



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS, TECNOLOGIAS E SAÚDE DO CAMPUS ARARANGUÁ
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO

Renan Soares Ferreira

**Desenvolvimento de um protótipo de aplicação web com enfoque em
experiência no metaverso**

Araranguá
2022

Renan Soares Ferreira

**Desenvolvimento de um protótipo de aplicação web com enfoque em
experiência no metaverso**

Trabalho de Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Computação do Centro de Ciências, Tecnologias e Saúde do Campus Araranguá da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Computação.

Orientador: Prof. Antônio Carlos Sobieranski, Dr.

Araranguá
2022

Renan Soares Ferreira

**Desenvolvimento de um protótipo de aplicação web com enfoque em
experiência no metaverso**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Computação, e foi aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia de Computação.

Araranguá, 12 de dezembro de 2022.

Prof^a. Analucia Schiaffino Morales, Dr^a.
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Antônio Carlos Sobieranski, Dr.

Orientador

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Analucia Schiaffino Morales, Dra.

Avaliador

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Fabio Rodrigues De La Rocha, Dr.

Avaliador

Universidade Federal de Santa Catarina

**Prof. Anderson Luiz Fernandes Perez,
Dr.**

Avaliador Suplente

Universidade Federal de Santa Catarina

Desenvolvimento de um protótipo de aplicação web com enfoque em experiência no metaverso

Renan Soares Ferreira*

Antonio Carlos Sobieranski†

2022, Outubro

Resumo

A evolução constante das redes sociais e espaços virtuais, tais como na área de jogos digitais, realidade aumentada e mista, e realidade virtual, permitiu e permite interações sociais de forma cada vez mais direta e prática. Pesquisas na área tem sido desenvolvidas de forma ampla, cunhando por exemplo termos como o metaverso. A distância deixou de ser um fator limitante nas relações interpessoais, permitindo com que empresas diversificassem a cultura dos seus respectivos times, que família e amigos pudessem interagir com mais frequência e que pessoas criassem novos laços com outras pessoas de qualquer lugar do mundo. Embora explorado nas mais diversas formas, existem janelas de oportunidades para aprimorar ainda mais esses espaços virtuais. A partir disso, o presente trabalho propõe o desenvolvimento de protótipo de aplicação web com enfoque em experiência no metaverso, capaz de simular ambientes reais virtualmente de forma 3D e interativa. O modelo proposto é de uma aplicação web, com um fluxo de cadastro de usuários, implementada utilizando o ecossistema da linguagem de programação *JavaScript* e podendo ser acessada pelo navegador de internet. Além disso, foi utilizado o *Babylon.js*, que consiste em um motor gráfico 3D em tempo real empacotado em uma biblioteca *JavaScript* para exibir gráficos 3D em um navegador.

Palavras-chaves: Rede social; Mundo virtual; Metaverso.

*renan.s.frr@gmail.com

†asobieranski@gmail.com

Development of a web application prototype with a focus on experience in the metaverse

Renan Soares Ferreira*

Antonio Carlos Sobieranski†

2022, Outubro

Abstract

The constant evolution of social networks and virtual spaces, such as in the area of digital games, augmented and mixed reality, and virtual reality, allowed and still allows social interactions in an increasingly direct and practical way. Research in the area has been broadly developed, for example coining terms such as the metaverse. Distance is no longer a limiting factor in interpersonal relationships, allowing companies to diversify the culture of their respective teams, allowing family and friends to interact more frequently and allowing people to create new bonds with other people from anywhere in the world. Although explored in the most diverse ways, there are windows of opportunity to further improve these virtual spaces. From this, the present work proposes the development of an application capable of simulating real environments virtually, in a 3D and interactive way. The proposed model is a web application, with a user registration flow, implemented using the *JavaScript* programming language ecosystem and can be accessed by the internet browser. In addition, Babylon.js was used, which consists of a real-time 3D graphics engine packaged in a *JavaScript* library to display 3D graphics in a browser.

Key-words: Social network; Virtual world; Metaverse.

1 Introdução

De tempos em tempos alguma invenção tecnológica é responsável por revolucionar o tempo corrente, trazendo maior comodidade ou mudando a forma como os seres humanos agem e se relacionam. Entre algumas dessas invenções, indo bastante além para a possibilidade de uso de um computador pessoal fora de ambientes corporativos, pode-se citar o *smartphone* e as redes sociais. Tais invenções foram responsáveis por facilitar diversos processos organizacionais que o ser humano está sujeito na sociedade, tais como

*renan.s.frr@gmail.com

†asobieranski@gmail.com

a forma de trabalhar, realizar pagamentos e, o principal âmbito deste trabalho, a forma de se relacionar com outras pessoas. Seguindo a ideia de evolução constante intimamente relacionada a tecnologia e, também, o fato de os seres humanos serem, por natureza, animais sociais (ARISTOTLE, 1944) e terem a necessidade inata de socializar e comunicar com outros indivíduos para criar interações sociais de vários gêneros (YOUNG, 2008), observa-se a possibilidade de evoluir ainda mais as relações sociais através da tecnologia, consequentemente estreitando-se laços pessoais ou profissionais já existentes e criando-se novos, de forma online.

Em 1992, Neal Stephenson escreveu um romance de ficção científica, *Snow Crash*, no qual o termo metaverso aparece pela primeira vez (STEPHENSON, 1992). O metaverso, um ambiente digital imersivo no qual as pessoas interagem usando tecnologias imersivas, está moldando uma nova maneira de interagir e socializar (ZALLIO, 2022), se tornando cada vez mais tema de interesse para pesquisas em vários setores e com amplas perspectivas de aplicação (THALMANN JINMAN KIM, 2022). Esse novo ambiente tem grande potencial de fornecer novas experiências de interação social e criação de conteúdo de maneiras que não são possíveis dentro dos limites atuais (FERNANDEZ, 2022). Para indivíduos que optam por interagir com o metaverso no futuro, a natureza contínua da transição entre o físico e o virtual e o aprimoramento multimodal de nossas experiências e interações abrem um escopo infinito de possibilidades, muitas das quais além de nossa compreensão atual (DWIVEDI LAURIE HUGHES et al., 2022). É importante ressaltar que o termo “realidade virtual” tem múltiplos significados, ou seja, uma simulação de certos aspectos do mundo real, um mundo simbólico, assim como a possibilidade de um mundo imaginário (ZHANGA HEXU LIUB, 2022).

Contribuindo para experiências ainda mais imersivas, a imagem computacional fornece uma solução promissora para capturar cenas com eficiência, de baixo custo e baixa largura de banda. Junto com a IA, a imagem computacional pode se desenvolver rapidamente em aplicativos relacionados ao metaverso no futuro para fornecer um maior senso de imersão (CHENG YUE ZHANG et al., 2022). A tecnologia é uma ferramenta que pode transformar fantasia em realidade, e as *Digital Twins* espaciais, que permeiam no mundo do metaverso, mapeiam os atributos de entidades físicas no espaço multidimensional para o mundo virtual (LV LIANG QIAO, 2022). Um exemplo comum e popular de plataforma que utilizam do mesmo conceito do metaverso são os jogos online, onde há uma comunidade inserida em um mundo virtual interagindo através dos movimentos que seu personagem virtual realiza ou conversas para atingir o objetivo comum no contexto de um jogo.

Vale apontar que o metaverso aparece como um segundo universo que abrange muitas atividades, não só de socialização ou de jogos digitais, mas abrangendo também diversas outras áreas, assim como a criação de uma nova sociedade (ARPACI KASIM KARATAS, 2022). Com isso encontra-se espaço também para e-commerce, consultoria de imóveis através de arquitetura replicada virtualmente, simulação de construções civis, ensino, interação cultural, trabalho e aplicações médicas. Os serviços e atividades nas recentes plataformas do metaverso podem facilitar o processo de aprendizagem, pois os usuários podem praticar suas habilidades sociais em um ambiente virtual seguro, engajando-se na resolução coletiva de problemas com outros usuários e acumulando experiências de apoio mútuo (OH JUNGHWAN KIM, 2022). Uma plataforma educacional baseada no metaverso não deve ser composta por apenas atividades de ensino e aprendizagem online, mas também atividades educacionais holísticas como aprendizagem, comunicação e empatia, realizadas dentro do metaverso. Com esta plataforma, a motivação e a imersão no aprendizado podem

ser promovidas (JEON, 2021).

Na história recente, vários eventos, incluindo a pandemia do COVID-19, permitiram que diferentes empresas nutrissem uma evolução silenciosa, mas constante, de tecnologias imersivas que criaram um interesse maior e exagerado na comunidade (JONES C. SNIDER, 2020). Empresas conseguiram perceber que através do trabalho remoto conseguiam cortar diversos custos e ter uma cultura mais diversificada dentro da empresa, sendo possível a contratação de pessoas talentosas de qualquer lugar do mundo. Com isso, houve-se um perceptível investimento por parte das empresas no que tange o estreitamento entre os colaboradores que trabalham remotamente, e entre esse investimento pode-se encontrar utilização de plataformas com ambientes virtuais imersivos.

