



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ
CAMPUS TERESINA CENTRAL
CURSO TECNÓLOGO EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS

ANTONIO KAUÊ CAVALCANTE FERREIRA

DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO EM REALIDADE VIRTUAL PARA
TREINAMENTO DE KENDO

TERESINA

2023

ANTONIO KAUÊ CAVALCANTE FERREIRA

DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO EM REALIDADE VIRTUAL PARA
TREINAMENTO DE KENDO

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para
obtenção do diploma do Curso de Tecnólogo
em Análise e Desenvolvimento de Sistemas
do Instituto Federal de Educação, Ciência
e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina
Central.

Orientador: Prof. Me. Francisco Marcelino
Almeida de Araújo.

TERESINA

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD

Ferreira, Antonio Kauê Cavalcante

F383d Desenvolvimento de uma aplicação em realidade virtual para treinamento de kendo / Antonio Kauê Cavalcante Ferreira. - 2023.
49 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central, 2023.

Orientador : Prof Me. Francisco Marcelino Almeida de Araújo.

1. Realidade virtual. 2. Webservice. 3. Unreal engine. 4. Kendo. I.Título.

CDD - 004.21

Elaborado por Tanize Maria Sales CRB 3/1024

ANTONIO KAUÊ CAVALCANTE FERREIRA

DESENVOLVIMENTO DE UMA APLICAÇÃO EM REALIDADE VIRTUAL PARA
TREINAMENTO DE KENDO

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)
apresentado como exigência parcial para
obtenção do diploma do Curso de Tecnólogo
em Análise e Desenvolvimento de Sistemas
do Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia do Piauí, Campus Teresina Central.

Aprovado (a) em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Francisco Marcelino Almeida de Araújo (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI)

Prof. Me. Sérgio Luís Barroso de Carvalho
Universidade Federal do Piauí (UFPI)

Prof. Dr. Edilson Lívio Neves da Costa Carneiro
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí (IFPI)

Prof. Erick Patrick Alvarenga Rocha
Nintendo - Alemanha

Prof. Henrique de Paula Barbosa
Tribunal de Justiça do Estado do Piauí (TJPI)

Aos meus pais.

Aos meus ensinadores.

A todos que sempre me apoiaram.

AGRADECIMENTOS

A minha família, pelo incentivo, pelo apoio e por sempre me mostrarem que a educação é o melhor caminho.

A minha esposa, que me apoia desde antes do início desta jornada e está sempre ao meu lado, me ajudando a cada etapa.

Aos meus amigos que conheci no início do caminho e que agora quero levá-los para toda a vida, que me ajudaram a não seguir todo o caminho sozinho, além de serem meu apoio em todos os desafios que enfrentamos durante o percurso: Cícero e Emanuel, muito obrigado.

Ao meu orientador, Professor Marcelino, que me estendeu a mão e me trouxe para o ambiente que sempre sonhei em estar: um laboratório de pesquisa. Muito obrigado pela oportunidade e os ensinamentos, que guardo-os não só para as pesquisas, mas também para a vida.

Aos meus amigos e colaboradores de pesquisa no LABIRAS, que tanto me ensinaram nos últimos meses, me apoiaram, me arrancaram risadas e me fizeram entender que a união faz a força, em especial: Matheus, Paulo e Halyson, obrigado por tudo.

Aos professores, que muito contribuíram com minha formação acadêmica, agradeço por todas as lições e ensinamentos, as conversas, as orientações e a oportunidade de poder aprender com vocês. Foi uma honra tê-los como mestres.

“O começo da sabedoria é a declaração ‘eu não sei’. A pessoa que não pode fazer essa declaração é aquela que nunca aprenderá nada.”

(Thrall, o Guardião da Terra, 2006)

RESUMO

O uso da tecnologia aplicada no esporte vem a cada ano se tornando uma ótima ferramenta para auxiliar o treinamento dos atletas. Além disso, o mundo pós-pandemia está passando por mudanças dramáticas na forma de pensar e agir, com novas formas de se exercitar surgindo, mas sem sair de casa. Este trabalho apresenta o desenvolvimento de uma aplicação em realidade virtual, bem como a construção de um *webservice* e o estabelecimento de uma comunicação entre ambos, no formato cliente-servidor. O intuito deste projeto é criar uma aplicação que sirva para treinamento de tempo de reação para praticantes da arte marcial japonesa kendo. Para isso, o óculus de realidade virtual Meta® Quest 2 foi utilizado, através da colaboração com o laboratório de pesquisa LABIRAS, do Instituto Federal do Piauí. A escolha deste modelo de óculos de realidade virtual deve-se ao fato de ser um dispositivo *stand-alone*, isto é, não depende de um computador ou conexão cabeada para seu funcionamento, permitindo uma maior liberdade de movimento para seus usuários. Utilizando este dispositivo, foi possível realizar os testes da aplicação em realidade virtual, da qual foi criada utilizando a *Unreal Engine* como motor de jogos, em conjunto com *plug-ins* adicionais para possibilitar a comunicação com o *webservice*. Por fim, foi concluído o desenvolvimento da aplicação em realidade virtual e o *webservice*, bem como a criação do banco de dados. Além disso, tanto o *webservice* quanto o banco de dados foram implantados em nuvem através da plataforma Render, permitindo assim seu acesso de forma remota e possibilitando testes em qualquer lugar, a qualquer hora.

Palavras-chave: Realidade virtual. Webservice. Unreal Engine. Kendo.

ABSTRACT

The use of technology applied in sports comes every year becoming a great tool to help athletes training. Moreover, the post-pandemic world is undergoing dramatic changes in the way of thinking and acting, with new ways of exercising emerging, but without leaving home. This work presents the development of an application in virtual reality, as well as the build of a webservice and the establishment of a communication between both, in the client-server format. The purpose of this project is to create an application that serves to train reaction time for practitioners of the Japanese martial art kendo. For this, the Meta® Quest 2 virtual reality headset was used, through collaboration with the LABIRAS research laboratory, from the Federal Institute of Piauí. The choice of this model of virtual reality headset is due to the fact that it is a stand-alone device, that is, it does not depend on a computer or wired connection for its operation, allowing greater freedom of movement for its users. Using this device, it was possible to test the application in virtual reality, which was created using Unreal Engine as a game engine, together with additional plug-ins to enable communication with the webservice. Finally, the development of the application in virtual reality and the webservice were completed, as well as the creation of the database. In addition, both the webservice and the database were deployed in the cloud through the Render platform, thus allowing remote access and testing anywhere, anytime.

Keywords: Virtual Reality. Webservice. Unreal Engine. Kendo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aluno interagindo com a tabela periódica.	22
Figura 2 – Usuário interagindo com nuvens usando gesto de pinça simultânea de vários dedos. a) Posição inicial e final da mão no gesto; b) Posição intermediária da mão no gesto.	23
Figura 3 – Resposta do atleta real (b) aos ataques do adversário virtual (a)	23
Figura 4 – Diagrama de Casos de Uso	27
Figura 5 – Fluxo de jogabilidade	29
Figura 6 – Mapa dos controles do Quest 2	30
Figura 7 – Polygon - Samurai Pack	31
Figura 8 – Dispositivo Meta Quest 2 disponibilizado pelo LABIRAS	32
Figura 9 – Medidas do Meta Quest 2	33
Figura 10 – Diagrama de Classes	36
Figura 11 – Menu inicial do jogo	37
Figura 12 – a) Jogador segurando a <i>shinai</i> ; b) Área inicial	38
Figura 13 – Fluxo após jogador adentrar a área inicial	39
Figura 14 – Partes da <i>shinai</i>	40
Figura 15 – Áreas vermelhas em destaque para acerto de golpes	41
Figura 16 – Menu flutuante	41
Figura 17 – Exemplo de resposta do <i>webservice</i>	42

LISTA DE SIGLAS

LABIRAS	Laboratório de Inovação e Pesquisa Aplicada
CBK	Confederação Brasileira de Kendo
HMD	Head Mounted Display
AJKF	All Japan Kendo Federation
UDDI	Universal Description, Discovery and Integration
REST	Representational State Transfer
API	Application Programming Interface
URI	Uniform Resource Identifiers
GDD	Game Design Document
DOF	Degrees Of Freedom
RV	Realidade Virtual
ORM	Object Relational Mapper

LISTA DE SÍMBOLOS

® Marca registrada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVO GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	16
3.1	SERIOUS GAMES	16
3.1.1	EXERGAMES	16
3.2	REALIDADE VIRTUAL	17
3.3	KENDO	18
3.4	GAME ENGINE	19
3.5	WEB SERVICE	19
3.5.1	REST	20
3.6	BANCO DE DADOS	21
4	TRABALHOS RELACIONADOS	22
5	METODOLOGIA	25
5.1	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	25
5.2	ANÁLISE E LEVANTAMENTO DE REQUISITOS	25
5.2.1	REQUISITOS FUNCIONAIS	25
5.2.2	REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS	26
5.2.3	DIAGRAMA DE CASOS DE USO	27
5.3	GAME DESIGN DOCUMENT	27
5.3.1	NOME DO JOGO	28
5.3.2	VISÃO GERAL	28
5.3.2.1	CONCEITO	28
5.3.2.2	GÊNERO	28
5.3.2.3	PLATAFORMA-ALVO	28
5.3.2.4	<i>GAME ENGINE</i>	28
5.3.2.5	PÚBLICO-ALVO	28
5.3.2.6	OBJETIVO PEDAGÓGICO	28
5.3.2.7	<i>LOOK AND FEEL</i>	29
5.3.3	JOGABILIDADE E FLUXO DO JOGO	29

5.3.4	CONTROLES	30
5.3.5	MAPAS	31
5.3.6	ARTE E MODELOS	31
5.4	HARDWARE	32
5.5	SOFTWARE	33
6	RESULTADOS	37
6.1	O JOGO	37
6.2	WEBSERVICE E BANCO DE DADOS	41
7	CONCLUSÃO	43
8	TRABALHOS FUTUROS	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

O uso de tecnologia aplicada em esportes vem a cada ano tornando-se uma ótima ferramenta no auxílio ao treinamento de atletas. Em relação a esse mercado, algumas das tecnologias utilizadas incluem modelagem por computador, aquisição e análise de dados, computadores móveis e redes de tecnologia da informação (BACA *et al.*, 2009). Atualmente, pode notar-se atletas de alto nível usando dispositivos tecnológicos que coletam dados de suas habilidades físicas e mentais, com o propósito de ter uma melhora em suas habilidades e no desempenho esportivo (LIEBERMANN *et al.*, 2002) (PETRI; BANDOW; WITTE, 2018).

Posto isso, dentre as tecnologias utilizadas em treinamentos de esportes, a realidade virtual (RV) é uma tecnologia capaz de imitar cenários reais de uma forma que parece familiar à cognição humana, criando um ambiente virtual. O usuário é inserido nesse ambiente, e seus movimentos são representados virtualmente, causando a sensação de imersão, ótimo para a criação de ambientes de treinamento (PETRI *et al.*, 2019).

