UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES

MODELO COMPUTACIONAL DE PLATAFORMA PARA TREINAMENTO COGNITIVO EM IDOSOS COM ALZHEIMER LEVE

CLEBER SILVA DE OLIVEIRA

Mogi das Cruzes, SP
2025

UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES
CLEBER SILVA DE OLIVEIRA

MODELO COMPUTACIONAL DE PLATAFORMA PARA TREINAMENTO COGNITIVO EM IDOSOS COM ALZHEIMER LEVE

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Mogi das Cruzes como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Biomédica. Área de concentração: Desenvolvimento de Software e Dispositivos Biomédicos.

Orientadora: Dra. Marcia Aparecida Silva Bissaco

Mogi das Cruzes, SP
2025

Ficha catalográfica
Universidade de Mogi das Cruzes - Biblioteca Central

Oliveira, Cleber Silva de
O48m Modelo computacional de plataforma para treinamento cognitivo em idosos com Alzheimer leve / Cleber Silva de Oliveira. -- Mogi das Cruzes, SP: Universidade de Mogi das Cruzes, 2025.
156 f.: il.
Inclui bibliografia

Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) -- Universidade de Mogi das Cruzes, 2025.
Orientação: Profa. Dra. Marcia Aparecida Silva Bissaco.

1. Doença de Alzheimer 2. Idosos 3. Plasticidade Neuronal 4. Treino Cognitivo 5. Simulação por computador I. Bissaco, Marcia Aparecida Silva II. Universidade de Mogi das Cruzes III. Título

CDD 616.831

Elaborada por Maria Cristina Alves Silva Xavier – CRB-8/10077

UMC
UNIVERSIDADE

Tel.: (11) 4798-7000
0800 19 2001
www.umc.br

ATAS

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE TESE DE DOUTORADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA DA UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES

Às quatorze horas e trinta minutos do dia vinte e oito de janeiro de dois mil e vinte e cinco, pela Universidade de Mogi das Cruzes, realizou-se a defesa da tese intitulada "MODELO COMPUTACIONAL DE PLATAFORMA PARA TREINAMENTO COGNITIVO EM IDOSOS COM ALZHEIMER LEVE", para obtenção do grau de doutor(a) pelo(a) candidato(a) **Cleber Silva de Oliveira.** Tendo sido o número de créditos alcançados pelo(a) mesmo(a) no total de 78 (setenta e oito), a saber: 42 unidades de crédito em disciplinas e atividades na pós-graduação e 36 unidades de crédito no preparo da tese, o(a) aluno(a) perfaz assim os requisitos para obtenção do grau de doutor(a). A comissão examinadora foi constituída pelos senhores professores doutores: Marcia Aparecida Silva Bissaco, Alessandro Pereira da Silva, e Wagner Alves de Souza Júdice, da Universidade de Mogi das Cruzes, e Jean-Jacques Bonvent, da Universidade Federal do ABC, e Marcelo Zanchetta do Nascimento, da Universidade Federal de Uberlândia, sob a presidência da primeira como orientadora do(a) aluno(a). A sessão pública da defesa da tese foi aberta pela senhora presidenta da comissão que apresentou o(a) candidato(a). Em seguida o(a) candidato(a) realizou uma apresentação oral de seu trabalho, ao final da qual seguiram-se as arguições pelos membros da comissão examinadora. A seguir, a comissão, em sessão secreta, conforme julgamento discriminado por cada membro, considerou o(a) candidato(a)

Aprovado (aprovado(a)/reprovado(a)) por unanimidade (unanimidade/maioria)

Mogi das Cruzes, 28 de janeiro de 2025.