Como exemplo de aplicação atual, bancos líderes como HSBC e JP Morgan iniciaram suas filiais virtuais no metaverso para oferecer a melhor experiência de usuário (por exemplo, retirada de dinheiro, depósito, vitrines, etc.) aos clientes. Nesse contexto, os usuários e funcionários bancários poderiam usar seus avatares para realizar transações virtuais contínuas, além do espaço-tempo (WANG ZHOU SU et al., 2022). Experiências de hospitalidade no metaverso podem ajudar com a solidão e isolamento de pessoas em situações de confinamento (como foi no período de lockdowns durante a pandemia do COVID-19) ou pessoas que não podem viajar, tornando o turismo mais inclusivo e acessível para todos (DWIVEDI LAURIE HUGHES et al., 2022). Além disso, existem comentários de pesquisadores da área sobre como os níveis mais altos de adoção ao metaverso tem impactos ao meio ambiente no contexto das pessoas mudando seus comportamentos e potencialmente reduzindo suas emissões, conduzindo mais de seu trabalho e vida dentro do mundo virtual, consequentemente contribuindo para um mundo mais sustentável (CHOI, 2022). Outra aplicação inovadora e emergente que também se destaca é a integração entre *NFTs* e metaverso. *NFTs* são tokens/códigos imutáveis baseados em blockchain que certificam a exclusividade. A atratividade dos *NFTs* fez com que eles fossem rapidamente aplicáveis em diversos campos, primeiramente para arte digital e cartões colecionáveis. Recentemente, os *NFTs* também são usados para terrenos digitais no metaverso (FAR SEYED MOJTABA HOSSEINI BAMAKAN, 2022).

Dentro deste contexto, surge-se o projeto de implementação de um protótipo de aplicação web capaz de simular ambientes reais virtualmente e de forma interativa, o qual é descrito neste documento nas seções a seguir. O protótipo da aplicação foi construído dentro do ecossistema proporcionado pela linguagem de programação *Javascript*. No que tange o *frontend* foi utilizado o *framework Vue.js*, no qual lida com a interface de usuário e o *Babylon.js*, uma engine 3D em tempo real, empacotado em uma biblioteca *JavaScript*, para exibir gráficos 3D em um navegador da web via HTML5 com o objetivo de renderizar os ambientes virtuais (BABYLON...). No *backend* foi construída uma *application programming interface* (API) em *Node.js* e utilizado o *Colyseus*, um framework para *Node.js* com a finalidade de lidar com requisições em tempo real da nossa aplicação, onde utiliza web sockets por baixo dos panos.

O seguinte documento está estruturado em formato de capítulos. No Capítulo 2 são apresentados trabalhos correlatos ao metaverso, para contextualização a cerca de qual estado a academia científica está a respeito deste tema. O Capítulo 3 trata os métodos e ferramentas utilizadas para a implementação da aplicação proposta. O Capítulo 4 apresenta os resultados obtidos com o mínimo produto viável da aplicação proposto, e por fim, o Capítulo 5 sugere futuras aplicações que este trabalho poderá servir como base para posterior desenvolvimento.

2 Trabalhos Relacionados

Através de pesquisas realizadas pela literatura, foram encontrados artigos e trabalhos que discorrem a respeito do metaverso, discutindo sobre os impactos dessa tecnologia e/ou propondo sistemas que fazem uso da mesma. Foram encontrados trabalhos de diversas áreas distintas, tais como turismo, medicina, educação, marketing e ecologia. Alguns destes trabalhos se concentram em análises e estudos, mantendo a tecnologia citada somente no estado da arte, enquanto outros possuem aplicações práticas com tecnologias e abordagens especificadas para atingir seu respectivo objetivo.

As buscas foram realizadas através dos portais *ScienceDirect* e *IEEE Xplore* utilizando combinações com as seguintes palavras chave: "metaverso", "virtual world", "digital twin".

Autores	Título e ano	Síntese
Wanggi Jaung	Digital forest recreation in the metaverse: Opportunities and challenges (2022)	No trabalho de (JAUNG, 2022) o autor examinou a demanda por uma recriação de florestas digitais no metaverso. O estudo revelou que os usuários, majoritariamente estudantes, preferiram a aplicação de florestas digitais para aventuras de exploração e interação com a <i>digital twin</i> da natureza. Nessa pesquisa também foi requerido plataformas de metaverso responsáveis e imersivas, as quais não deveriam estar sujeitas a invasões de dados privados, agressão virtual, algoritmos tendenciosos e algoritmos com objetivo de venda de bens virtuais. Esta pesquisa contribuiu para entender potenciais interações envolvendo tecnologia, relações sociais e sistemas ecológicos.

Yohan Hwang	When makers meet the metaverse: Effects of creating NFT metaverse exhibition in maker education (2022)	Associado a área de educação, (HWANG, 2022) realiza uma pesquisa empírica sobre a eficácia da aplicação de um metaverso na educação inventiva. Separados em dois grupos, um deles participa de uma aula de criação geral que incentiva a criação de conteúdo digital para participação relevante em concursos, enquanto o grupo experimental foi tratado para registrar sua arte digital como um NFT certificado pela tecnologia blockchain e exibi-los no metaverso como uma forma de um exposição virtual. Os resultados do estudo mostram que, embora houvesse uma diferença estatística significativa em termos de resolução criativa de problemas e curiosidade criativa para ambos os grupos, apenas os participantes experimentais mostraram melhora na cognição criativa. Com base nas descobertas, o artigo sugere um novo modelo de educação inventiva.
Dalila Martins, Lídia Oliveira, Ana Carla Amaro	From co-design to the construction of a metaverse for the promotion of cultural heritage and tourism: the case of Amiais (2022)	Em (MARTINS LÍDIA OLIVEIRA, 2022) analisa o caso de estudo de Amiais, uma pequena aldeia localizada na região centro de Portugal onde está a ser desenvolvido um projeto que pretende replicar a aldeia no metaverso da plataforma <i>Second Life</i> , para que os

		visitantes possam conhecer o local virtualmente. Este trabalho tem como foco nas duas sessões de co-design realizadas pelo projeto, que deram voz aos habitantes de Amiais, tornando-os também membros da equipe, o que contribuiu bastante para uma reconstrução com base cultural dos habitantes do lugar.
Matteo Zallio, P. John Clarkson	Designing the Metaverse: A study on Inclusion, Diversity, Equity, Accessibility and Safety for digital immersive environments (2022)	Na perspectiva de (ZALLIO, 2022), o metaverso aparece como a próxima grande oportunidade nos cenários de consumo de eletrônicos e aponta que existe algumas empresas envolvidas no desenvolvimento de projetos que envolvem essa tecnologia. Fica explícito que é extremamente importante definir os princípios e boas práticas para o design de um bom metaverso, para que seja garantido segurança, equidade, diversidade e um ambiente inclusivo. Com isso, o trabalho em questão cita 10 princípios a serem seguidos para um metaverso com as especificações necessárias.
Dongying Wei	Gemiverse: The blockchain-based professional certification and tourism platform with its own ecosystem in the metaverse (2022)	Acerca do cenário atual da indústria de turismo, o autor (WEI, 2022) percebe os desafios latentes e a demanda urgente de tecnologia digital para evolução da experiência de usuário e segurança que esta indústria sofre. Com isso, propõe a prototipação de uma certificação profissional baseada em

		blockchain e plataforma de viagens que oferece soluções especializadas para enfrentar desafios e se concentra na construção de experiências imersivas.
Y.C. Zeng, L.H. Zeng, A.S.K. Cheng, et al.	The use of immersive virtual reality for cancer-related cognitive impairment assessment and rehabilitation: a clinical feasibility study (2022)	No contexto de saúde, (ZENG L.H. ZENG, 2022) analisa o potencial impacto da reabilitação cognitiva assistida pela realidade virtual. Um sistema de realidade virtual foi desenvolvido com objetivo de avaliar o comprometimento cognitivo relacionado ao câncer e fornecer reabilitação cognitiva. O sistema tinha a capacidade de medir mudanças em funções cognitivas (tais como memória, aprendizado e velocidade de processamento de informações) e a gravidade de depressão, ansiedade e insônia. Os resultados mostraram que a realidade virtual melhorou consideravelmente medidas cognitivas subjetivas e objetivas, além de contribuir também para amenização de distúrbios relacionadas ao sono. Desta forma, conseguiu concluir que a utilização dessa tecnologia ajuda significativamente a melhorar a função cognitiva de pacientes com câncer.
Yeong-Tae Song, Jiachen Qin	Metaverse and Personal Healthcare (2022)	Ainda no contexto de saúde, (SONG, 2022) mostra como durante a pandemia, limitou-se o acesso aos sistemas de saúde, o que criou sérios