Em 2013, a empresa Oculus Rift lançou as primeiras versões do kit para desenvolvedores apresentando uma geração totalmente nova de *Head Mounted Display* (HMD) com preços acessíveis para os consumidores, tornando essa nova tecnologia popular entre um público mais amplo, tanto pesquisadores quanto educadores a utilizam para fins científicos e educacionais (JENSEN; KONRADSEN, 2018). Atualmente, a maioria dos HMDs vem com uma tecnologia chamada rastreamento de cabeça, responsável por identificar uma determinada área de movimento do usuário. Assim, o movimento no mundo virtual é idêntico ao do mundo real, facilitando o uso de realidade virtual em centro de treinamentos.

Isto posto, o Kendo, uma arte marcial de origem japonesa, se caracteriza por ser uma luta entre dois oponentes, assemelhando-se com a esgrima, entretanto os praticantes usam espadas de bambu e estão protegidos por uma armadura. Ademais, o Kendo é um esporte que tem campeonatos de nível mundial, mas detém uma quantidade ínfima de pesquisas envolvendo-o, principalmente, na área de tecnologia, isso se comparando ao Futebol, esporte que é olímpico e tem um grande investimento tecnológico, então analisa-se que Kendo tem um deficit em trabalhos científico. Diante disso, ainda assim, nos anos de 2016 a 2020 foram elaborados trabalhos que utilizam a tecnologia para melhorar o treinamento dos *kendōkas*, que são praticantes de kendo. Alguns dos temas encontrados foram o estudo da cinemática e dinâmica do kata de Kendo (KONYUKHOV; YENIAVCI,), o estudo para determinar os fatores que diminuem o tempo de ataque do *men* (MURASE *et al.*, 2017), golpe na parte superior da cabeça, o desenvolvimento de

uma luva de *kote*, golpe no antebraço, próximo aos punhos, para analisar parâmetros (JEONG; TAN; FUSS, 2018), o sistema de apoio ao Kendo (TAKATA *et al.*, 2019) e a detecção da atividade de ataque (TORIGOE *et al.*, 2020). A maioria dos artigos recentes está relacionada com a área da saúde ou com o estudo do Kendo como arte marcial em geral.

Durante uma luta de Kendo, existem diversas habilidades que devem ser consideradas na hora de mensurar o quanto um atleta está preparado e um desses parâmetros é o tempo de reação. Além disso, o tempo de reação é um bom indicador da velocidade em que o atleta processa a informação, assim medindo a sua capacidade cognitiva e sua habilidade motora, o que o torna uma boa medida para o desempenho de atletas (COSTA *et al.*, 2017).

Em vista disso, será utilizado a realidade virtual para realizar o treinamento de movimento para atletas de Kendo, dessa forma pode-se coletar dados dessas sessões de treinamento para monitorar a evolução desses atletas. O seu uso nos esportes é aplicado em diferentes áreas, vários pesquisadores já testaram e observaram se a utilização da realidade virtual ajuda no desempenho do praticante, concluindo que o uso dessa tecnologia em paralelo com a atividade física habitual é benéfico para o praticante (NEUMANN *et al.*, 2018) (STINSON; BOWMAN, 2014) (BIDEAU *et al.*, 2009).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma plataforma em Realidade Virtual para treinamento de movimentos da arte marcial japonesa Kendo.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar os requisitos para o desenvolvimento da plataforma;
- Desenvolver a aplicação em Realidade Virtual;
- Desenvolver um *webservice* para gerenciar os dados gerados pela plataforma.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para melhor compreender as decisões de projeto tomadas durante o desenvolvimento da solução proposta por este trabalho é necessário entender alguns conceitos teóricos relacionados a *serious games*, realidade virtual, kendo, *game engines*, *web services* e banco de dados.

3.1 SERIOUS GAMES

O termo *serious games*, apesar de ser bastante discutido atualmente, não apresenta consenso quanto à sua definição. Para Fleury, Nakano e Cordeiro (2014), o termo teria sido empregado pela primeira vez pelo autor Clark Abt, o qual o define como jogos de cunho educacional, independente da faixa etária e para diversos cenários. Já segundo Corti (2006), a aprendizagem baseada em jogos/*serious games* "trata-se de alavancar o poder dos jogos de computador para cativar e envolver usuários para uma finalidade específica, como desenvolver novos conhecimentos e habilidades". Uma definição mais simples e direta, de Michael e Chen (2005), seria "jogos que não tem entretenimento, prazer ou diversão como seu objetivo principal".

Apesar dos diversos aspectos citados por diferentes autores, evidencia-se que essa classe de jogos tem como objetivo estimular o aprendizado e desenvolvimento de habilidades através da simulação de situações cotidianas em múltiplos campos, como saúde, educação ou indústria. Sua estrutura difere-se de jogos convencionais, uma vez que, como supramencionado, baseia-se em introduzir aos usuários novos conhecimentos ou aprimorar habilidades existentes, utilizando-se de recursos visuais, sonoros e/ou táteis disponíveis no jogo.

De acordo com Sawyer “America’s Army foi o *serious games* bem-sucedido e bem executado que ganhou total consciência do público” (GUDMUNDSEN, 2006, tradução nossa). Entretanto, os primeiros exemplos de *serious games* podem ser encontrados antes mesmo da era digital. Um caso a ser citado seria o livro “The New Alexandria Simulation: A Serious Game of State and Local Politics”, onde é explicado como jogar um jogo projetado para ensinar o básico da mecânica política americana (JANSIEWICZ, 1973, tradução nossa).

3.1.1 EXERGAMES

Os *exergames* fazem parte de outra categoria de jogos onde o foco é a realização de exercícios físicos.

Assim como *serious games*, *exergames* não dispõem de uma definição em consenso.

Todavia, podemos observar que:

Exergames são um tipo de vídeo-jogos que incluem qualquer tipo de exercício físico nas rotinas do jogo. É possível incluir também atividades físicas que envolvem um sistema de captura de movimentos de atividades como dança e esportes. *Exergaming* ou a prática de *exergames* é o ato de usar esse tipo de vídeo-jogos para se exercitar. A medida de intensidade da prática irá variar, dependendo do jogo, bem como o gasto calórico durante a interação. Alguns dos mais populares *exergames* são Wii Fit, Dance Dance Revolution e EA Sports Active (FINCO; MAASS, 2014, tradução nossa).

É importante destacar também o papel importante que os *exergames* desempenham na área da saúde, uma vez que sua principal forma de interação é através do movimento corporal, seja ele geral ou concentrado. A utilização, por exemplo, do Nintendo Wii como ferramenta para o desenvolvimento de pesquisas relacionadas a *exergames* trouxe significantes resultados em diferentes estudos (NITZ *et al.*, 2010) (ANDERSON; ANNETT; BISCHOF, 2010) (DEUTSCH *et al.*, 2008).

3.2 REALIDADE VIRTUAL

O avanço da tecnologia tem proporcionado avanços significativos na forma como a humanidade interage com as máquinas. Das estações computacionais que ocupavam salas inteiras, passando pelo lançamento dos primeiros microcomputadores até a chegada dos primeiros *smartphones*, a experiência dos usuários foi adaptada, buscando uma maneira mais acessível e de fácil interação para os usuários usufruírem dos novos recursos que a tecnologia vem dispondo ao longo do tempo.

Não obstante, um novo dispositivo surgiu em 2016, revolucionando o campo de interação humano-computador: o Oculus Rift, um HMD capaz de imergir o usuário em diferentes mundos 3D virtualizados, através do uso de duas telas OLED, uma para cada olho, e um sistema de captura de movimentos, permitindo reproduzir as ações do usuário no mundo virtual (MELO, 2023).

Conquanto o fato supramencionado, conceituar realidade virtual é uma tarefa difícil, uma vez que sua definição não deve limitar-se somente às tecnologias empregadas para sua reprodução. Para Fuchs, Moreau e Guitton (2011, p. 5), a realidade virtual pode ser definida em diferentes níveis, sendo eles:

1. **Propósito:** para os autores, o propósito comum para todas as aplicações de realidade virtual seria "tornar possível uma atividade cognitiva e sensório-motor para uma pessoa

(ou pessoas) em um mundo artificial criado digitalmente, da qual pode ser imaginário, simbólico ou uma simulação de certos aspectos do mundo real" (FUCHS; MOREAU; GUITTON, 2011, p.6, tradução nossa).

2. **Definição Funcional:** "A realidade virtual o ajudará a sair da realidade física para mudar virtualmente o tempo, o lugar e (ou) o tipo de interação: interação com um ambiente simulando a realidade ou interação com um mundo imaginário ou simbólico" (FUCHS; MOREAU; GUITTON, 2011, p.7, tradução nossa).
3. **Definição Técnica:** por fim, a definição técnica dada pelos autores seria que a realidade virtual é um domínio não apenas técnico, mas também científico, da qual utiliza da ciência da computação e o que eles denominam de interfaces comportamentais para simular os comportamentos em um mundo virtual, onde um ou mais usuários interagem com as entidades 3D em uma imersão pseudo-natural através de canais sensório-motores (FUCHS; MOREAU; GUITTON, 2011, p.8).

Ademais, são diversas as aplicações possíveis de realidade virtual, especialmente no contexto tecnológico que vive a humanidade atualmente. Dentre elas, podemos citar entretenimento, educação, saúde, treinamentos e esportes, como tem destacado diversos estudos recentes (POWELL *et al.*, 2017) (KAVANAGH *et al.*, 2017) (JAVOID; HALEEM, 2020) (NARANJO *et al.*, 2020) (WANG, 2012).

3.3 KENDO

O Kendo, muitas vezes traduzido como "caminho da espada", é uma arte marcial de origem japonesa em que os kendōkas aprendem a lutar com espadas de bambu (shinai). Segundo a All Japan Kendo Federation (AJKF), o conceito e o objetivo do kendo são os seguintes: conceito - "O Kendo é uma forma de disciplinar o caráter humano por meio da aplicação dos princípios da katana"; propósito - "Moldar a mente e o corpo. Cultivar um espírito vigoroso e, por meio de treinamento correto e rígido, esforçar-se para melhorar a arte do Kendo. Ter estima pela cortesia e honra humanas. Associar-se aos outros com sinceridade. E buscar sempre o cultivo de si. Assim, a pessoa será capaz de Amar seu país e sua sociedade; contribuir para o desenvolvimento da cultura; e promover a paz e a prosperidade entre todos os povos" (SALMON, 2013). Ademais, o Kendo é composto por quatro ataques básicos usados para pontuar em uma luta. São eles: *men* (ataque ao topo da cabeça), *kote* (ataque ao antebraço), *dō* (ataque ao tronco)

e *tsuki* (estocada na garganta). Todos esses ataques são feitos em áreas da armadura que os lutadores usam e, conseqüentemente, recebem o nome da parte da armadura que atingem.