Comissão Examinadora	Julgamento
Prof. Dr. Jean-Jacques Bonvent	Aprovado (aprovado(a)/reprovado(a))
Prof. Dr. Marcelo Zanchetta do Nascimento Documento assinado digitalmente gov.br MARCELO ZANCHETTA DO NASCIMENTO Data: 29/01/2025 13:17:34-0300 Verifique em https://validar.iti.gov.br	Aprovado (aprovado(a)/reprovado(a))
Prof. Dr. Alessandro Pereira da Silva	APROVADO (aprovado(a)/reprovado(a))
Prof. Dr. Wagner Alves de Souza Júdice	Aprovado (aprovado(a)/reprovado(a))
Profª Drª Marcia Aparecida Silva Bissaco	Aprovado (aprovado(a)/reprovado(a))

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à Profª Drª Marcia Aparecida Silva Bissaco, cuja trajetória é guiada pelo compromisso com a valorização, o desenvolvimento e as necessidades humanas; aos meus pais, João e Zilda, por todo o suporte e presença necessários; à minha esposa, Daniela, e aos meus filhos, João Victor e Matheus, pelo tempo que compartilharam; e às pessoas que, mesmo indiretamente, ao longo do tempo, alguma de suas ações proporcionaram este momento, como o Prof. Dr. Tibor Simcsik, Prof. Dr. Edgard Afonso Lamounier Jr., Prof. Dr. Márcio Abud Marcelino, Natan Stulman, Geazlieb Begun, Yitshak David Horowitz, Ivo Kauffman, Mônica Bravo Rodrigues, Rogério Gonçalves de Freitas, Pedro André Braga de Oliveira, Alex Ricardo Farias Carvalho, Alexandre Tomas de Oliveira, Aldo Sassi (i.m.), Dr. José Marcos Pereira (i.m.) e Me. Carlos Sanches (i.m.).

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus e à minha orientadora, Profª Drª Marcia Aparecida Silva Bissaco, e aos demais membros e professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica da UMC, Prof. Dr. Fabiano Bezerra Menegidio, Prof. Dr. Terigi Augusto Scardovelli, Prof. Dr. Alessandro Pereira da Silva, Profª Drª Silvia Cristina Martini, Profª Drª Silvia Regina Matos da Silva Boschi, Prof. Dr. Daniel Gustavo Goroso, Me. Almir Rodrigues Tavares, Me. Richard R. B. de Souza e Matheus Gregório. Manifesto, também, minha gratidão aos colegas e professores do IFSP, Prof. Dr. Ricardo Agostinho de Rezende Jr., Profº Me. Eduardo Antonio Modena, Mag. Prof. Dr. Silmário Batista dos Santos, Prof. Dr. Diego Azevedo Siviero, Prof. Me. Giovani Fonseca Ravagnani Disperati, Profª Me. Juliana Bilecki Campos da Cunha, Profª Me. Joel Dias Saade, Profª Drª Aline Ribeiro Sabino, Prof. Rogério Homem da Costa, Profª Drª Alexandra Aparecida de Souza, Prof. Me. Robson Ferreira Lopes, Prof. Dr. Thiago Schumacher Barcelos, Douglas Andrade de Paula, Prof. Dr. Claudemir Claudino Alves e Prof. Dr. Rodrigo Campos Bortoletto, pelo apoio institucional.

EPÍGRAFE

"Eu sou porque nós somos."
– Filosofia Ubuntu, Povo Zulu.