		<p>problemas de saúde para muitos. Neste artigo, o autor apresenta uma visão geral da tecnologia e conceitos sobre cuidados de saúde baseados em metaverso que podem nos ajudar a manter nossa saúde. O autor propõe o uso de <i>Digital Twins</i> para avaliação e manutenção da saúde pessoal. Fatores de risco personalizados, como comportamento, sinais vitais ou sintomas observados, são usados para determinar possíveis doenças a serem monitoradas.</p>
<p>Kevin Giang Barrera, Denish Shah</p>	<p>Marketing in the Metaverse: Conceptual understanding, framework, and research agenda (2022)</p>	<p>Relacionado a área de marketing, (BARRERA, 2022) explicita as tendências de mudança na forma como consumidores, marcas e empresas irão transacionar e interagir em um espaço perfeitamente interconectado de realidades virtuais. O referente trabalho revisa literaturas que possuem metaverso e marketing como principais pontos de discussão e propõe uma definição e uma estrutura de organização para o metaverso emergente. Além disso, de forma conclusiva, os autores propõem uma agenda de pesquisa para orientar futuros estudos acadêmicos e iniciativas de marketing.</p>

De acordo com o material supracitado, pode-se perceber que, apesar de ser uma discussão extremamente nova, já existem pesquisas, análises, projetos e plataformas desenvolvidas que possuem o metaverso como principal foco. É um consenso geral entre os autores citados que o interesse pelo tópico metaverso vem crescendo gradualmente. Consiste em um assunto com bastante potencial e que ainda há muitas portas a serem exploradas

que contribuiriam para evolução e posterior disrupção tecnológica.

No mercado de tecnologia encontra-se algumas empresas que tem investido consideravelmente na ideia, reconstruindo ambientes virtualmente para fins de socialização imersiva, turismo, e-commerce e entre outras aplicações. Entre essas empresas destaca-se a Meta, antigo Facebook que teve sua identidade atualizada. Na citação do CEO da empresa, Mark Zuckerberg: "*Dê aos indivíduos o poder de estabelecer uma comunidade e aproximar o mundo*", explicita o atual objetivo da empresa utilizando tal tecnologia.

Entre outras empresas pode-se citar a Google, que investiu 39,5 milhões de dólares em um fundo de private equity para todos os projetos que envolvem metaversos com os quais fará parceria, a Decentraland, que é o primeiro lugar movido a blockchain no metaverso, lançado em fevereiro de 2020, e a Engage, que se trata de uma plataforma de comunicações que simula a forma como interagimos no mundo físico, colaborando para eventos multiusuário, treinamento, educação e muito mais.

Por conseguinte, torna-se válido o presente trabalho com o objetivo de desenvolver um protótipo de aplicação web com enfoque no metaverso que contribuísse para o amadurecimento da ideia deste tópico e para, possivelmente, um novo produto inovador no mercado de tecnologia.

3 Materiais e Métodos

Para atingir o objetivo de criar o protótipo de aplicação web proposto foi utilizado o *framework* *Vue.js* em conjunto com *Babylon.js* para, respectivamente, lidar com a implementação das interfaces de usuário e com o que diz respeito ao metaverso, sendo a renderização 3D do ambiente e dos personagens. Essa parte caracteriza-se pelo *frontend*. Enquanto para o *backend* utilizou-se *Node.js* em conjunto com o *Colyseus*, para interpretação do código Javascript e tratar requisições em tempo real, respectivamente. Além disso, utilizou-se o *PostgreSQL*, apelidado como Postgres, para gerenciamento do banco de dados.

É importante ressaltar que todo o material utilizado encontra-se dentro do ecossistema da linguagem de programação Javascript e Typescript, o que torna o desenvolvimento mais intuitivo e prático para manutenção.

A interface de usuário desenvolvida consiste em 5 telas diferentes, sendo elas a tela de login, tela de cadastro, tela inicial, tela de editar perfil e tela de editar senha. A composição dessas telas conta com alguns componentes do tipo formulário para inserção de dados, botões, caixas de diálogo, menus e ícones. A implementação do metaverso caracteriza-se pela renderização do ambiente de quarto, os personagens escolhidos e a interação entre eles através da movimentação de cada usuário, assim como as reações refletidas no ambiente. O desenvolvimento do backend consistiu na modelagem e estruturação do banco de dados e métodos chamados pelas requisições HTTPS, realizadas pelo cliente em um navegador da Web, com a finalidade de realizar operações do tipo criar, ler, deletar ou atualizar dados.

As ferramentas supracitadas, assim como suas utilizações, serão melhor detalhadas nesta seção. Entretanto, antes é apresentado em linhas gerais o fluxo desenhado para utilização da aplicação por parte do frontend e do backend. O diagrama geral da metodologia proposta em termos de *frontend* e *backend* é demonstrado nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

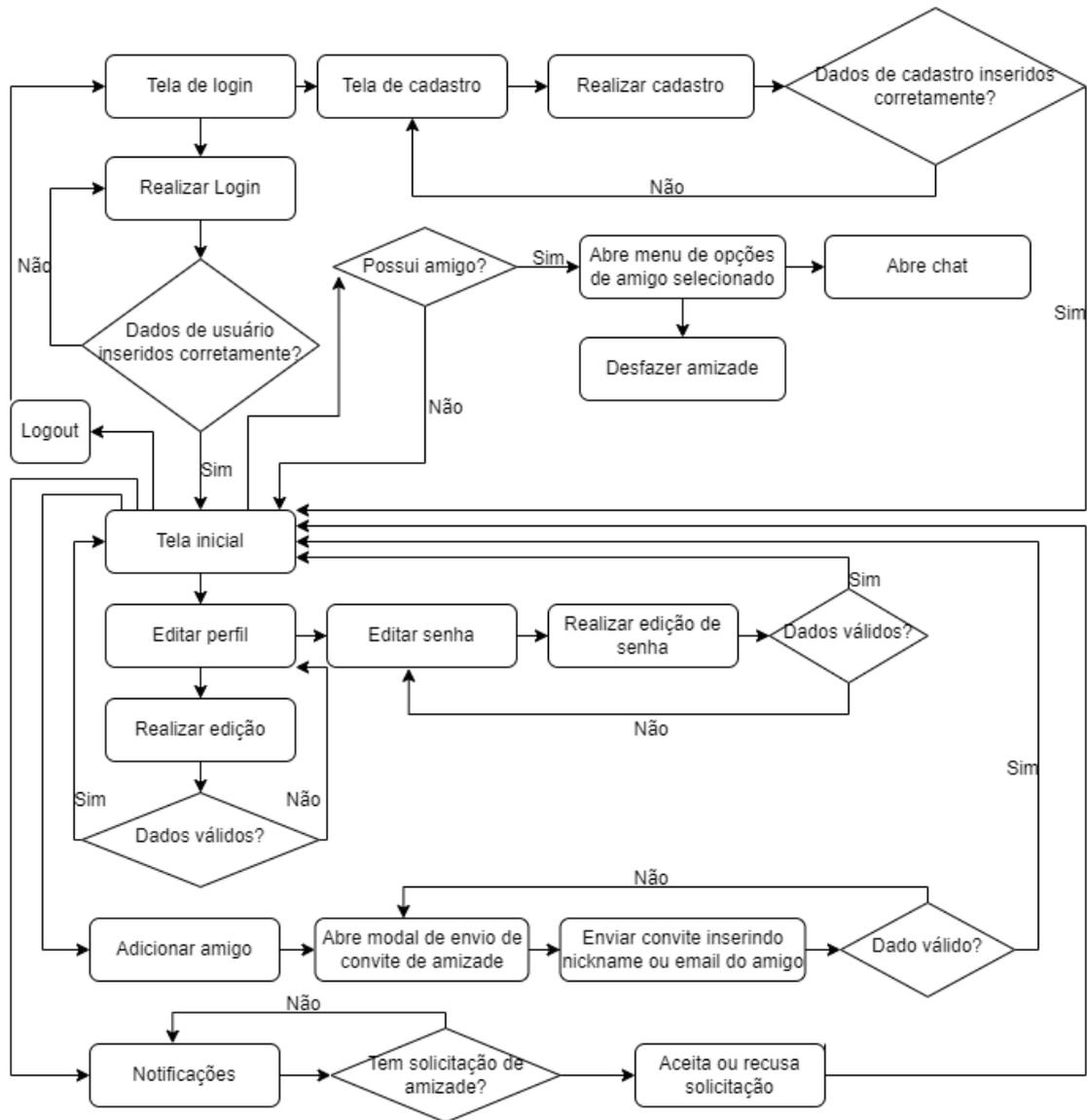


Figura 1 – Diagrama de fluxo do frontend. Fonte: autor.