3.4 GAME ENGINE

Game Engines, ou Motores de Jogos, são softwares que permitem a construção de jogos. Para Andrade (2015), o principal objetivo de uma *game engine* é abstrair recursos comuns em jogos, permitindo seu reuso em diferentes jogos. Ademais, *game engines* também permitem a expansão de suas funcionalidades comuns através da integração com recursos criados por terceiros, contribuindo para uma maior variedade de jogos com diferentes estilos e mecânicas. Para mais, outra vantagem seria o suporte a distribuição em diferentes plataformas, utilizando o mesmo código-fonte. Ainda segundo Andrade (2015), alguns dos recursos mais comuns em uma *game engine*, seriam:

- Motor de renderização para gráficos 2D ou 3D;
- Tratamento de entradas (teclado, mouse, controles *dualshock*, etc.);
- *Game Loop* (a rotina interna que recalcula os eventos do jogo a cada quadro);
- Um motor de físicas;
- Animações;
- Gerenciamento de memória.

Atualmente, o mercado de jogos eletrônicos dispõe de diferentes *game engines* para o desenvolvimento de jogos, desde soluções completamente gratuitas e de código aberto, até soluções pagas de forma mensal ou anualmente. Dentre os motores de jogos mais famosas e utilizadas atualmente, podem citar-se a Unity Engine, a Unreal Engine, a Godot Engine, o GameMaker e o Construct.

3.5 WEB SERVICE

A comunicação entre aplicações é uma parte essencial para o desenvolvimento de serviços providos e disponibilizados na internet. Os *web services* surgiram da demanda necessária de tornar possível esta comunicação, principalmente para integração de serviços de diferentes empresas (ALONSO *et al.*, 2004). Uma definição dada pelo consórcio *Universal Description*,

Discovery and Integration (UDDI) define *web services* como "aplicativos de negócios modulares e independentes que têm interfaces abertas, orientadas para a Internet e baseadas em padrões" (UDDI, 2000). Seus usos são diversos, mas principalmente reuso de código e conexão entre programas, em diferentes plataformas, o que é possível devido aos protocolos universais de comunicação.

3.5.1 REST

REST (*Representational State Transfer*) é um modelo arquitetural que foi proposto inicialmente por Roy Fielding em sua tese de PhD, onde ele define um novo estilo arquitetural para aplicações baseadas em rede (FIELDING, 2000). Em sua concepção, Roy estabeleceu 5 conceitos fundamentais, que são eles:

1. *Cliente-Servidor*: em rede, a comunicação ocorre entre duas origens, onde uma é o cliente, ou seja, quem faz as requisições, e o outro é o servidor, que as responde.
2. *Cache*: ambas as origens, cliente ou servidor, podem implementar *caching*, isto é, técnicas de armazenamento intermediário de dados de uma aplicação, para melhorar a performance da rede.
3. *Stateless*: o servidor não deve manter dados das requisições salvas em nenhum tipo de estado; os parâmetros da requisição devem ser suficientes para ser atendida.
4. *Layered*: a comunicação entre as origens deve acontecer em camadas.
5. *Interface Uniforme*: a troca de mensagens entre as origens cliente e servidor deve acontecer utilizando interfaces uniformes, tanto em modo quanto em formato.

Em *web services* REST, tanto dados quanto funcionalidades são tratados como recursos, que ficam acessíveis através de URIs (Identificador Uniforme de Recursos), que geralmente são endereços na web que apontam para o servidor onde esses serviços estão hospedados. Estes recursos podem ser acessados através de operações definidos pelo padrão REST. As operações permitem, por exemplo, ler (GET), criar (POST), alterar (PUT) ou deletar (DELETE) recursos (MATRAKAS, 2016).

3.6 BANCO DE DADOS

Bancos de dados são coleções de dados organizados e estruturados, normalmente armazenados eletronicamente. Para Korth e Silberschatz (1998), bancos de dados podem ser definidos como "uma coleção de dados inter-relacionados, representando informações sobre um domínio específico". Tais dados tem relação direta com a aplicação a que estão sendo empregados, ou seja, para uma empresa de seguros, por exemplo, dados de clientes, dados de transações e outras informações cruciais que precisam ser consultadas pela empresa.

A utilização de um banco de dados impacta positivamente no funcionamento de uma empresa ou negócio, uma vez que trás diversas vantagens, tais como:

1. Segurança: graças aos mecanismos de segurança e *backup*, os bancos de dados podem garantir uma melhor proteção contra ataques e invasões, além de prevenir sua perda através da sua recuperação.
2. Agilidade: com um banco de dados, a consulta às informações se torna mais rápida, de maneira segura e com alta disponibilidade, permitindo acesso à qualquer hora em qualquer lugar.
3. Produtividade: tendo uma maneira mais fácil e rápida de consultar dados, há um impacto significativo na melhoria de produtividade de tarefas.

Atualmente existem diversos tipos de bancos de dados, cada um com suas particularidades e casos de uso específicos de acordo com as necessidades de quem vai utilizar, podendo citar-se, por exemplo, os tipos:

- Relacional;
- Não-Relacional;
- Orientado a Objetos;
- Autônomos;
- Distribuídos.

4 TRABALHOS RELACIONADOS

Neste capítulo se encontram trabalhos que utilizam realidade virtual e *serious games* como ferramenta de ensino e ferramenta de auxílio em tratamentos de saúde.

No trabalho de Nunes (2022), foi desenvolvido um ambiente virtual simulando um laboratório para Aulas Laboratoriais de Ciências Biológicas, através do motor de jogos Unity (figura 1). Com o uso de uma biblioteca de realidade virtual, o autor pôde permitir uma livre movimentação dos usuários pelo ambiente virtual. Além disso, o autor integrou um LMS (*Learning Management System*, ou Sistema de Gestão da Aprendizagem) e um LRS (*Learning Record Store*, ou Armazenamento de Dados de Aprendizado) para auxílio das aulas na plataforma virtual, permitindo aos educadores uma avaliação do progresso dos alunos e um melhor direcionamento das atividades exercidas.

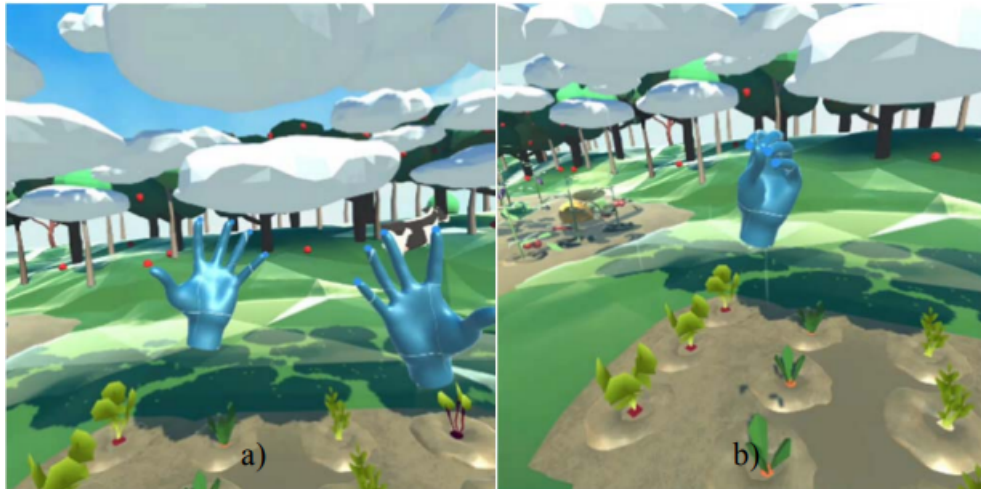
Figura 1 – Aluno interagindo com a tabela periódica.



Fonte: (NUNES, 2022)

Pereira *et al.* (2020), por sua vez, discute em seu trabalho a utilização de um jogo de Realidade Virtual como uma melhoria na fisioterapia convencional para a reabilitação da mão após lesões, feridas ou eventos traumáticos (figura 2). O autor também utilizou o motor de jogos Unity, em conjunto com as bibliotecas de integração para realidade virtual, dessa vez, tendo como foco a sua implementação de rastreamento das mãos, não necessitando o uso dos controles do HMD. A intenção do trabalho é utilizar situações cotidianas que necessitam das mãos para simular os movimentos e estimular a gesticulação, acontecendo assim a fisioterapia. Apesar de certos contrapontos encarados pelos usuários nos testes, como o peso do dispositivo e leve enjoo na movimentação, o resultado do trabalho foi bastante positivo, corroborando para o uso da realidade virtual em áreas vitais da ciência, como a medicina.

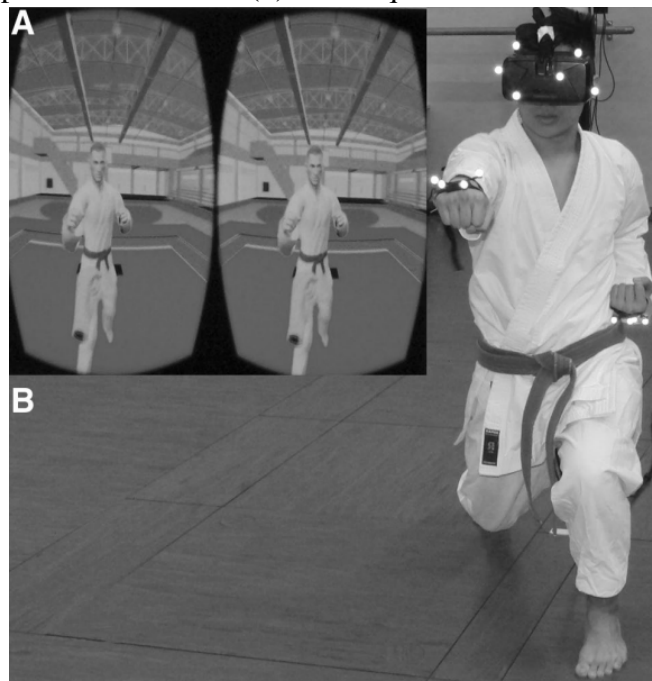
Figura 2 – Usuário interagindo com nuvens usando gesto de pinça simultânea de vários dedos. a) Posição inicial e final da mão no gesto; b) Posição intermediária da mão no gesto.



Fonte: (PEREIRA *et al.*, 2020)

Na área dos esportes, Petri *et al.* (2019) dirigiu um estudo para analisar se a realidade virtual poderia ajudar na melhoria do tempo de reação no treinamento de atletas de karate kumite (figura 3). O projeto consistiu em criar um ambiente virtual simulando um centro de treinamento, onde um avatar 3D executaria golpes contra os atletas e estes teriam que reagir prontamente aos ataques. Os ataques foram gravados por um sistema de captura de movimentos para gerar as animações utilizadas pelo avatar 3D, garantindo assim a precisão e realismo dos golpes.