RESUMO

A Doença de Alzheimer é uma condição neurodegenerativa progressiva e representa a principal causa de demência em idosos, configurando um desafio crescente para os sistemas de saúde. Embora não existam terapias curativas, intervenções cognitivas não farmacológicas têm sido amplamente investigadas como estratégias complementares de acompanhamento. Nesse cenário, torna-se relevante o desenvolvimento de modelos computacionais capazes de apoiar, estruturar e instrumentalizar pesquisas científicas, especialmente no que se refere à aquisição sistemática de dados comportamentais. Esta pesquisa propõe um modelo computacional voltado ao apoio de estudos em treinamento cognitivo para idosos com Doença de Alzheimer em estágio leve. O estudo foi conduzido a partir de uma revisão sistemática da literatura, que analisou plataformas existentes, jogos digitais aplicados ao treinamento cognitivo e métodos científicos empregados. A partir dessa análise, foram identificadas lacunas relacionadas à personalização das atividades, à ausência de mecanismos automatizados de coleta de dados comportamentais e à limitação de descrições técnicas consistentes sobre segurança e privacidade da informação. Com base nesses levantamentos, foram definidos os requisitos e o método para a construção de um modelo computacional orientado à instrumentação da pesquisa em saúde. Como resultado, foi desenvolvido o protótipo da plataforma Kukafit, concebida para gerenciar usuários e microjogos cognitivos, permitindo a associação sistemática entre jogos e habilidades cognitivas, bem como a aquisição automatizada e estruturada de dados comportamentais decorrentes da interação do usuário. A plataforma foi implementada de forma modular e segura, apoiada por um framework leve desenvolvido no contexto desta pesquisa, que fornece a base arquitetural do sistema. Os resultados indicam que o modelo proposto é tecnicamente viável e adequado como instrumento metodológico para apoiar pesquisas futuras. Embora não tenham sido realizados estudos clínicos, a proposta contribui para a sistematização de abordagens computacionais aplicadas ao treinamento cognitivo, oferecendo uma base reutilizável para investigações interdisciplinares nas áreas de computação e saúde. Recomenda-se a aplicação do modelo em estudos futuros em parceria com profissionais da área da saúde, especialmente em cenários que demandem a coleta automatizada de dados comportamentais.

Palavras-chave: Plataformas de Treinamento Cognitivo, Doença de Alzheimer, Jogos Digitais, Neuroplasticidade.

ABSTRACT

Alzheimer's Disease is a progressive neurodegenerative condition and the leading cause of dementia among older adults, representing a growing challenge for healthcare systems. Although no curative treatments exist, nonpharmacological cognitive interventions have been widely investigated as complementary approaches for disease management. In this context, the development of computational models capable of supporting and structuring scientific research is particularly relevant, especially regarding the automated acquisition of behavioral data. This research proposes a computational model designed to support studies in cognitive training for older adults with mild Alzheimer's Disease. The study was conducted through a systematic literature review that analyzed existing platforms, digital games applied to cognitive training, and scientific methods reported in the literature. This analysis revealed recurring limitations related to activity customization, the lack of automated mechanisms for behavioral data collection, and insufficient technical descriptions concerning data security and privacy. Based on these findings, requirements and a methodological approach were defined for the construction of a computational model focused on research instrumentation in health. As a result, a prototype of the Kukafit platform was developed to manage users and cognitive microgames, enabling a systematic association between games and cognitive skills, as well as the automated and structured acquisition of behavioral data generated during user interaction. The platform was implemented in a modular and secure manner, supported by a lightweight framework developed within the scope of this research, which provides the architectural foundation of the system. The results indicate that the proposed model is technically feasible and suitable as a methodological tool to support future research. Although no clinical studies were conducted, the proposed approach contributes to the systematization of computational strategies applied to cognitive training, offering a reusable foundation for interdisciplinary investigations in the fields of computing and health. The application of the model in future studies in collaboration with healthcare professionals, particularly those requiring automated behavioral data acquisition, is recommended.

Keywords: Alzheimer's Disease, Older Adults, Neural Plasticity, Cognitive Training, Computer Simulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Desempenho Cognitivo por Faixa Etária 19

Figura 2: Arquitetura de software de jogos 36
Figura 3: Teoria do Fluxo 57

Figura 4: Casos de uso do Usuário. 75
Figura 5: Casos de uso do Administrador. 79
Figura 6: Casos de uso do Editor de Jogos. 85
Figura 7: Casos de uso do Template de Jogo. 89
Figura 8: Casos de uso do Sistema. 92
Figura 9: Estrutura de Diretórios do Framework 95
Figura 10: Configuração de Rotas e restrições de recursos. 96
Figura 11: Diagrama de Atividade de roteamento do Zait Tiny Framework. . . . 98
Figura 12: Diagrama de Atividade da Classe Mail e CodeGenerator para o cadastro de Usuário 99
Figura 13: Diagrama de Sequência do Controle de acesso aos arquivos de upload.100
Figura 14: Diagrama de Classes para Banco de Dados 100
Figura 15: Diagrama de Atividade para Banco de Dados 101
Figura 16: Diagrama de Classes de Controle e Registro de Ações. 101
Figura 17: Diagrama de Sequência de Execução de Jogos 104
Figura 18: Diagrama de Atividade de Controle dos Jogos 106
Figura 19: Diagrama de Sequência do Jogo da Memória criado para o Kukafit. . 107
Figura 20: Diagrama de Sequência do Sudoku. 109
Figura 21: Sequência de Cores e Sons criado para o Kukafit. 112
Figura 22: Diagrama de Sequência das Palavras Cruzadas. 114