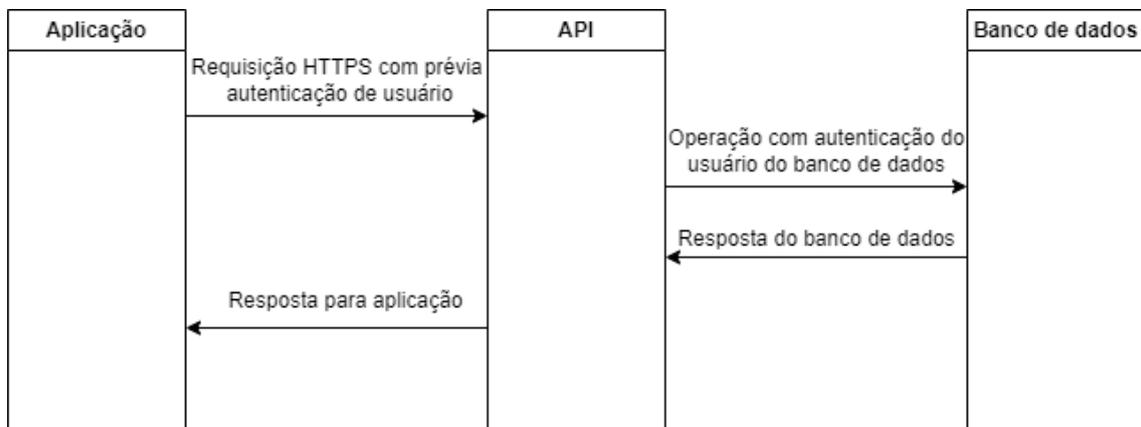


Figura 2 – Diagrama de fluxo do backend. Fonte: autor.

3.1 Frontend

3.1.1 Interface Geral

Para implementação das interfaces de usuário, tais como a tela de login, tela de cadastro e a tela inicial, foi utilizado o *framework* *Vue.js*. Este *framework*, escrito por Evan You na linguagem de programação *Javascript*, é capaz de ajudar na prototipagem rápida, oferecendo uma maneira fácil e flexível de ligação de dados reativos e componentes reutilizáveis. (VUE...,)

A tela de login conta com dois campos, o de email/nickname e senha, e dois botões, de login e cadastro. Na tela de cadastro é possível encontrar seis campos obrigatórios para efetuar o cadastro, sendo eles: email, nome, nickname, senha, gênero e personagem. É possível visualizar a tela de cadastro com a Figura 3.

Depois de realizado o login temos a tela inicial, que é composta por uma barra lateral onde é possível visualizar a logo, um botão para adicionar amigos, os amigos listados, se houver, e opções como notificações, editar perfil e logout. A tela inicial pode ser visualizada na Figura 4.

Acessando a tela de editar perfil a partir do botão correspondente na tela inicial, podemos observar 5 campos, sendo eles: nome, email, nickname, gênero e personagem. Além disso existem 3 botões: salvar, alterar senha e voltar. A tela de editar perfil pode ser visualizada na Figura 5.

Acessando a tela de alterar senha a partir do botão correspondente na tela de editar perfil, conseguimos visualizar 4 campos, sendo eles: email, senha atual, nova senha, e confirmação de nova senha. Ademais, existe um botão de salvar e outro de voltar para tela anterior.

Acessando a opção de notificações na tela inicial, um modal de notificações, onde se pode visualizar possíveis requisições de amizade, é aberto. Este modal pode ser visualizado na Figura 6.

Clicando no botão de "Adicionar amigo" na tela inicial, um modal de requisição de amizade é aberto, onde é requerido a inserção do email ou nickname do amigo para posterior envio da requisição de amizade. Tal modal pode ser visualizado também na Figura 6.

A tela inicial conta com um chat público, em que todos os integrantes do quarto podem se comunicar. Além disso, é possível acessar um chat privado a partir da lista de amigos adicionados na barra lateral, onde cada amigo conta com um menu de opções composto pela opção de abrir o chat privado e desfazer amizade. Os dois chats podem ser visualizados na Figura 7.

Além disso, a aplicação disponibiliza 6 personagens, podendo ser selecionado o personagem desejado no momento do cadastro ou posteriormente a partir da tela de editar perfil. Os personagens podem ser visualizados na Figura 8.

É importante ressaltar que todo esse fluxo é coberto a partir de operações requisitadas ao backend, composto pela API, que é a parte responsável pela comunicação com o banco de dados e posterior criação, leitura, atualização e/ou remoção de dados. O frontend se comunica com o backend a partir de requisições HTTPS autenticadas. Cada endpoint possui serviços específicos para processar as requisições solicitadas e posteriormente retornar ao frontend. A seção 3.2 é responsável por entrar com mais detalhes em relação ao backend.

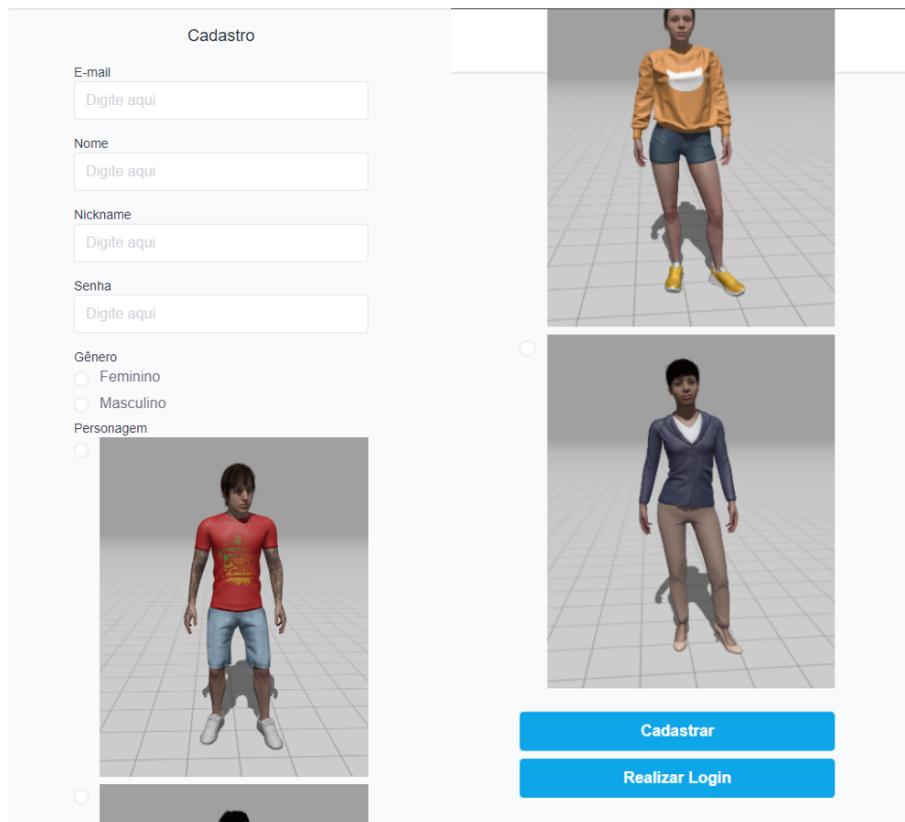


Figura 3 – Tela de cadastro. Na parte esquerda apresenta-se os campos requeridos pelo cadastro. Na direita, os botões. Fonte: autor.



Figura 4 – Tela inicial. Primeira tela que o usuário é apresentado depois de realizar o login. Câmera em primeira pessoa. Fonte: autor.

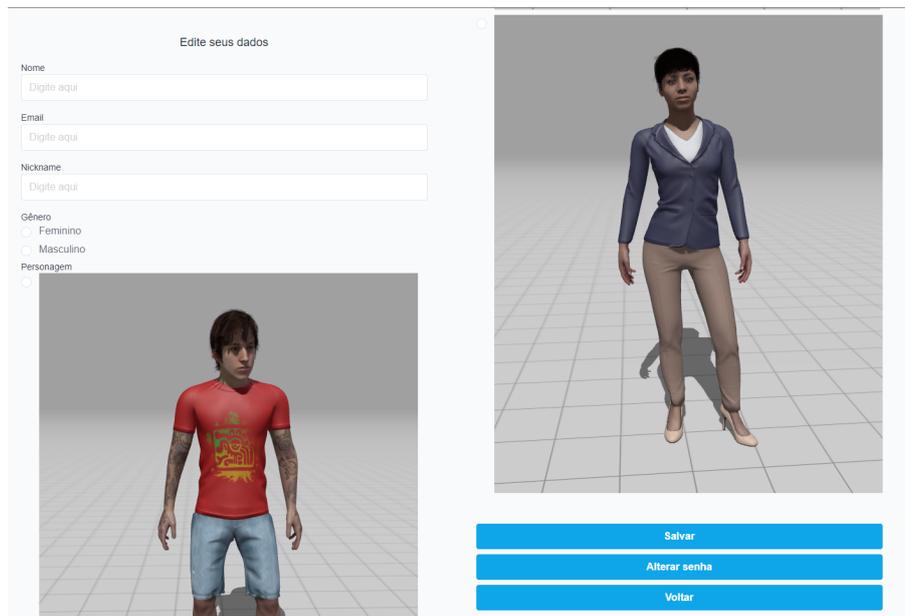


Figura 5 – Tela edicao. No lado esquerdo, há os campos requisitados para edição. No lado direito há os botões. Fonte: autor.