Figura 3 – Resposta do atleta real (b) aos ataques do adversário virtual (a)



Fonte: (PETRI *et al.*, 2019)

Existem diversos outros exemplos de utilização da realidade virtual e *serious games* para diferentes fins. Alguns desses são:

- Serious Games Baseados em Realidade Virtual para Educação Médica (MACHADO *et al.*, 2011): que analisa o desenvolvimento e aplicação de *serious games* juntamente com realidade virtual para o ensino de conceitos específicos da área médica, bem como os desafios a serem superados para a expansão da sua utilização.
- Serious games como estratégia motivacional para adesão ao tratamento em Saúde Mental: Revisão Sistemática (CARDOSO, 2019): o autor objetiva analisar a aplicação a eficácia do uso de *serious games* para tratamento de pacientes da saúde mental, através da revisão de diversos ensaios clínicos realizados com *serious games*.
- Validação do jogo sério VirtuAlter para reabilitação do equilíbrio postural de idosos por meio da realidade virtual (MEDEIROS, 2018): através do uso de um *serious game* em realidade virtual, o autor valida seu uso na área da fisioterapia, mais especificamente no tratamento do equilíbrio postural de idosos.
- Desenvolvimento de um jogo educacional de Realidade Aumentada (LOPES, 2013): é desenvolvido um jogo em realidade aumentada com o objetivo de despertar maior interesse nos estudantes.

5 METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho será seguida a sequência de ações listada abaixo, podendo seguir diferentes consultas a assuntos similares, caso haja a necessidade.

5.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica com o intuito de observar aplicações similares ou possíveis de serem feitas com Realidade Virtual e *Serious Games*. Os resultados dessa pesquisa se condensam no capítulo 4 **trabalhos relacionados**.

5.2 ANÁLISE E LEVANTAMENTO DE REQUISITOS

Para realização do trabalho, inicialmente foi realizada a análise do escopo e viabilidade do projeto, quanto aos seus requisitos, tanto funcionais quanto não funcionais, através de consultas às questões do Exame Teórico de Graduação de Kendo, regulamentado pela Confederação Brasileira de Kendo (CBK). As questões incluem diversos conceitos indispensáveis na prática do kendo, tais como: como considerar um golpe válido, as posturas realizadas pelos praticantes, as ocasiões propícias para a execução de golpes, dentre outros. (KENDO, 2019).

Os requisitos funcionais referem-se às funcionalidades que um sistema deve possuir, enquanto os não funcionais tratam de recursos que não são funcionalidades, tais como características do sistema, segurança, velocidade, entre outras.

5.2.1 REQUISITOS FUNCIONAIS

A seguir, estão listados os requisitos funcionais levantados para o funcionamento do trabalho.

1. O jogador deve conseguir criar um novo usuário no sistema.
2. O jogador deve conseguir selecionar um usuário existente no sistema.
3. Cada dispositivo (HMD) deve ter uma lista única de usuários.
4. O jogador deve poder movimentar-se pelo mapa.
5. O jogador deve poder segurar a *shinai*.

6. Deve existir uma área onde o jogador possa posicionar-se para iniciar os movimentos.
7. Deve existir uma representação visual de onde o jogador deva acertar os golpes.
8. Deve existir uma área para detecção das mãos do usuário acima da cabeça, indicando o movimento de *jodan*.
9. Deve haver um temporizador para indicar ao usuário o tempo que ele leva para acertar o golpe.
10. As informações da sessão de treino do jogador, bem como seu usuário, devem ser registrados em um sistema de armazenamento de dados para poderem ser visualizados e analisados posteriormente por treinadores.

5.2.2 REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS

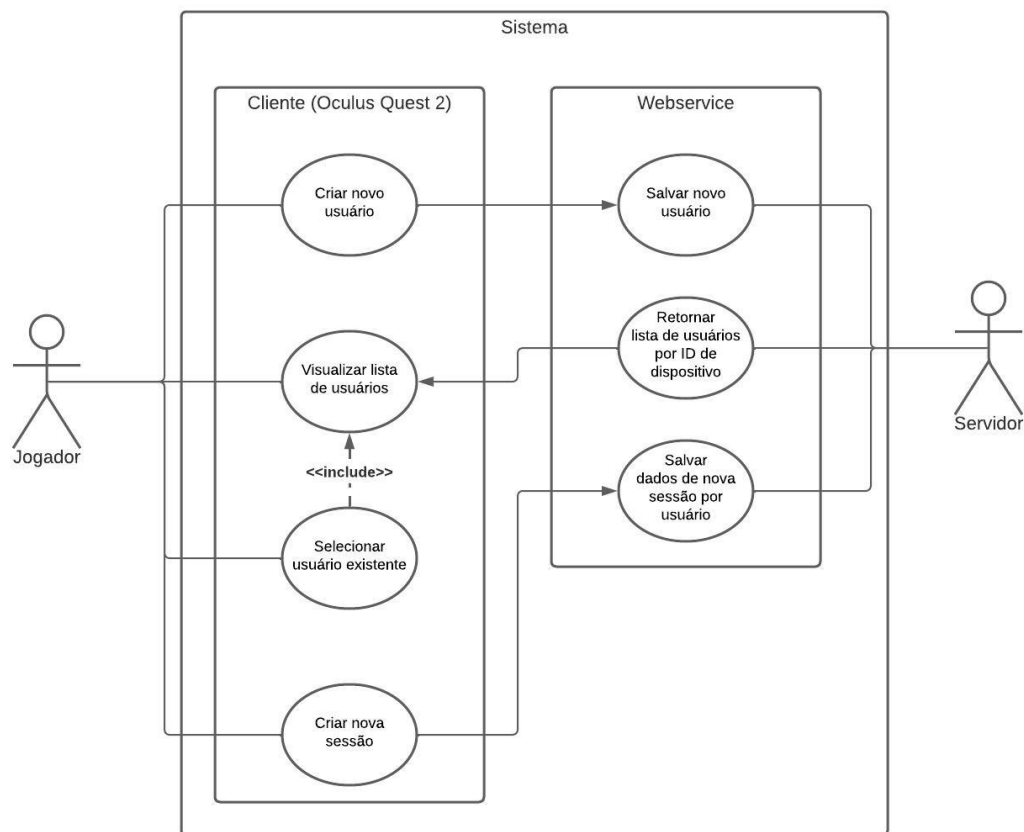
A seguir, estão listados os requisitos não funcionais levantados para o funcionamento do trabalho.

1. O modelo 3D da *shinai* deve ser modelado com base em uma representação real da mesma.
2. Os modelos 3D para a construção do cenário devem ser feitos utilizando estilo Low-Poly, isto é, malhas com poucas quantidades de polígonos, para uma melhor performance.
3. As cores dos textos devem estar em contraste com o ambiente para tornar possível sua leitura. O tamanho da fonte também deve ser levado em consideração.
4. A taxa de quadros para o jogo deve ser de no mínimo 60 para garantir um maior conforto e menos probabilidade de enjoo ou outras complicações durante o uso do óculos de realidade virtual.
5. As interações com o jogo, tanto com interfaces visuais quanto a ação de segurar a *shinai*, devem ser realizadas utilizando os controles.
6. O usuário devem poder movimentar-se pelo mapa através do movimento real dentro da área limite estabelecida ou utilizando teletransporte, através do controle.

5.2.3 DIAGRAMA DE CASOS DE USO

Os diagramas de casos de uso ilustram e definem o contexto e os requisitos de um sistema inteiro ou das partes importantes dele (IBM, 2021). No que se refere à comunicação entre o jogador, o jogo, o *webservice* e o servidor, temos o seguinte: o jogador se relaciona com os seguintes casos de uso: criar novo usuário, visualizar lista de usuários, selecionar usuário existente, criar nova sessão. Já o servidor, relaciona-se com três casos de uso, são eles: salvar novo usuário, retornar lista de usuários existentes, salvar dados da sessão do usuário. Tal relação pode ser visualizada na figura 4 e está diretamente ligada aos requisitos funcionais supramencionados.

Figura 4 – Diagrama de Casos de Uso



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3 GAME DESIGN DOCUMENT

Tratando-se do desenvolvimento de um jogo, mesmo que pertencente à categoria de *serious games*, é primordial a criação de um GDD (*Game Design Document*). A seguir estão

descritas as seções que compõem o GDD do presente projeto.

5.3.1 NOME DO JOGO

Kendo VR Simulator.

5.3.2 VISÃO GERAL

5.3.2.1 CONCEITO

Kendo VR Simulator é um jogo sério pensado para atletas da arte marcial japonesa Kendo. Os atletas irão adentrar em um mundo virtual, através do uso de um HMD, onde poderão treinar sua técnica, seu tempo de reação e sua proficiência em Kendo, tendo como ajudante de treino um samurai 3D animado.

5.3.2.2 GÊNERO

Simulação, Jogo Sério.

5.3.2.3 PLATAFORMA-ALVO

Meta Quest 2.

5.3.2.4 *GAME ENGINE*

Unreal Engine 5.

5.3.2.5 PÚBLICO-ALVO

Atletas e alunos de Kendo.

5.3.2.6 OBJETIVO PEDAGÓGICO

Servir como ferramenta adicional para treinamento de proficiência de golpes e tempo de reação em Kendo.

5.3.2.7 LOOK AND FEEL

O jogador é um aluno/atleta de Kendo, em uma pequena vila de visual oriental. O jogador irá sentir-se um estudante/praticante da arte marcial Kendo, onde poderá, com a ajuda de um samurai, melhorar suas habilidades.

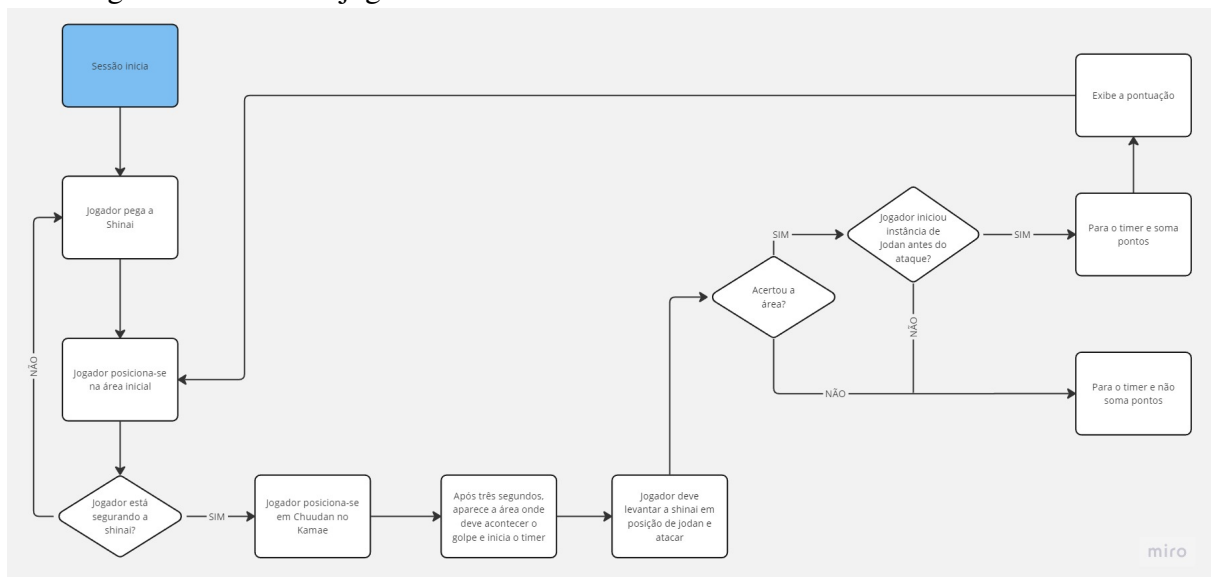
5.3.3 JOGABILIDADE E FLUXO DO JOGO

Ao iniciar o jogo, o jogador iniciará em um cenário com um menu flutuante, onde serão apresentadas inicialmente duas opções, uma para iniciar o jogo e outra para sair do jogo. Ao clicar em iniciar, três novas opções são exibidas: uma para criar um novo usuário, uma para selecionar um usuário existente e uma para retornar ao primeiro menu.