Figura 23: Tela Inicial 117
Figura 24: Tela de Cadastro 118
Figura 25: Termo de Políticas de Uso 119
Figura 26: Tela de Inserção de Jogos e Recursos em Base64 121
Figura 27: Tela de Edição de Palavras Cruzadas 122
Figura 28: Tela do Jogo da Memória 123
Figura 29: Tela do Sudoku criado para o Kukafit 123
Figura 30: Tela do Jogo de Sequência de Sons e Cores 124
Figura 31: Tela do Jogo de Palavras Cruzadas 125
Figura 32: Tela de testes Ajax de Requisições HTTP 130

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1: Relação de notificações de Óbitos com Doença de Alzheimer pelo Total com 60 Anos ou mais. 16

Tabela 2: Índices e Sub testes do teste WAIS 26
Tabela 3: Domínios cognitivos x jogos 40
Tabela 4: Plataformas Online de Treinamento Cognitivo Disponíveis 42
Tabela 5: Plataformas por foco e faixa etária 43
Tabela 6: Mecânicas de Jogo e Gêneros de Jogo 50
Tabela 7: Plataformas de Jogos Digitais e suas Descrições 54
Tabela 8: Custo de hospedagem web. 62

Tabela 9: Requisitos Funcionais da Plataforma Kukafit 70
Tabela 10: Requisitos Não Funcionais da Plataforma Kukafit 73

Tabela 11: Relatório de Testes Unitários 126
Tabela 12: Teste de Integração 130
Tabela 13: Testes Funcionais da Plataforma Kukafit 133

LISTAS DE ABREVIAÇÕES

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

DA Doença de Alzheimer

MEEM Mini Exame do Estado Mental

MMSE *Mini-Mental State Examination*

MOCA *Montreal Cognitive Assessment*

WAIS *Wechsler Adult Intelligence Scale*

VCI Índice de Compreensão Verbal

PRI Índice de Raciocínio Perceptual

PSI Índice de Velocidade de Processamento

WMI Índice de Memória de Trabalho

REST *Representational State Transfer*

GDD *Game Design Document*

SGDD *Short Game Design Document*

GPS Jogabilidade, Propósito e Âmbito

RPG *Role-Playing Game*

RTS *Real-Time Strategy*

TBS *Turn-Based Strategy*

FPS *First-Person Shooter*

MMO *Massively Multiplayer Online*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO **15**
1.1 OBJETIVO GERAL **20**
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS **20**
1.3 ORGANIZAÇÃO DA TESE **21**

2 REFERENCIAL TEÓRICO **22**
2.1 A DOENÇA DE ALZHEIMER **22**
2.1.1 Etiologia da Doença de Alzheimer 22
2.1.2 Diagnósticos e Testes Neuropsicológicos 23
2.2 TREINAMENTO COGNITIVO POR MEIO DE JOGOS **27**
2.2.1 Jogos Sérios Aplicados ao Tratamento Cognitivo 27
2.2.2 Pesquisas e Plataformas de Treinamento Cognitivo 29
2.2.3 Plataformas para Treinamento Cognitivo 41
2.2.4 Relação entre Habilidade Cognitiva e as Atividades nas Plataformas 44
2.2.4.1 Atenção 45
2.2.4.2 Flexibilidade Cognitiva 45
2.2.4.3 Linguagem 46
2.2.4.4 Memória 46
2.2.4.5 Pensamento Criativo 47
2.2.4.6 Raciocínio 47
2.2.4.7 Tomada de Decisão 47
2.2.5 Desenvolvimento de Jogos 48
2.2.5.1 Gêneros e Mecânicas de Jogos 48
2.2.5.2 Dimensões Gráficas e Perspectivas 52
2.2.5.3 Tema / Enredo 54
2.2.5.4 Usabilidade 55
2.2.5.5 Processos de Desenvolvimento de Jogos 58
2.2.5.5.1 Motores de Desenvolvimento de Jogos 60
2.2.6 Critérios Tecnológicos para o Desenvolvimento do Sistemas de Treinamento Cognitivo 60
2.2.6.1 Rastreabilidade de Ações do Usuário 62