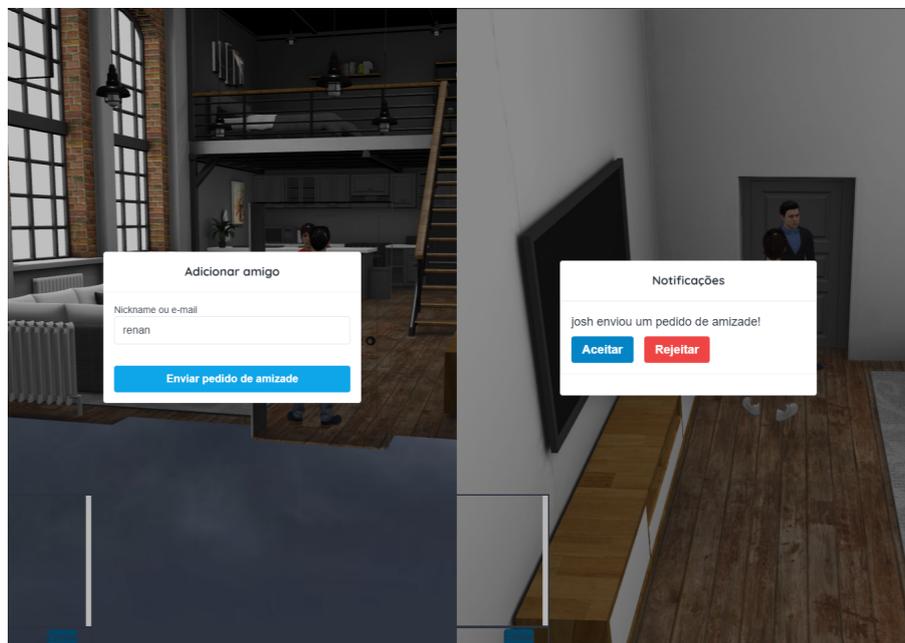


Figura 6 – Modal de notificações e amizade. Na parte esquerda da figura é apresentado o modal de requisição de amizade. Na direita, o modal de notificação de amizade. Fonte: autor.

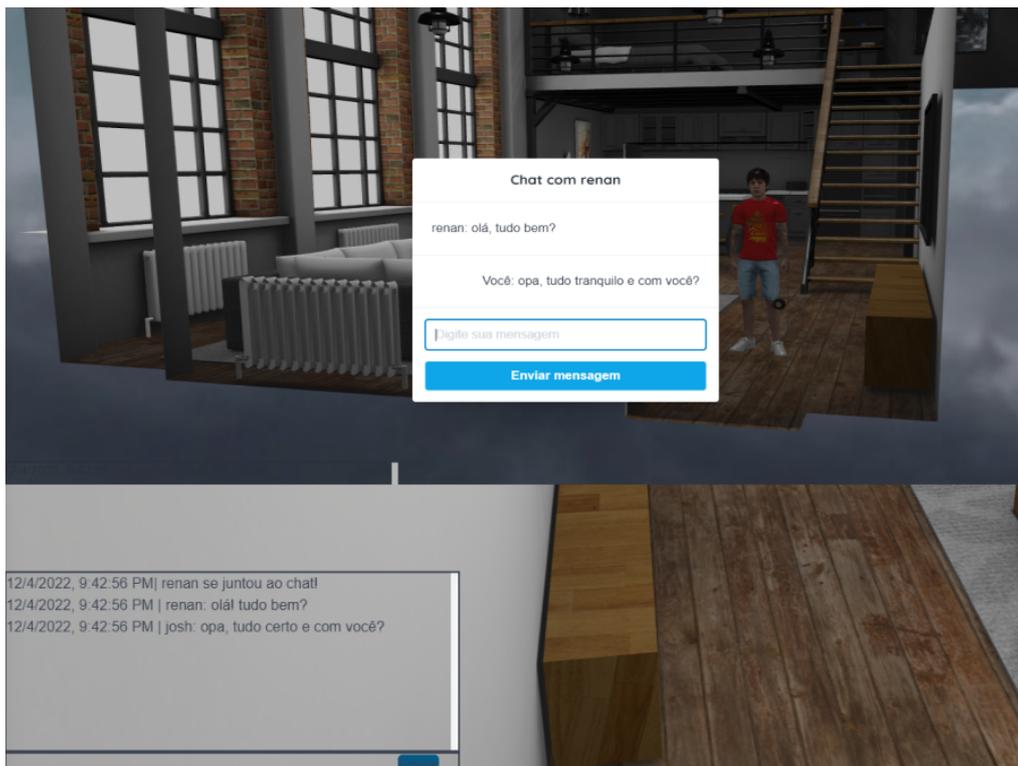


Figura 7 – Chat geral e privado. Na parte superior apresenta-se o chat privado. Na parte inferior, o chat geral. Fonte: autor.



Figura 8 – Personagens. Fonte: autor.

3.1.2 Renderização 3D

Para fins de renderização 3D, utilizou-se do *Babylon.js*, uma engine 3D em tempo real, empacotado em uma biblioteca *Javascript*, para exibir gráficos 3D em um navegador da web via HTML5 com o objetivo de renderizar os ambientes virtuais. Esta engine foi implementada com base em *Javascript* e *WebGL*, uma biblioteca derivada da biblioteca ES 2.0 do OpenGL projetada para renderizar gráficos 2D e gráficos 3D interativos.

Os personagens e suas respectivas animações foram adquiridos através do website da *Mixamo*. O ambiente foi adquirido através do website *Sketchfab*. O ambiente e os personagens são renderizados a partir desta biblioteca. Os personagens podem se mover através das setas ou teclas WASD, conseguem dançar se a tecla G for pressionada e conseguem alternar a câmera entre primeira e terceira pessoa clicando 1 ou 2, respectivamente. As Figuras 9 e 10 mostram um pouco da composição do ambiente e a Figura 11 a câmera em primeira pessoa.



Figura 9 – Sala e cozinha renderizada. Fonte: autor.



Figura 10 – Quarto renderizado. Fonte: autor.



Figura 11 – Câmera em primeira pessoa. Fonte: autor.

3.2 Backend

3.2.1 Node.js

Para o desenvolvimento do *backend* optou-se por usufruir do *Node.js* por conta do mesmo possuir um ambiente para desenvolvimento utilizando a linguagem *Javascript*. Trata-se de um runtime, que nada mais é do que um conjunto de códigos, API's, ou seja, são bibliotecas responsáveis pelo tempo de execução que funciona como um interpretador de JavaScript fora do ambiente do navegador web. (NODE. . . ,)

Além disso, para as requisições em tempo real demandadas pelo chat privado implementado, foi utilizado a biblioteca *socket.io*, que utiliza a tecnologia de *web sockets* por baixo dos panos, que torna possível abrir uma sessão de comunicação interativa entre o navegador do usuário e um servidor. Com isso, você pode enviar mensagens para um servidor e receber respostas orientadas a eventos sem ter que consultar o servidor para obter uma resposta.

Como demonstrado na Figura 2, o backend é responsável por operações do tipo leitura, criação, atualização e remoção do banco de dados. Para isso, são realizadas requisições HTTPS com prévia autenticação do usuário, em seguida a API se comunica de forma autenticada com o banco de dados e ele retorna com o resultado da operação, e por fim a API retorna uma resposta para a aplicação.

Cada requisição específica é transmitida através de endpoints, que são definidos a partir de URL's específicas. Cada endpoint possui um *controller*, uma classe que possui um conjunto de métodos que atuam como uma ponte entre a API e os modelos de domínio/banco de dados.