Após criar ou escolher um usuário, o jogador é redirecionado para a área da *gameplay* principal. Próximo à ele, uma mesa estará posicionada com algumas armas tradicionais japonesas, e entre elas, a *shinai*, da qual será utilizada para executar o treinamento. Próximo da mesa, o jogador também poderá visualizar um samurai, que servirá como boneco de treino e uma área destacada na frente do samurai, que irá servir de referência como a área inicial onde o jogador deve se posicionar para realizar os movimentos.

No diagrama abaixo está descrito o fluxo principal do jogo:

Figura 5 – Fluxo de jogabilidade

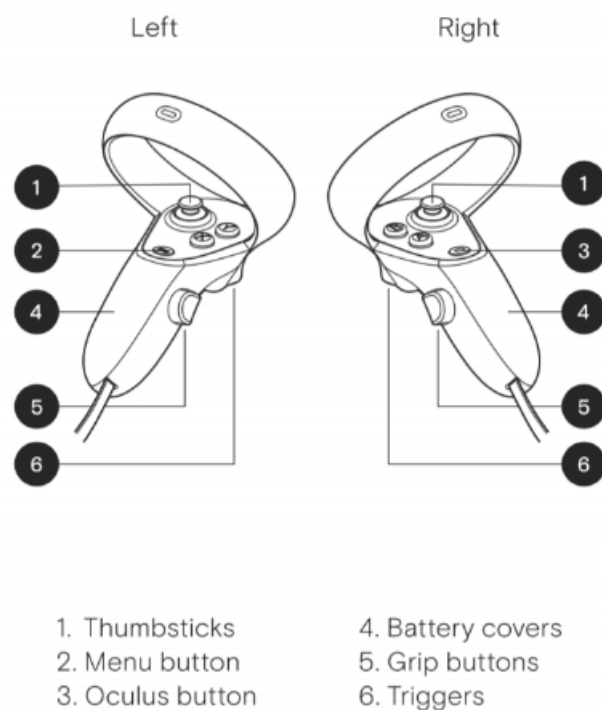


Fonte: Elaborado pelo autor.

5.3.4 CONTROLES

A descrição dos controles a seguir será baseada na figura 6, o controle da esquerda será retratado pela letra "L" e o da direita pela letra "R". Em frente à letra, terá um número, referente ao apresentado na imagem (exemplo: L1 - Controle esquerdo e item 1 da imagem). Para o presente trabalho não foram necessários todos os controles para a jogabilidade, logo, apenas aqueles que são utilizados para as interações no jogo serão descritos a seguir.

Figura 6 – Mapa dos controles do Quest 2



Fonte: (SPACE, 2020)

1. L1: Analógico referente ao controle da movimentação da câmera do personagem principal da cena.
2. L2: Botão referente ao menu de opções dentro do jogo.
3. L5: Gatilho inferior, responsável por parte da ação de segurar objetos da cena com a mão esquerda.
4. L6: Gatilho superior, responsável por parte da ação de pressionar botões nos menus interativos.

5. R3: Responsável por abrir o menu padrão do equipamento Meta Quest 2, mostrando opções do sistema.
6. R5: Gatilho inferior, responsável por parte da ação de segurar objetos da cena com a mão direita.
7. R6: Gatilho superior, responsável por parte da ação de pressionar botões nos menus interativos e por teleportar o jogador.

5.3.5 MAPAS

O jogo contará com dois mapas, de igual cenário. No primeiro mapa o jogador somente interagirá com o menu flutuante para dar início ao jogo. Já no segundo mapa, é onde ocorrerá o fluxo principal de jogabilidade.

5.3.6 ARTE E MODELOS

Para criação do cenário do jogo, foram utilizados *assets* de um pacote chamado Polygon - Samurai Pack (figura 7 "a")), um conjunto de recursos para jogos 3D inspirados na cultura oriental, desenvolvido pela Synty Studios. O pacote é pago e pode ser adquirido para uso pessoal e/ou comercial através do site da empresa. A aquisição deste produto para o desenvolvimento do corrente projeto foi realizado em parceria com o Laboratório de Inovação e Pesquisa Aplicada (LABIRAS). Já o modelo da *shinai* (figura 7 "b")) foi adquirido de forma gratuita através da plataforma de visualização e compartilhamento de modelos 3D, Open3DModel.

Figura 7 – Polygon - Samurai Pack



Fonte: (STUDIOS, 2017)(MODEL, 2014)

5.4 HARDWARE

Para o desenvolvimento, testes e validação deste projeto, foi utilizado o HMD modelo Meta® Quest 2 (figura 8), disponibilizado pelo LABIRAS, adquiridos para a execução do projeto Robótica Aplicada para Engenharias, aprovado por meio do EDITAL 3/2021 - PROEX/REI/IFPI, de 29 de abril de 2021.

A escolha do modelo Meta® Quest 2 como plataforma-alvo para o desenvolvimento desse projeto em relação a outros HMD's deve-se ao fato de ser um dispositivo com custo acessível para consumidor final, além de ser *stand-alone*, ou seja, não depende de conexão cabeada com um computador, uma vez que o mesmo tem seu próprio sistema operacional, sensores e bateria, permitindo uma maior liberdade de movimentação para o jogador, impactando diretamente na sua liberdade para execução dos movimentos durante o treinamento.

Figura 8 – Dispositivo Meta Quest 2 disponibilizado pelo LABIRAS



Fonte: Elaborado pelo autor.

As medidas do dispositivo mencionado acima podem ser visualizadas na figura 9, enquanto suas especificações estão descritas a seguir:

1. Processador: Qualcomm Snapdragon XR2
2. Memória: 6GB RAM
3. Óptica:
 - Visor LCD de troca rápida;
 - Resolução de 1832 x 1920 por olho;
 - Taxa de atualização de 60, 72, 90 Hz suportada;

- Compatível com Óculos.
4. Som: O áudio posicional 3D é integrado diretamente no dispositivo, permitindo que você ouça o que está ao seu redor. A porta de áudio de 3,5 mm permite tocar com ou sem fones de ouvido.
 5. Rastreamento: com 6 DOF (Graus de Liberdade) , o dispositivo rastreia o movimento da cabeça e do corpo e os traduz em RV com precisão realista. Não são necessários sensores externos.
 6. Armazenamento: o dispositivo pode ser adquirido no modelo com 128GB ou 256 GB.

Figura 9 – Medidas do Meta Quest 2



Fonte: (META, 2020)

5.5 SOFTWARE

Para o desenvolvimento deste projeto, três artefatos de software foram desenvolvidos: o jogo, o *webservice* e o banco de dados. Os requisitos para o desenvolvimento dos artefatos gerados estão descritos na seção 5.2 **Análise e Levantamento de Requisitos**.

Para o desenvolvimento do jogo, foi utilizado como base de referência o GDD descrito na seção 5.3 *Game Design Document*. Como descrito no GDD, a *game engine* escolhida para o desenvolvimento do jogo foi a Unreal Engine 5, que foi desenvolvida pela empresa Epic Games e se define como uma ferramenta de criação 3D em tempo real (ENGINE, 2022). Dentre as diversas vantagens da Unreal Engine, podemos destacar:

1. Sua fidelidade e imersividade realista em relação aos gráficos gerados através das tecnologias usadas, como Nanite e Lumen;
2. Sua capacidade de poder trabalhar com diversos tipos de projetos, não somente jogos, mas também na indústria áudio-visual, criação de simulações e projetos de arquitetura;
3. Seu sistema de linguagem de programação visual, chamado de *Blueprint Visual Scripting*, um sistema de *script* baseado em nós, que não requer um extenso conhecimento de programação, o que o torna acessível para roteiristas e artistas, por exemplo, que querem desenvolver jogos, mas não sabem programar;
4. Suporte a distribuição de jogos em diversas plataformas, como Windows, Linux, Android, Playstation 4, Xbox Series, entre outras.

Por padrão, a Unreal Engine também conta com um *template* pré-configurado para projetos em Realidade Virtual, utilizando o *plug-in* OpenXR, que adiciona funcionalidades como configurações de controle, câmera e interação prontos para serem utilizados por dispositivos que tenham suporte à sua API (Interface de Programação de Aplicação) (KHRONOS, 2019). Foi utilizado o HTTP Request For Blueprints, um *plug-in* desenvolvido por King Wai Mark e disponível na loja virtual da Epic, que possibilita realizar requisições REST para um servidor de forma eficiente, para comunicar o ambiente virtual ambiente e o *webservice* desenvolvido (ENGINE, 2023).

O *webservice*, por sua vez, foi desenvolvido utilizando a linguagem de programação Javascript, juntamente com o Typescript, um conjunto de ferramentas que adicionam recursos à linguagem que não estão disponíveis de forma nativa, como tipagem estática. Além disso, também foi utilizado o Node.js, um ambiente de execução baseado no interpretador v8, que permite executar códigos javascript fora do navegador.

Para uma maior facilidade e produtividade na construção do *webservice*, foi usado o framework Express.js, que dispõe de um conjunto robusto de recursos para o desenvolvimento de aplicações baseadas em *web* (EXPRESS, 2010). Já a comunicação do *webservice* com o

banco de dados, bem como sua geração e mapeamento de entidades, foi realizada através do uso do ORM (*Object Relational Mapper*) Prisma, que conta com um kit de ferramentas de banco de dados, além de ser agnóstico, isto é, ter suporte a diversos bancos de dados, como PostgreSQL, MySQL, MariaDB, SQLite, entre vários outros.