3 MATERIAIS E MÉTODOS **65**
3.1 Estratégia de Desenvolvimento do Protótipo **66**
3.2 Critérios de Qualidade e Avaliação **66**
3.3 Procedimentos de Teste **67**

3.4 Requisitos e Modelo de Software 68
3.5 ANÁLISE DE REQUISITOS DO SISTEMA 69
3.6 CASOS DE USO DO SISTEMA 74
3.6.1 Casos de Uso - Usuário 74
3.6.2 Casos de Uso - Administrador 78
3.6.3 Casos de Uso - Editor de Jogos 85
3.6.4 Casos de Uso - Jogos / Template de Jogo 88
3.6.5 Casos de Uso - Sistema 91
3.7 *ZAIT TINY FRAMEWORK* 94
3.7.1 Roteamento 96
3.7.2 Envio de E-mail 97
3.7.3 Controle de Upload 97
3.7.4 Acesso e Controle de Banco de Dados 97
3.7.5 Controle de Termos de Uso 102
3.7.5.1 Estruturas básicas desenvolvimento de um Jogo 102
3.7.5.2 Registro de Ações 103
3.8 Designer de Jogos 105
3.8.1 Jogo da Memória 105
3.8.1.1 Mecânica do Jogo 105
3.8.1.2 Estado Inicial do Jogo 105
3.8.1.3 Jogabilidade 105
3.8.1.4 Interface do Usuário 107
3.8.1.5 Experiência do Jogador 108
3.8.1.6 Habilidades Cognitivas 108
3.8.1.7 Possibilidade de incremento de Temas 108
3.8.2 Sudoku 108
3.8.2.1 Mecânica do Jogo 108
3.8.2.2 Estado Inicial do Jogo 108
3.8.2.3 Jogabilidade 110
3.8.2.4 Interface do Usuário 110
3.8.2.5 Experiência do Jogador 110
3.8.2.6 Habilidades Cognitivas 110
3.8.2.7 Possibilidade de incremento de Temas: 110
3.8.3 Sequência de Sons e Cores (Simons) 111
3.8.3.1 Mecânica do Jogo 111
3.8.3.2 Estado Inicial do Jogo 111
3.8.3.3 Jogabilidade 111
3.8.3.4 Interface do Usuário 111
3.8.3.5 Experiência do Jogador 111

3.8.3.6 Habilidades Cognitivas . . . 113
3.8.3.7 Possibilidade de incremento de Temas . . . 113
3.8.4 Palavras Cruzadas . . . 113
3.8.4.1 Mecânica do Jogo . . . 113
3.8.4.2 Estado Inicial do Jogo . . . 113
3.8.4.3 Jogabilidade . . . 113
3.8.4.4 Interface do Usuário . . . 114
3.8.4.5 Experiência do Jogador . . . 114
3.8.4.6 Habilidades Cognitivas . . . 114