A aplicação implementada possui dois conjuntos de rotas para acessar os endpoints, sendo as rotas responsáveis por operações relacionadas ao usuário e amizade. As rotas podem ser visualizadas na Figura 12 a seguir.

```

import { Router } from 'express';
import { FriendController } from '../modules/friend/controllers';
import { AuthMiddleware } from '../middlewares/auth.middleware';

export const friendRoutes = Router();

friendRoutes.post(
  '/',
  AuthMiddleware,
  FriendController.create
);

friendRoutes.get(
  '/',
  AuthMiddleware,
  FriendController.list
);

friendRoutes.put(
  '/',
  AuthMiddleware,
  FriendController.acceptOrReject
);

friendRoutes.put(
  '/send-message',
  AuthMiddleware,
  FriendController.sendMessage
);

import { Router } from 'express';
import { UserController } from '../modules/public/controllers';
import { AuthMiddleware } from '../middlewares/auth.middleware';

export const userRoutes = Router();

userRoutes.post(
  '/sign-up',
  UserController.signUp
);

userRoutes.post(
  '/sign-in',
  UserController.signIn
);

userRoutes.put(
  '/edit',
  AuthMiddleware,
  UserController.update
);

userRoutes.put(
  '/change-password',
  UserController.changePassword
);

userRoutes.get(
  '/me',
  AuthMiddleware,
  UserController.me
);

```

Figura 12 – Rotas de usuário e amizade. Na parte esquerda da imagem é apresentado as rotas referentes a amizade, enquanto na direita, as rotas referentes a usuário. Fonte: autor.

3.2.2 Colyseus

Para tratar com requisições em tempo real de forma rápida e segura, foi utilizado o *Colyseus*, que consiste em um framework para Node.js. Este framework também utiliza a tecnologia de *web sockets* por baixo dos panos.

O Colyseus é responsável pelas requisições em tempo real referentes a posição dos usuários inseridos no quarto, as animações de movimentação que cada usuário pode solicitar, tais como andar ou dançar, e pelas mensagens enviadas no chat geral pelos usuários. Também é tratado casos como edição de personagem por parte do usuário, em que a renderização daquele personagem específico é comunicada através deste framework.

Colyseus lida com a sincronização de estado automaticamente por meio de suas estruturas denominadas *Schema* fortemente tipadas. O Schema é definido como anotações de tipo dentro da classe de estado. Pode-se adicionar lógica do servidor a essa classe, mas os arquivos gerados no lado do cliente (não implementados) considerarão apenas o próprio Schema.

Quando o usuário entra na sala com sucesso, ele recebe o estado completo do servidor. A cada *patchRate*, patches binários do estado são enviados para cada cliente (50ms por padrão) os retornos de chamada do esquema são acionados no lado do cliente ao aplicar patches vindos do servidor. o método *onStateChange* é acionado depois que todos os patches mais recentes foram aplicados no cliente. Sua lógica do lado do servidor pode mudar o estado da sala a qualquer momento. Os clientes conectados estão sempre sincronizados com o servidor (**COLYSEUS...**). A Figura 13 resume o funcionamento da sincronização que o Colyseus fornece, enquanto na Figura 14 é possível visualizar o schema implementado.

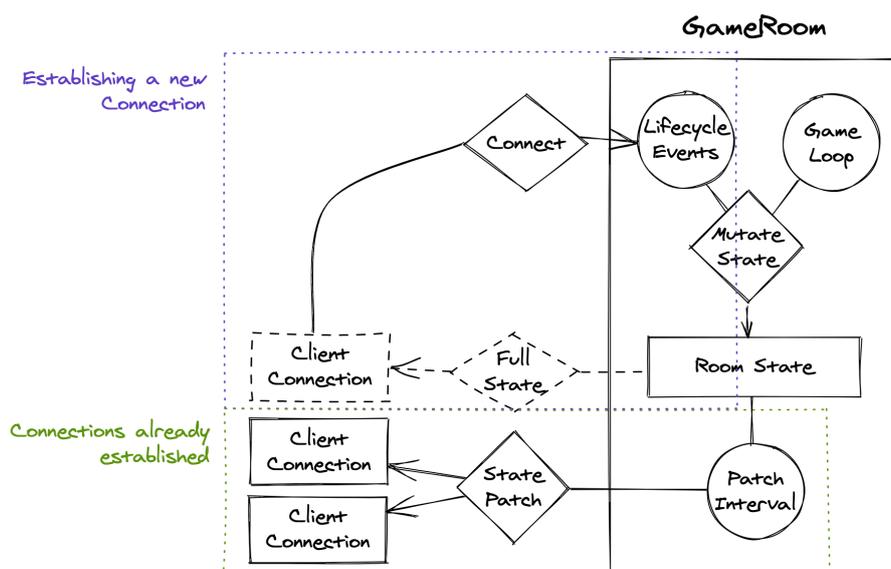


Figura 13 – Funcionamento Colyseus. Fonte: (COLYSEUS...).

```
import {Schema, type} from '@colyseus/schema';

You, 6 days ago | 1 author (You)
export class PlayerDirectionSchema extends Schema {
  @type('number') public rotationV: number;
}

You, 3 days ago | 1 author (You)
export class PlayerCharacterSchema extends Schema {
  @type('string') public character: string;
}

You, 2 days ago | 1 author (You)
export class PlayerNicknameSchema extends Schema {
  @type('string') public nickname: string;
}

You, 3 days ago | 1 author (You)
export class PlayerKeySchema extends Schema {
  @type('boolean') public up: boolean;
  @type('boolean') public right: boolean;
  @type('boolean') public down: boolean;
  @type('boolean') public left: boolean;
  @type('boolean') public jump: boolean;
  @type('boolean') public dancing: boolean;
}

You, 6 days ago | 1 author (You)
export class PlayerPositionSchema extends Schema {
  @type('number') public x: number;
  @type('number') public y: number;
  @type('number') public z: number;
}

You, 2 days ago | 1 author (You)
export class PlayerSchema extends Schema {
  @type('string') public sessionId: string;
  @type(PlayerPositionSchema) public playerPosition = new PlayerPositionSchema();
  @type(PlayerDirectionSchema) public playerDirection = new PlayerDirectionSchema();
  @type(PlayerKeySchema) public playerKey = new PlayerKeySchema();
  @type(PlayerCharacterSchema) public playerCharacter = new PlayerCharacterSchema();
  @type(PlayerNicknameSchema) public playerNickname = new PlayerNicknameSchema();
}
```

Figura 14 – Schema do colyseus implementado. Fonte: autor.

3.2.3 Banco de dados

Para o armazenamento de informações da aplicação foi utilizado o *PostgreSQL*, conhecido também como Postgres, um sistema de banco de dados relacional, de objeto de código aberto com mais de 35 anos de desenvolvimento ativo que lhe rendeu uma forte reputação de confiabilidade, robustez de recursos e desempenho. (POSTGRES...,)

A modelagem do banco de dados é relativamente simples, consistindo de apenas duas tabelas, sendo elas denominadas "user" e "friendship". Abaixo, na Figura 15, é possível visualizar um diagrama que mostra os relacionamentos entre as duas tabelas, as colunas de cada uma e o tipo de cada coluna.

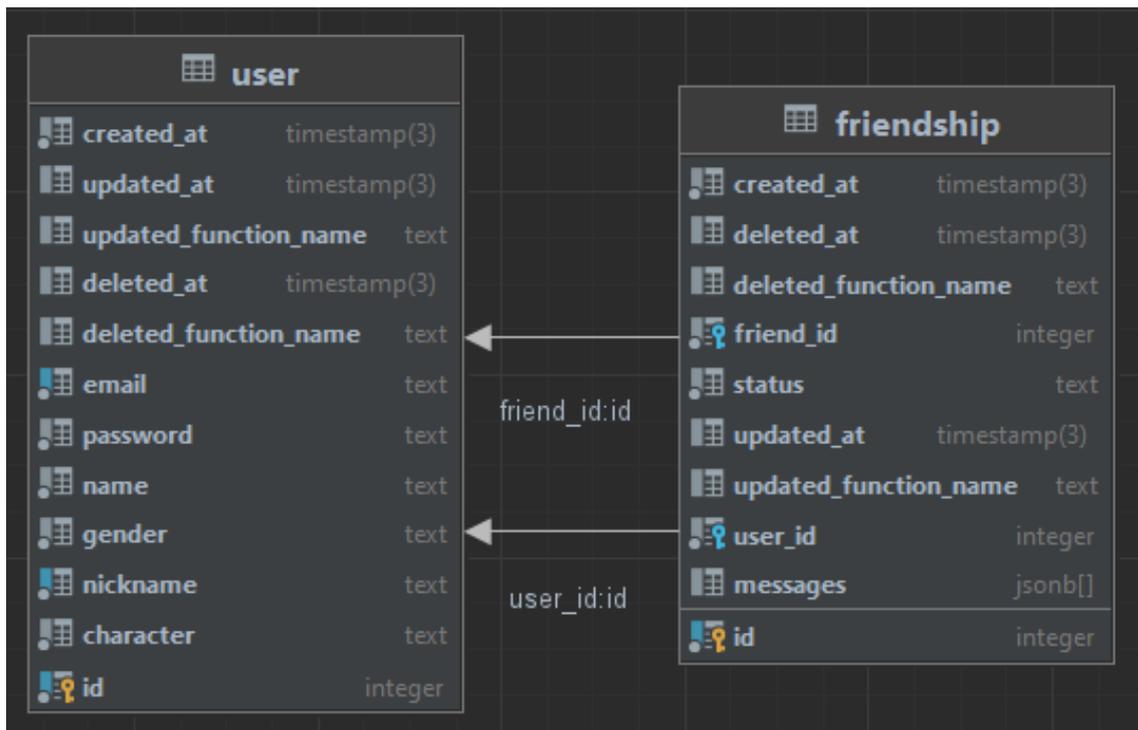


Figura 15 – Diagrama do banco de dados. A tabela esquerda é referente a tabela de usuário, enquanto a direita se refere ao relacionamento de amizade entre dois usuários. Fonte: autor.