Por fim, o banco de dados escolhido para realização do trabalho foi o PostgreSQL, um banco de dados relacional, gratuito e *open-source*. O PostgreSQL foi escolhido para o presente trabalho por sua facilidade em oferecer escalabilidade, alto desempenho e segurança, o que o permite trabalhar com um grande fluxo de dados, o que irá garantir o bom funcionamento da aplicação conforme o número de usuários cresça e outras implementações sejam adicionadas ao projeto, aumentando a quantidade de dados armazenados (SAPHIR, 2022). O PostgreSQL destaca-se por ser um banco de dados que segue em conformidade com os padrões SQL, suportar diversos tipos de dados, contar com um robusto sistema de controle de acesso e ser extensível a outras linguagens de programação (POSTGRESQL, 1996). Para criação do banco de dados é necessário primeiramente identificar os dados que necessitam ser salvos. Para isso, foram identificadas as entidades presentes no sistema, bem como suas relações e obteve-se o seguinte:

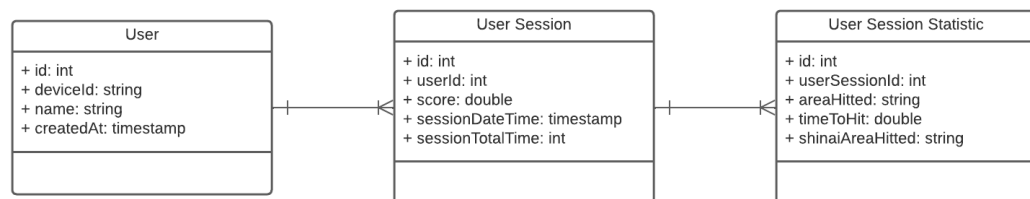
- Na aplicação, existirão diversos usuários, onde cada usuário terá vínculo com um e somente dispositivo HMD;
- Cada usuário poderá realizar uma ou mais sessões de treinamento;
- Em cada sessão de treinamento o usuário poderá executar um ou mais golpes.

Cada usuário deve ter um identificador único no banco de dados. Apesar de que terão seus nomes salvos, dois usuários podem ter nomes iguais, o que não possibilita usar o nome como identificador único. Assim, podemos utilizar um campo especial, com valores autogerados pelo computador, para este propósito, o qual pode ser chamado de ID.

Tal campo pode ser utilizado não somente para identificação do usuário, mas pelas sessões e os movimentos executados pelo jogador, os quais também serão salvos no banco de dados. Outros atributos também tem relevância para serem armazenados no banco de dados, como o tempo total da sessão, a pontuação do jogador, os movimentos executados e assim por diante.

Desta forma, podemos representar visualmente o esquema definido acima na figura 10, que representa o diagrama de classes da aplicação.

Figura 10 – Diagrama de Classes



Fonte: Elaborado pelo autor.

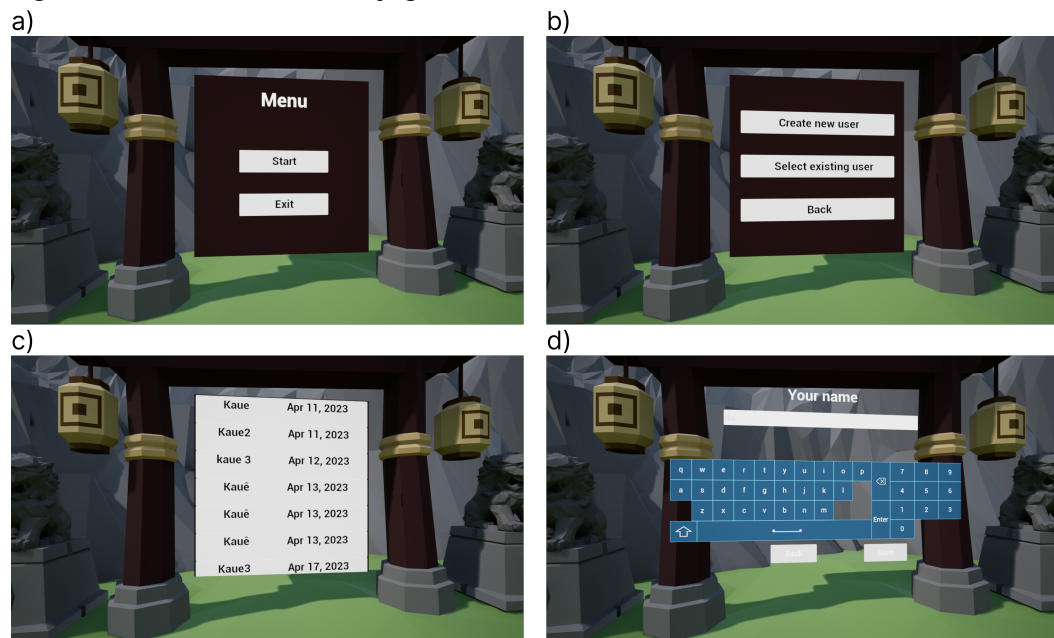
6 RESULTADOS

Neste capítulo será descrito como está o jogo funcionando atualmente, sua comunicação com o *webservice* e o armazenamento dos dados no banco. Também será apresentado a parte de *deployment* dos serviços em nuvem.

6.1 O JOGO

Começando pelo jogo, assim como foi descrito no capítulo 5 **Metodologia**, ao iniciá-lo o jogador é introduzido no primeiro mapa, onde será exibido um menu interativo, onde inicialmente ele poderá optar por iniciar ou sair do jogo, como mostrado na figura 11 "a)". Caso ele opte por iniciar o jogo, o menu exibirá três novas opções: criar um novo usuário, selecionar um usuário existente ou voltar ao primeiro menu (figura 11 "b)"). Caso queira criar um novo usuário, o menu some e dá lugar a um teclado flutuante, onde o jogador poderá usar o botão de gatilho superior dos controles para digitar um nome e salvá-lo (figura 11 "d)"). Por fim, caso opte por selecionar um usuário existente, uma lista exibindo os usuários disponíveis é exibida, onde o jogador pode utilizar o gatilho superior do controle para selecioná-los (figura 11 "c)").

Figura 11 – Menu inicial do jogo



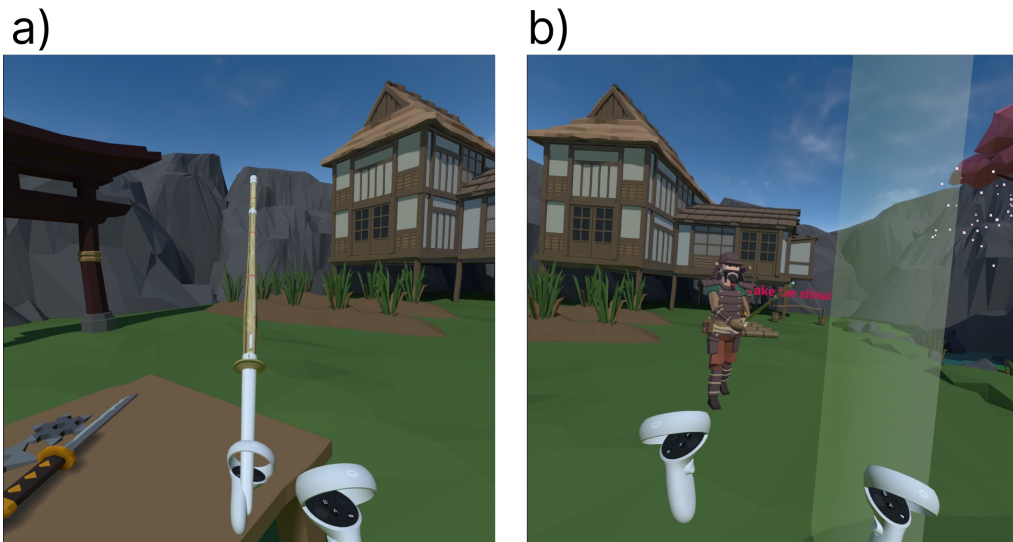
Fonte: Elaborado pelo autor.

Após criar um novo usuário ou selecionar um usuário existente, o jogador é redirecionado ao segundo mapa, onde de fato acontecerá o fluxo principal do jogo. Próximo ao local onde

o jogador é inserido inicialmente há uma mesa, onde a *shinai* está posicionada, aguardando pelo jogador. Para segurá-la, o jogador deve aproximar o controle esquerdo próximo à *shinai* e pressionar e segurar o botão de gatilho inferior. Para garantir uma empunhadura correta, foi adicionado um *socket* na base do esqueleto da malha 3D da *shinai*, fazendo com que independente da área em que o usuário tente segurá-la, automaticamente sua base é reposicionada na mão do jogador. O resultado desta ação pode ser visto na figura 12 "a)".

Após isso, para iniciar o treino, o jogador deve caminhar até a área inicial, que pode ser vista como um destaque transparente cilíndrico, de frente para o personagem samurai, como exibido na figura 12 "b)". A área está posicionada numa distancia média utilizada para início de combate entre atletas de kendo.

Figura 12 – a) Jogador segurando a *shinai*; b) Área inicial



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao posicionar-se na área inicial, um temporizador é iniciado e após três segundos, uma sequência de ações é executada:

1. O samurai irá mudar sua posição, simulando uma abertura para o jogador executar o golpe;
2. Uma área vermelha é exibida no corpo do samurai, mostrando para o jogador onde ele deve acertar o golpe;
3. Um temporizador é iniciado e exibido logo acima do samurai, para que ele possa visualizar quanto tempo se passou do início da abertura do samurai até o momento do seu ataque;

4. Uma área de colisão é ativada logo acima da cabeça do jogador, esperando pela aproximação das mãos do jogador para verificar se o mesmo realizou a instância de *jodan* antes de realizar o ataque.

O resultado dessa sequência pode ser visualizado na figura 13. Após executar o golpe, é exibido acima do samurai um valor de pontuação, do qual é baseada em três fatores: a parte da *shinai* usada no ataque, o tempo que o jogador levou para atacar e se a instância de *jodan* foi feita antes do ataque ser realizado.

Figura 13 – Fluxo após jogador adentrar a área inicial

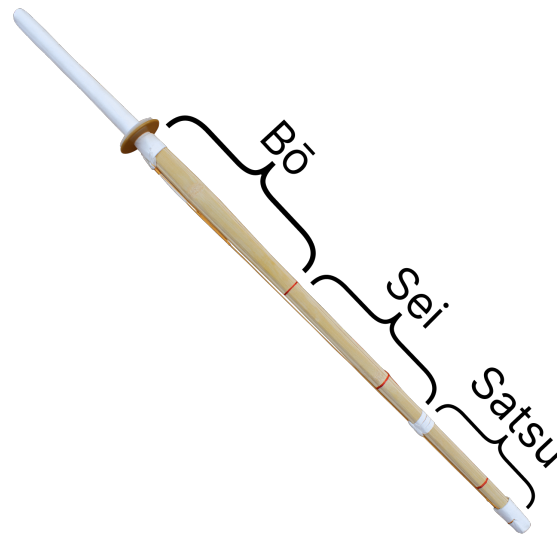


Fonte: Elaborado pelo autor.

O primeiro fator leva em consideração as três partes existentes na *shinai*, das quais relacionam-se com a qualidade do golpe executado, uma vez que, quanto mais próximo da ponta é a área usada no ataque, melhor a qualidade do golpe. Na figura 14 é possível visualizar as três diferentes partes que compõem a *shinai*. O cálculo pode ser realizado da seguinte forma:

- A parte *bō*, por ser a mais próxima do cabo, tem o menor fator de pontuação que é 0.2,
- *Sei* tem fator 1, pois apesar de não ser a parte ideal, não é considerada errônea.
- Por fim, *satsu* tem fator 2, sendo a parte ideal para a realização dos ataques, gerando maiores pontuações.

