x>, acesso em 2023-12-27. 7
- [23] López-Belmonte, Jesús, Santiago Sánchez, Antonio Moreno Guerrero e Georgios Lampropoulos: *Metaverse in Education: a systematic review*. Revista de Educación a Distancia (RED), 23:1–25, janeiro 2023. 8, 10
- [24] Alhasan, Khaled, Khawla Alhasan e Sama'A Al Hashimi: *Roblox in Higher Education: Opportunities, Challenges, and Future Directions for Multimedia Learning*. International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 18:32–46, outubro 2023. 9
- [25] Han, Jining, Geping Liu e Yuxin Gao: *Learners in the Metaverse: A Systematic Review on the Use of Roblox in Learning*. Education Sciences, 13(3):296, março 2023, ISSN 2227-7102. <https://www.mdpi.com/2227-7102/13/3/296>, acesso em 2023-12-03. 9, 45
- [26] Vidotto, Kajiana Nuernberg Sartor, Luciana Sandrini Rocha, Aliane Loureiro Krassmann e Liane Margarida Rockenbach Tarouco: *Plataformas Web de Realidade Virtual: Possibilidades para a Educação*. Revista Novas Tecnologias na Educação, 20(1):338–347, agosto 2022, ISSN 1679-1916. <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/126681>, acesso em 2023-11-23, Number: 1. 10
- [27] Marques, Walter Rodrigues: *METAVERSO E EDUCAÇÃO: UMA REVISÃO DA LITERATURA / RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar - ISSN 2675-6218*. RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar, outubro 2022, ISSN 2675-6218. <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/2064>, acesso em 2023-11-23. 10
- [28] Classe, Tadeu de e Ronney de Castro: *Metaverso: Ambiente de Colaboração e Aprendizado em Aula Híbrida*. Em *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos*, páginas 16–29, Porto Alegre, RS, Brasil, 2023. SBC. <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbsc/article/view/24181>, ISSN: 2326-2842 event-place: Rio de Janeiro/RJ. 11, 14
- [29] Classe, Tadeu Moreira de, Ronney Moreira de Castro e Eduardo Gomes de Oliveira: *Metaverso como Ambiente de Aprendizagem Ativa para o Aprendizado Híbrido*. Revista Brasileira de Informática na Educação, 31:222–254, maio 2023, ISSN 2317-6121. <https://sol.sbc.org.br/journals/index.php/rbie/article/view/2908>, acesso em 2023-11-23. 12

- [30] Castro, Michele Marta Moraes e Cristiano Maciel: *Levantamento de possibilidades no metaverso baseado em uma experiência didática com a temática legado digital pós-morte: formando estudantes-pesquisadores*. Em *Anais do Workshop sobre Educação em Computação (WEI)*, páginas 200–211. SBC, agosto 2023. <https://sol.sbc.org.br/index.php/wei/article/view/24903>, acesso em 2023-11-23, ISSN: 2595-6175. 12
- [31] Sanglier Contreras, Gastón, Aurora González, Inés Fernández, Carmen Belén Martínez Cepa e Juan Carlos Zuil Escobar: *The Importance of the Application of the Metaverse in Education*. *Modern Applied Science*, 16:34, julho 2022. 15
- [32] Mystakidis, Stylianos: *Metaverse*. *Encyclopedia*, 2(1):486–497, março 2022, ISSN 2673-8392. <https://www.mdpi.com/2673-8392/2/1/31>, acesso em 2023-12-06, Number: 1 Publisher: Multidisciplinary Digital Publishing Institute. 15
- [33] Sutikno, Tole e Asa Aisyahrani: *Non-fungible tokens, decentralized autonomous organizations, Web 3.0, and the metaverse in education: From university to metaversity*. *Journal of Education and Learning (EduLearn)*, 17:1–15, fevereiro 2023. 15
- [34] *Go-lab project*. <https://www.golabz.eu/>, acesso em 2023-11-29. 17
- [35] Petrakou, Alexandra: *Interacting through avatars : Virtual worlds as a context for online education*. *Computers and education*, 54(4):1020–1027, 2010. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:lnu:diva-2129>, acesso em 2023-11-28. 17
- [36] Trujillo, Amaury e Clara Bacciu: *Toward Blockchain-based Fashion Wearables in the Metaverse: the Case of Decentraland*, julho 2023. <http://arxiv.org/abs/2307.01322>, acesso em 2023-11-28, arXiv:2307.01322 [cs]. 22
- [37] Luo, Junliang, Simone Casale Brunet, Barbara Guidi, Marco Mattavelli e Xue Liu: *Unveiling social aggregation in the Decentraland metaverse platform*. páginas 419–427, setembro 2023. 22
- [38] Zichichi, Mirko, Chantal Bompreszi, Giovanni Sorrentino e Monica Palmirani: *Protecting digital identity in the Metaverse: the case of access to a cinema in Decentraland*. maio 2023. 22
- [39] Franceschet, Massimo: *Decentraland: The Alleged Decentralization of Blockchain Applications*. *Communications of the ACM*, 66(6):45–47, maio 2023, ISSN 0001-0782. <https://doi.org/10.1145/3563942>, acesso em 2023-11-28. 22
- [40] Nnamonu, Omego, Mohammad Hammoudeh e Tooska Dargahi: *Digital Forensic Investigation of Web-Based Virtual Reality Worlds: Decentraland as a Case Study*. *IEEE Communications Magazine*, 61(9):72–78, 2023, ISSN 0163-6804. https://journals.scholarsportal.info/details/01636804/v61i0009/72_dfiowvwdaacs.xml, acesso em 2023-11-30, Publisher: IEEE. 22
- [41] *Solid*. <https://solid.mit.edu/>, acesso em 2023-12-02. 31
- [42] *SIGAA - Sistema Integrado de Gestão de Atividades Acadêmicas*. <https://sigaa.unb.br/sigaa/portais/discente/discente.jsf>, acesso em 2023-12-02. 36

- [43] *Aprender 3*. <https://aprender3.unb.br/>, acesso em 2023-12-02. 36
- [44] Rodrigues, Fabio de Faria Tolentino: *Redesign do SIGAA acadêmico módulo aluno : uma abordagem centrada no usuário*. dezembro 2020. <https://bdm.unb.br/handle/10483/29716>, acesso em 2023-12-02. 36, 45
- [45] *Create a dApp*, janeiro 2018. <https://docs.decentraland.org/creator/development-guide/create-a-dapp/>, acesso em 2023-11-30, Section: creator. 43
- [46] Vikhman, V. V. e M. V. Romm: “*Digital Twins*” in *Education: Prospects and Reality*. *Vysshee Obrazovanie v Rossii = Higher Education in Russia*, 30(2):22–32, fevereiro 2021, ISSN 2072-0459. <https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/2630>, acesso em 2023-11-28, Number: 2. 43
- [47] Torres, Davi Martins e Gabriel de Oliveira Estevam: *Implantação da rede social descentralizada CICFriend e levantamento inicial de percepção de usuária(o) discente*. maio 2022. <https://bdm.unb.br/handle/10483/31175>, acesso em 2023-12-02. 47