Para interação com o banco de dados através da API, foi utilizado o *Prisma*, que consiste em um *ORM*, ferramenta que ajuda a simplificar a interação entre bancos de dados relacionais e diferentes linguagens orientadas a objeto. O Prisma torna mais fácil para os desenvolvedores raciocinarem sobre suas consultas de banco de dados, fornecendo uma API limpa e segura para o envio de consultas de banco de dados que retornam clássicos objetos JavaScript (PRISMA...,)

Cabe ressaltar que foi utilizada a biblioteca *bcrypt* para o armazenamento das senhas dos usuários. Esta biblioteca se encarrega de criptografar a senha para posterior comunicação com o banco de dados, com isso, somente o usuário possui conhecimento do real valor da senha, respeitando a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD).

4 Resultados Experimentais

O desenvolvimento do protótipo da aplicação ocorreu de forma gradual, podendo ser resumido em duas etapas. A primeira etapa teve por objetivo: arquitetura e estruturação de dados, desenvolvimento do fluxo de cadastro e login, tela inicial, fluxo de ajustes de perfil, fluxo de requisições de amizade e fluxo de chat privado. Enquanto a segunda etapa consistiu em: integração com *Babylon.js* e *Colyseus*, criação do primeiro quarto, criação dos primeiros personagens, fluxo de mais de um usuário em um quarto e chat geral.

O resultado final que pôde ser percebido foi o nascimento do protótipo de uma aplicação web, carinhosamente nomeada como RenCon, que contribui para estreitar os laços entre os usuários através de uma interação visual, fornecida pela renderização 3D implementada com a biblioteca *Babylon.js*, que incorpora o *WebGL*, uma API JavaScript para renderizar gráficos 2D e 3D interativos em qualquer navegador compatível sem o uso de plug-ins, o que facilita consideravelmente o acesso, podendo ser acessado de qualquer navegador que suporte a tecnologia WebGL, como celulares, tablets e computadores.

Além disso, o protótipo permite que os usuários online possam conversar entre si através do chat geral do quarto, podem enviar solicitações de amizade para outros usuários que conheceram em determinada sessão de uso e conversarem com esses novos amigos adicionados em um chat privado. Além de usufruir do espaço criado, desbravando-o a partir da movimentação de seu personagem, sendo possível a partir das setas ou telas WASD. Sendo possível também dançar com seu personagem, ao clicar a tecla G e alternar entre primeira e terceira pessoa com as teclas 1 e 2, respectivamente. O que torna uma experiência divertida e interessante.

Alguns exemplos de interação podem ser visualizados nas Figura 16, 17, 18 e 19. Na Figura 16 é possível observar três amigos conversando e dançando no ambiente do quarto. Na Figura 17, dois amigos conversando no ambiente da cozinha. Na Figura 18, dois amigos conversando no ambiente da sala. Na Figura 19, três amigos conversando no ambiente da sala.

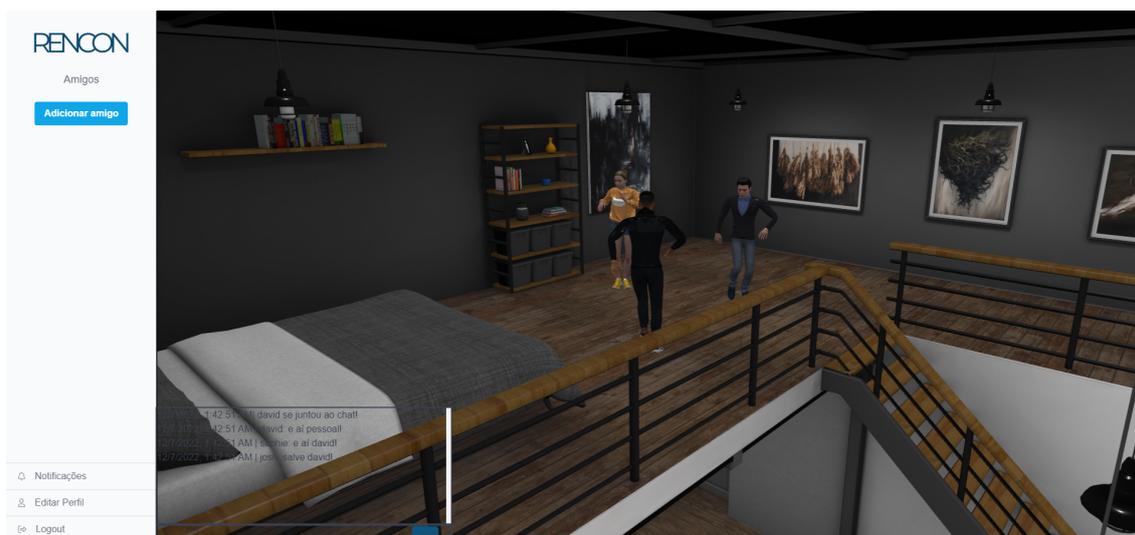


Figura 16 – Exemplo de interação entre três usuários no ambiente do quarto. Fonte: autor.

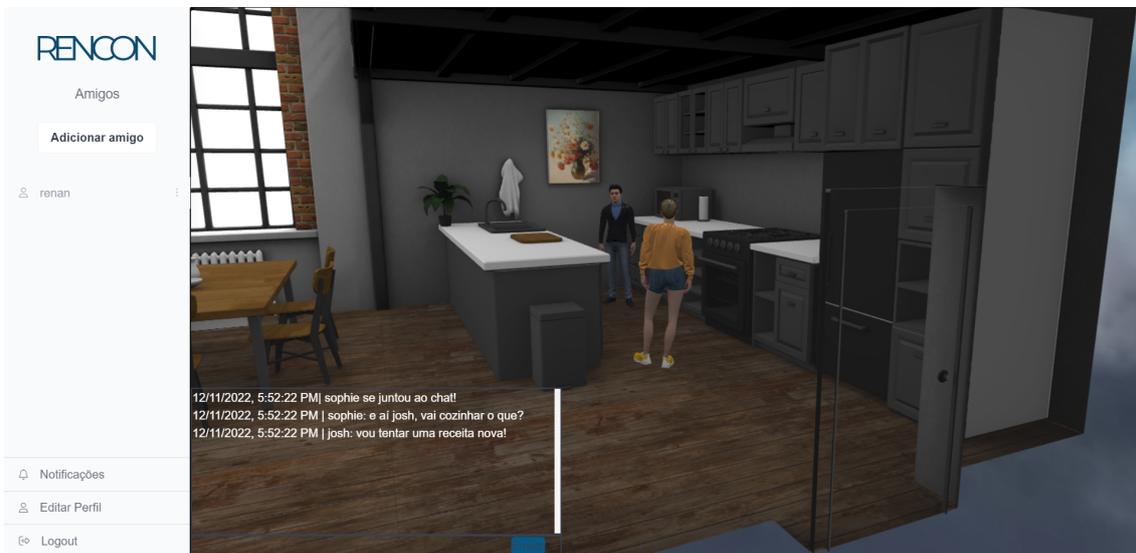


Figura 17 – Exemplo de interação entre dois usuários no ambiente da cozinha. Fonte: autor.



Figura 18 – Exemplo de interação entre dois usuários no ambiente da sala. Fonte: autor.