Figura 14 – Partes da *shinai*



Fonte: Elaborado pelo autor.

A equação que define a pontuação do jogador é dada por: $P = 10 \cdot (t_M - t_A) \cdot A$, onde P é a pontuação, t_M é o tempo máximo que o jogador pode levar para concluir o ataque, t_A é o tempo que o jogador levou para concluir o ataque e A é o fator dado pela parte acertada da *shinai*.

Já o tempo de reação é crucial para os atletas de kendo desferirem os golpes ou desvencilharem-se de golpes inimigos. Por fim, a instância de *jodan* é o que irá validar ou não o golpe, já que, no kendo, seu uso precedendo uma investida é o que configura um ataque bem realizado.

Tratando-se das partes que podem ser acertadas no samurai, temos três regiões que simulam os golpes ensinados em treinamentos de kendo, que são: *men*, *kote* and *do*, que correspondem respectivamente à cabeça, antebraço e dorso. Como supramencionado, cada região exibe uma área vermelha dependendo da abertura que o samurai executar. As três áreas vermelhas em destaque podem ser visualizadas na figura 15.

Ao decidir encerrar a sessão, o jogador pode utilizar o menu flutuante (figura 16), que é exibido ao pressionar o botão de menu dentro do jogo, mencionado no capítulo 5 **Metodologia**, na seção 5.3.4 **Controles**. Nesse menu, duas opções são disponibilizadas, sendo elas:

- Salvar os dados da sessão e retornar ao menu do jogo;
- Voltar ao menu do jogo (sem salvar os dados).

Caso o jogador opte por salvar os dados da sessão, uma requisição com os dados referentes à sessão é enviado ao *webservice*, que os processará e os armazenará no banco de dados, finalizando assim o fluxo do jogo.

Figura 15 – Áreas vermelhas em destaque para acerto de golpes



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 16 – Menu flutuante



Fonte: Elaborado pelo autor.

6.2 WEBSERVICE E BANCO DE DADOS

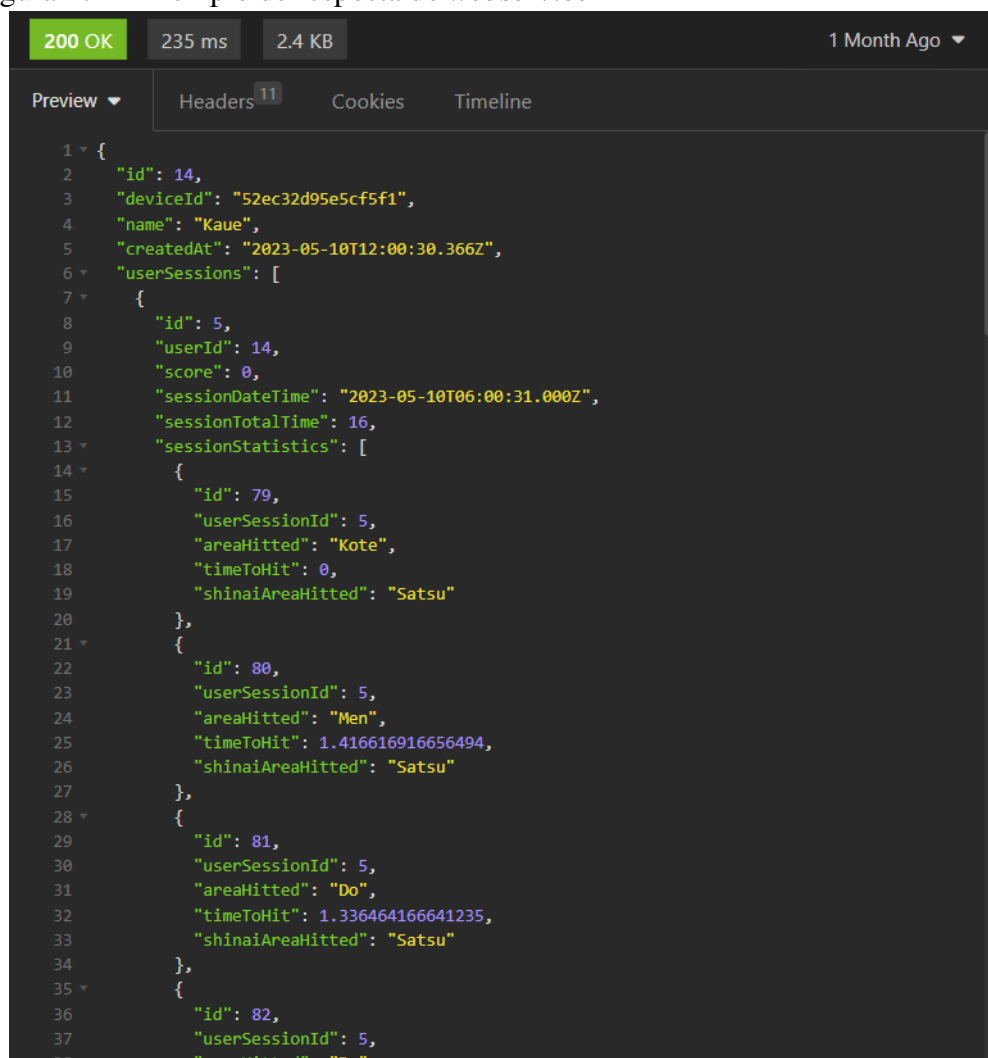
O *webservice*, bem como o banco de dados, foram desenvolvidos com êxito, conseguindo receber as requisições do jogo desenvolvido e retornar os dados solicitados através de protocolo

HTTP, seguindo a arquitetura REST e comunicando via JSON, um formato compacto para troca de dados simples e rápido.

O código-fonte encontra-se disponível na plataforma Github, uma plataforma de hospedagem de código com controle de versão Git (GITHUB, 2008).

Em prol de disponibilizar os serviços criados de forma que possam ser testados de qualquer lugar, foi realizado o processo de *deployment*, tanto do *webservice* quanto do banco de dados em uma plataforma de *cloud* para aplicações chamada Render, que disponibiliza planos gratuitos para propósitos de teste, o que se encaixa com o escopo do presente trabalho (RENDER, 2019). Um exemplo de resposta retornado pelo *webservice* pode ser visto na figura 17.

Figura 17 – Exemplo de resposta do *webservice*



```

1 {
2   "id": 14,
3   "deviceId": "52ec32d95e5cf5f1",
4   "name": "Kaue",
5   "createdAt": "2023-05-10T12:00:30.366Z",
6   "userSessions": [
7     {
8       "id": 5,
9       "userId": 14,
10      "score": 0,
11      "sessionDateTime": "2023-05-10T06:00:31.000Z",
12      "sessionTotalTime": 16,
13      "sessionStatistics": [
14        {
15          "id": 79,
16          "userSessionId": 5,
17          "areaHitted": "Kote",
18          "timeToHit": 0,
19          "shinaiAreaHitted": "Satsu"
20        },
21        {
22          "id": 80,
23          "userSessionId": 5,
24          "areaHitted": "Men",
25          "timeToHit": 1.416616916656494,
26          "shinaiAreaHitted": "Satsu"
27        },
28        {
29          "id": 81,
30          "userSessionId": 5,
31          "areaHitted": "Do",
32          "timeToHit": 1.336464166641235,
33          "shinaiAreaHitted": "Satsu"
34        },
35        {
36          "id": 82,
37          "userSessionId": 5,
38          "areaHitted": "Do"

```

Fonte: Elaborado pelo autor.

7 CONCLUSÃO

Utilizando a Unreal Engine foi possível desenvolver uma aplicação em realidade virtual que simula um ambiente de treinamento para praticantes de kendo, utilizando-a através de um dispositivo HMD. Também foi possível a construção de um *web service* e um banco de dados para o processamento e armazenamento dos dados gerados durante as sessões de treinamento.

A construção do jogo de forma modularizada permite também uma expansão, assim podendo ser desenvolvidos diferentes tipos de treinos, com diferentes propósitos. E todas as informações do projeto estão documentadas e disponíveis para os alunos que utilizarão o laboratório LABIRAS.

Uma vez que o *webservice* desenvolvido pode ser executado em nuvem, é possível realizar de forma prática e à distância aulas virtualizadas para alunos de kendo, permitindo ainda uma avaliação da curva de melhoria do aluno através do sistema de pontuações implementado. Com sua conclusão, é possível disponibilizar esta ferramenta para alunos e centros de treinamento para que assim, possam ampliar o alcance de abordagem e acompanhamento das práticas de kendo.

8 TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho é apenas o começo da exploração de treinamentos de kendo em mundos virtuais. Ainda é possível adicionar muito mais funcionalidades, novos tipos de treinos e outros tipos de interação, inclusive multijogador e acompanhamento de resultados em tempo real. A seguir está uma lista com algumas das possibilidades que podem ser desenvolvidas utilizando este projeto como base:

1. *Dashboard*: com os dados gerados pelas sessões de treinamento, é possível realizar a construção de uma aplicação para visualização desses dados de forma precisa, através da análise de informações que podem ajudar a compreender melhor o desenvolvimento dos praticantes.
2. Modalidades de treino: o presente projeto apresenta somente uma modalidade de treino, sem meta de finalização, deixando o usuário escolher quantos movimentos ele desejar executar, sendo estes aleatoriamente selecionados através da geração pseudo-aleatória da *game engine*. Novas modalidades de treino podem ser implementadas, com quantidades de movimentos especificadas pelos treinadores, bem como quais tipos de movimento executar durante a sessão.
3. Multijogador: um outro tipo de interação possível seria dar suporte à mais de um jogador estar presente na mesma sessão, permitindo assim que um treinador pudesse acompanhar de perto, no mundo virtual, o desenvolvimento dos alunos, ou até mesmo, dois ou mais alunos treinarem juntos.

REFERÊNCIAS

- ALONSO, G.; CASATI, F.; KUNO, H.; MACHIRAJU, V.; ALONSO, G.; CASATI, F.; KUNO, H.; MACHIRAJU, V. **Web services**. [S.l.]: Springer, 2004.
- ANDERSON, F.; ANNETT, M.; BISCHOF, W. F. Lean on wii: physical rehabilitation with virtual reality wii peripherals. **Stud Health Technol Inform**, v. 154, n. 154, p. 229–34, 2010.
- ANDRADE, A. Game engines: a survey. **EAI Endorsed Transactions on Game-Based Learning**, v. 2, p. 150615, 11 2015.
- BACA, A.; DABNICHKI, P.; HELLER, M.; KORNFEIND, P. Ubiquitous computing in sports: A review and analysis. **Journal of Sports Sciences**, Routledge, v. 27, n. 12, p. 1335–1346, 2009.
- BIDEAU, B.; KULPA, R.; VIGNAIS, N.; BRAULT, S.; MULTON, F.; CRAIG, C. Using virtual reality to analyze sports performance. **IEEE Computer Graphics and Applications**, IEEE, v. 30, n. 2, p. 14–21, 2009.
- CARDOSO, C. Z. Serious games como estratégia motivacional para adesão ao tratamento em saúde mental: revisão sistemática. 2019.
- CORTI, K. Games-based learning; a serious business application. **Informe de PixelLearning**, v. 34, n. 6, p. 1–20, 2006.
- COSTA, R. C. D. da; FLÔRES, F. S.; MEZZOMO, S. P.; PIOVESAN, A. C.; CARDOZO, P. L.; CORAZZA, S. T. Efeitos da prática de esportes com raquete, no tempo de reação simples e de escolha de crianças. **Revista Perspectiva: Ciência e Saúde**, v. 2, n. 2, 2017.
- DEUTSCH, J. E.; BORBELY, M.; FILLER, J.; HUHN, K.; GUARRERA-BOWLBY, P. Use of a low-cost, commercially available gaming console (wii) for rehabilitation of an adolescent with cerebral palsy. **Physical therapy**, Oxford University Press, v. 88, n. 10, p. 1196–1207, 2008.
- ENGINE, U. **Unreal Engine 5**. Unreal Engine, 2022. Disponível em: <<https://www.unrealengine.com/pt-BR/unreal-engine-5>>.
- ENGINE, U. **HTTP Requests for Blueprints**. Unreal Engine, 2023. Disponível em: <<https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/product/http-requests-for-blueprints>>.
- EXPRESS. **Express**. Express, 2010. Disponível em: <<https://expressjs.com/pt-br/>>.
- FIELDING, R. T. **Architectural styles and the design of network-based software architectures**. [S.l.]: University of California, Irvine, 2000.
- FINCO, M. D.; MAASS, R. W. The history of exergames: promotion of exercise and active living through body interaction. In: IEEE. **2014 IEEE 3rd International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)**. [S.l.], 2014. p. 1–6.
- FLEURY, A.; NAKANO, D.; CORDEIRO, J. Mapeamento da indústria brasileira e global de jogos digitais. **São Paulo: GEDIGames/USP**, p. 32–33, 2014.
- FUCHS, P.; MOREAU, G.; GUITTON, P. **Virtual reality: concepts and technologies**. [S.l.]: CRC Press, 2011.
- GITHUB. **Github**. Github, 2008. Disponível em: <<https://github.com/>>.

GUDMUNDSEN, J. Movement aims to get serious about games. **USA Today**, v. 5, n. 19, p. 2006, 2006.

JANSIEWICZ, D. **The New Alexandria Simulation: A Serious Game of State and Local Politics**. Canfield Press, 1973. ISBN 9780063842557. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=subKAAAACAAJ>>.

JAVOID, M.; HALEEM, A. Virtual reality applications toward medical field. **Clinical Epidemiology and Global Health**, Elsevier, v. 8, n. 2, p. 600–605, 2020.

JENSEN, L.; KONRADSEN, F. A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. **Education and Information Technologies**, Springer, v. 23, n. 4, p. 1515–1529, 2018.

JEONG, K.; TAN, A. M.; FUSS, F. K. Smart kote glove for assessment of scoring parameters of dan and kyu grade kendokas. In: **Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings**. [S.l.: s.n.], 2018. v. 2, n. 6, p. 225.

KAVANAGH, S.; LUXTON-REILLY, A.; WUENSCH, B.; PLIMMER, B. A systematic review of virtual reality in education. **Themes in Science and Technology Education**, Themes in Science and Technology Education, v. 10, n. 2, p. 85–119, 2017.

KENDO, C. B. de. **Questões para o Exame Teórico de Graduação de Kendo e Iaido**. Redação: Élia Y. Matsumoto. Supervisão: Hiroyoshi Ishihashi; Tadao Ebihara. Confederação Brasileira de Kendo, 2019. Disponível em: <<http://cbkendo.com.br/questoes-para-o-exame-teorico-de-graduacao-de-kendo-e-iaido/>>.

KHRONOS. **OpenXR**. Khronos, 2019. Disponível em: <<https://www.khronos.org/openxr/>>.

KONYUKHOV, A.; YENIAVCI, H. Modeling strategy for the sword mechanics: Kinematic and dynamic simulation of the control motion for japanese swords in kendo kata.

KORTH, H.; SILBERSCHATZ, A. **Sistemas de Bancos de Dados. 3a. Edição**. [S.l.]: Makron Books, 1998.

LIEBERMANN, D. G.; KATZ, L.; HUGHES, M. D.; BARTLETT, R. M.; MCCLEMENTS, J.; FRANKS, I. M. Advances in the application of information technology to sport performance. **Journal of sports sciences**, Taylor & Francis, v. 20, n. 10, p. 755–769, 2002.

LOPES, J. P. Desenvolvimento de um jogo educacional de realidade aumentada. 2013.

MACHADO, L. d. S.; MORAES, R. M. d.; NUNES, F. d. L. d. S.; COSTA, R. M. E. M. d. Serious games baseados em realidade virtual para educação médica. **Revista brasileira de educação médica**, SciELO Brasil, v. 35, p. 254–262, 2011.

MATRAKAS, M. **RESTful web services: Uma Introdução Completa**. DevMedia, 2016. Disponível em: <<https://www.devmedia.com.br/introducao-a-web-services-restful/37387>>.

MEDEIROS, C. S. P. d. **Validação do jogo sério VirtuAlter para reabilitação do equilíbrio postural de idosos por meio da realidade virtual**. Dissertação (Mestrado) — Brasil, 2018.

MELO, R. **Realidade virtual: Tecnologia “Das Antigas” e Ainda à frente do tempo**. TI INSIDE Online, 2023. Disponível em: <<https://tiinside.com.br/10/02/2023/realidade-virtual-tecnologia-das-antigas-e-ainda-a-frente-do-tempo/>>.

META. **Quest 2 - Tech Specs**. Meta, 2020. Disponível em: <<https://www.meta.com/quest/products/quest-2/tech-specs/>>.

MICHAEL, D. R.; CHEN, S. L. **Serious games: Games that educate, train, and inform**. [S.l.]: Muska & Lipman/Premier-Trade, 2005.

MODEL, O. D. **Kendo Sword 3D Model**. Open 3D Model, 2014. Disponível em: <https://open3dmodel.com/3d-models/kendo-sword_479063.html>.

MURASE, N.; HORIUCHI, G.; SUMI, K.; HORIYAMA, K.; SAKURAI, S. Biomechanical factors to shorten the movement time of men striking motion in kendo. **International Journal of Sport and Health Science**, Japan Society of Physical Education, Health and Sport Sciences, p. 201611, 2017.

NARANJO, J. E.; SANCHEZ, D. G.; ROBALINO-LOPEZ, A.; ROBALINO-LOPEZ, P.; ALARCON-ORTIZ, A.; GARCIA, M. V. A scoping review on virtual reality-based industrial training. **Applied Sciences**, v. 10, n. 22, 2020. ISSN 2076-3417. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2076-3417/10/22/8224>>.

NEUMANN, D. L.; MOFFITT, R. L.; THOMAS, P. R.; LOVEDAY, K.; WATLING, D. P.; LOMBARD, C. L.; ANTONOVA, S.; TREMEER, M. A. A systematic review of the application of interactive virtual reality to sport. **Virtual Reality**, Springer, v. 22, n. 3, p. 183–198, 2018.

NITZ, J.; KUYS, S.; ISLES, R.; FU, S. Is the wii fit™ a new-generation tool for improving balance, health and well-being? a pilot study. **Climacteric**, Taylor & Francis, v. 13, n. 5, p. 487–491, 2010.

NUNES, A. J. d. A. Jogos sérios em realidade virtual para ensino: um caso de estudo com aulas laboratoriais em ciências biológicas. 2022.

PEREIRA, M. F.; PRAHM, C.; KOLBENSCHLAG, J.; OLIVEIRA, E.; RODRIGUES, N. F. A virtual reality serious game for hand rehabilitation therapy. In: IEEE. **2020 IEEE 8th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)**. [S.l.], 2020. p. 1–7.

PETRI, K.; BANDOW, N.; WITTE, K. Using several types of virtual characters in sports-a literature survey. **International Journal of Computer Science in Sport**, Sciendo, v. 17, n. 1, p. 1–48, 2018.

PETRI, K.; EMMERMACHER, P.; DANNEBERG, M.; MASI, S.; ECKARDT, F.; WEICHEL, S.; BANDOW, N.; WITTE, K. Training using virtual reality improves response behavior in karate kumite. **Sports Engineering**, Springer, v. 22, p. 1–12, 2019.

POSTGRESQL. **About PostgreSQL**. PostgreSQL, 1996. Disponível em: <<https://www.postgresql.org/about/>>.

POWELL, W.; GARNER, T.; SHAPIRO, S.; PAUL, B. **Virtual Reality In Entertainment: The State Of The Industry**. [S.l.]: British Academy of Film and Television Arts, 2017.

RENDER. **Render**. Render, 2019. Disponível em: <<https://render.com/>>.

SALMON, G. **Kendo: A comprehensive guide to Japanese swordsmanship**. [S.l.]: Tuttle Publishing, 2013.

SAPHIR. **Por que você deve considerar o uso do PostgreSQL**. Saphir, 2022. Disponível em: <<https://blog.saphir.com.br/por-que-voce-deve-considerar-o-uso-do-postgresql/>>.

SPACE, V. T. **VR Team Space - Setup**. VR Team Space, 2020. Disponível em: <<https://www.vrteamspace.co.uk/setup/>>.

STINSON, C.; BOWMAN, D. A. Feasibility of training athletes for high-pressure situations using virtual reality. **IEEE transactions on visualization and computer graphics**, IEEE, v. 20, n. 4, p. 606–615, 2014.

STUDIOS, S. **Polygon - Samurai Pack**. Synty Studios, 2017. Disponível em: <https://syntystore.com/products/polygon-samurai-pack?_pos=1&_sid=af386fc1f&_ss=r>.

TAKATA, M.; NAKAMURA, Y.; TORIGOE, Y.; FUJIMOTO, M.; ARAKAWA, Y.; YASUMOTO, K. Strikes-thrusts activity recognition using wrist sensor towards pervasive kendo support system. In: IEEE. **2019 IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops (PerCom Workshops)**. [S.l.], 2019. p. 243–248.

TORIGOE, Y.; NAKAMURA, Y.; FUJIMOTO, M.; ARAKAWA, Y.; YASUMOTO, K. Strike activity detection and recognition using inertial measurement unit towards kendo skill improvement support system. **Sensors and Materials**, v. 32, n. 2, p. 651–673, 2020.

UDDI, O. Uddi technical white paper. <http://www.uddi.org/>, 2000.

WANG, J. Research on application of virtual reality technology in competitive sports. **Procedia Engineering**, v. 29, p. 3659–3662, 2012. ISSN 1877-7058. 2012 International Workshop on Information and Electronics Engineering. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705812005589>>.