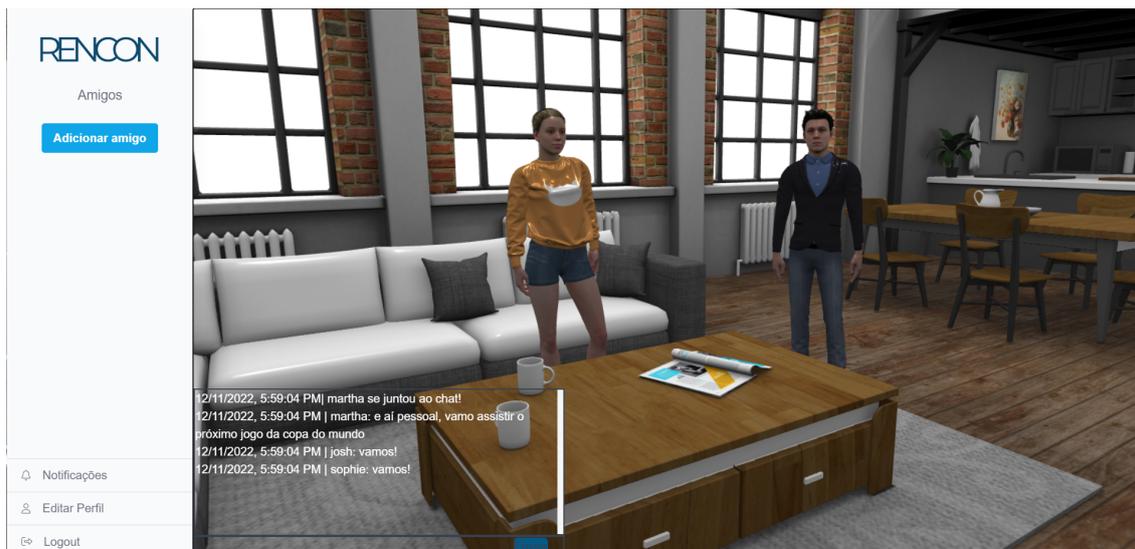


Figura 19 – Exemplo de interação entre três usuários no ambiente da sala. Fonte: autor.

5 Conclusão e Trabalhos Futuros

Através dos trabalhos e projetos relacionados apresentados na seção 2, pode-se concluir que o tema de metaverso é um tema significativamente recente e que estes e o presente trabalho contribuem para o amadurecimento deste tópico.

Assim como citado por (ZALLIO, 2022), o metaverso possui uma grande oportunidade de crescimento, e é responsável por moldar uma nova maneira das pessoas interagirem e socializarem. Ademais as amplas perspectivas de aplicação, como colocado por (THALMANN JINMAN KIM, 2022). Dessa forma, este trabalho consegue atingir o objetivo de aprimorar a socialização entre os usuários, através da interação de seus personagens virtuais, além da possibilitada através dos chats.

O conceito de metaverso ainda é um assunto bastante debatido, mas o conceito mais aceito pela comunidade atualmente é que o espaço virtual proposto por essa ideia deva ser um ambiente interativo, amigável e descentralizado, o que o protótipo implementado neste projeto consegue alcançar com sucesso. Além disso, este protótipo conta com a facilidade de acesso através de qualquer navegador que suporte a tecnologia WebGL, sem precisar realizar download de software ou plug-ins, o que contribui ainda mais para disseminação do tema.

Contudo, apesar dos resultados consideravelmente agradáveis alcançados com a finalização do protótipo, o presente projeto conta com a possibilidade de diversas melhorias. Entre tais melhorias, pode-se citar a criação de novos ambientes, possibilitar o usuário de criar um acervo de ambientes personalizados através de ferramentas previamente fornecidas, possibilitar o usuário importar modelos 3D reconstruídos através do processo de fotogrametria e possibilitar a criação/personalização no momento de seleção do personagem.

Outra possibilidade seria a de sincronização da dimensão tempo do ambiente virtual com a do ambiente real que circunda o usuário, além da replicação de ambientes populares no mundo real, tais como aeroportos e shoppings, virtualmente. Além disso, como citado por (CHENG YUE ZHANG et al., 2022), o processamento de áudio visa a renderização da imersão auditiva. A voz é considerada uma interface importante para os humanos entrarem

no metaverso, e pode ser considerado também como um dos principais modelos de interação entre entidades (avatars, humanos digitais ou mesmo objetos não humanos) no metaverso. Com isso, percebe-se também uma interessante melhoria relacionada a permitir que os usuários interajam através da webcam e microfone ou sincronizando suas falas com seus respectivos avatares.

Referências

- ARISTOTLE. 1944. Citado na página 3.
- ARPACI KASIM KARATAS, I. K. M. A.-E. I. Understanding the social sustainability of the metaverse by integrating utaut2 and big five personality traits: A hybrid sem-ann approach. *Technology in Society*, v. 71, 2022. Citado na página 3.
- BABYLON.JS Website. <https://www.babylonjs.com/>. Citado na página 4.
- BARRERA, D. S. K. G. Marketing in the metaverse: Conceptual understanding, framework, and research agenda. *Journal of Business Research*, v. 155, 2022. Citado na página 9.
- CHENG YUE ZHANG, X. L. S. et al. Roadmap toward the metaverse: An ai perspective. *The Innovation*, v. 3, 2022. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 23.
- CHOI, H. Working in the metaverse: Does telework in a metaverse office have the potential to reduce population pressure in megacities? evidence from young adults in seoul, south korea. 2022. Citado na página 4.
- COLYSEUS Website. <https://docs.colyseus.io/colyseus/state/overview/>. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 19.
- DWIVEDI LAURIE HUGHES, A. B. Y. et al. Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, v. 66, 2022. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 4.
- FAR SEYED MOJTABA HOSSEINI BAMAKAN, Q. Q. Q. J. S. B. A review of non-fungible tokens applications in the real-world and metaverse. *Procedia Computer Science*, v. 214, 2022. Citado na página 4.
- FERNANDEZ, P. H. C. Life, the metaverse and everything: An overview of privacy. *Ethics, and Governance in Metaverse*, 2022. Citado na página 3.
- HWANG, Y. When makers meet the metaverse: Effects of creating nft metaverse exhibition in maker education. *Computers Education*, v. 194, 2022. Citado na página 6.
- JAUNG, W. Digital forest recreation in the metaverse: Opportunities and challenges. *Technological Forecasting and Social Change*, v. 185, 2022. Citado na página 5.
- JEON, S. K. J. J. Exploring the educational applicability of metaverse-based platforms. 2021. Citado na página 4.
- JONES C. SNIDER, A. N. J. Y. B. H. D. Characterising the digital twin: A systematic literature review. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, Elsevier, n. 3, p. 36–52, 2020. Citado na página 4.
- LV LIANG QIAO, Y. L. Y. Y. F.-Y. W. Z. Blocknet: Beyond reliable spatial digital twins to parallel metaverse. *Patterns*, v. 3, 2022. Citado na página 3.

MARTINS LÍDIA OLIVEIRA, A. C. A. D. From co-design to the construction of a metaverse for the promotion of cultural heritage and tourism: the case of amiais. *Procedia Computer Science*, v. 204, p. 261–266, 2022. Citado na página 6.

NODE.JS Website. <https://nodejs.org/en/>. Citado na página 17.

OH JUNGHWAN KIM, J. J. C. N. P. S. L. H. J. Social benefits of living in the metaverse: The relationships among social presence, supportive interaction, social self-efficacy, and feelings of loneliness. *Computers in Human Behavior*, v. 139, 2022. Citado na página 3.

POSTGRES Website. <https://www.postgresql.org/>. Citado na página 20.

PRISMA Website. <https://www.prisma.io/>. Citado na página 20.

SONG, J. Q. Y.-T. Metaverse and personal healthcare. *Procedia Computer Science*, v. 210, 2022. Citado na página 8.

STEPHENSON, N. Snow crash. *Bantam Books*, 1992. Citado na página 3.

THALMANN JINMAN KIM, G. P. D. T. B. S. N. M. Computer graphics for metaverse. *Virtual Reality Intelligent Hardware*, v. 4, n. 5, p. 381–458, 2022. Citado 2 vezes nas páginas 3 e 23.

VUE.JS Website. <https://vuejs.org/>. Citado na página 12.

WANG ZHOU SU, N. Z. Y. et al. A survey on metaverse: Fundamentals, security, and privacy. 2022. Citado na página 4.

WEI, D. Gemiverse: The blockchain-based professional certification and tourism platform with its own ecosystem in the metaverse. *International Journal of Geoheritage and Parks*, v. 10, p. 322–336, 2022. Citado na página 7.

YOUNG, S. N. The neurobiology of human social behaviour: An important but neglected topic. *J. Psychiatry Neurosci*, v. 33, 2008. Citado na página 3.

ZALLIO, P. J. C. M. Designing the metaverse: A study on inclusion, diversity, equity, accessibility and safety for digital immersive environments. *Telematics and Informatics*, Elsevier, 2022. Citado 3 vezes nas páginas 3, 7 e 23.

ZENG L.H. ZENG, A. C. e. a. Y. The use of immersive virtual reality for cancer-related cognitive impairment assessment and rehabilitation: a clinical feasibility study. *Asia-Pacific Journal of Oncology Nursing*, v. 9, 2022. Citado na página 8.

ZHANGA HEXU LIUB, S.-C. K. M. A.-H. Y. Virtual reality applications for the built environment: Research trends and opportunities. *Automation in Construction*, v. 145, 2022. Citado na página 3.