4 RESULTADOS . . . 116
4.1 Plataforma Kukafit . . . 116
4.1.1 Fluxo Geral de Acesso à Plataforma . . . 116
4.1.1.1 Tela Inicial . . . 116
4.1.1.2 Painel de Cadastro de Usuário . . . 117
4.1.1.3 Painel de Autenticação . . . 117
4.1.1.4 Recuperação de Senha . . . 119
4.1.1.5 Áreas Privativas . . . 119
4.1.2 Termos de Uso e Consentimento . . . 119
4.1.3 Tela Principal e Funcionalidades do Jogador . . . 119
4.1.3.1 Tela de Perfil do Usuário . . . 120
4.1.3.2 Jogos Customizados . . . 120
4.1.3.3 Tela de Customização de Jogos . . . 120
4.2 Jogos Desenvolvidos . . . 120
4.3 TESTES . . . 124
4.3.1 Testes Unitários . . . 125
4.3.2 Teste de Integração . . . 129
4.3.2.1 Cenários de Teste de Integração . . . 129
4.3.2.2 Requisições . . . 129
4.3.3 Teste de segurança. . . . 131
4.3.4 Testes Funcionais . . . 131
4.3.5 Validação do Software . . . 134
4.3.5.1 Funcionalidade . . . 135
4.3.5.2 Usabilidade . . . 135
4.3.5.3 Eficiência . . . 135
4.3.5.4 Confiabilidade . . . 136
4.3.5.5 Portabilidade . . . 136
4.3.5.6 Manutenibilidade . . . 136
4.4 Produções Acadêmicas e Registros . . . 137

4.4.1 Artigo Aceito 137
4.4.2 Participação em Artigos Aceitos 137
4.4.3 Artigos Submetidos 137
4.5 Registro de Software 138

5 DISCUSSÃO 139

6 CONCLUSÃO 141

Apêndices 151

A Exemplo de Implementação de Testes Unitários com PHPUnit 152

1 INTRODUÇÃO

A Doença de Alzheimer (DA) é uma doença neurodegenerativa progressiva, até o momento se mostra irreversível e incurável. Começa geralmente após os 60 anos de idade e sua extensão é de 8 a 12 anos, com um declínio contínuo, caracterizado pela deterioração cognitiva, não afeta somente a memória, mas também funções como a comunicação, orientação, raciocínio, locomoção, a perda da independência funcional, mudanças de comportamento e necessidades crescentes de cuidados.

> A perda de memória está entre os primeiros sintomas relatados por pacientes com DA e por seus cuidadores. A memória de trabalho e a memória declarativa de longo prazo são afetadas precocemente durante o curso da doença. O padrão individual de funções de memória prejudicadas se correlaciona com parâmetros de integridade estrutural ou funcional do cérebro (Jahn, 2022).

Segundo a ABRAz (2018), a DA é incurável e progressiva ao longo do tempo, existindo a possibilidade de tratamento, e sua ocorrência é muito mais comum em idosos. Se apresentando como demência, ou perda de funções cognitivas como falta de memória, orientação, atenção e linguagem, causadas pela morte de células cerebrais. Se for diagnosticada no início da doença, é possível retardar o seu avanço e ter mais controle sobre os sintomas, garantindo melhor qualidade de vida ao paciente e à família.

A Association (2022) apresenta que a DA é caracterizada pelo acúmulo do fragmento de placas da proteína beta-amiloide fora dos neurônios no cérebro e fios torcidos da proteína tau, emaranhados, dentro dos neurônios. Essas mudanças são acompanhadas pela neurodegeneração e danos ao tecido cerebral. A DA é uma doença cerebral lentamente progressiva onde o adoecimento se inicia muitos anos antes dos sintomas surgirem, surgindo também inflamação e atrofia cerebral. O DA é normalmente dividida em três estágios: leve, moderado.

Ainda não existe cura conhecida para DA e também não existe um tratamento que tenha total eficácia ABRAz (2018), Association (2022) , Castiblanco et al. (2022). Sendo importante o diagnóstico precoce para iniciar tratamentos multidisciplinares aos fatores de progressão, no intuito de inibirem o avanço da doença e criar uma expectativa maior quanto à qualidade de vida no paciente e uma ampliação da fase inicial da doença.

A Organization (2022) afirma que a DA é a forma mais comum de demência, podendo representar entre 60 a 70% desses casos. Estima-se que cerca de 50 milhões de pessoas no mundo tenham demência, sendo que quase 60% delas vivem em países com renda média baixa ou média. Além disso, diz-se que são cerca de 10 milhões de novos casos a cada ano. Os números sobre a Doença de Alzheimer

não são apresentados especificamente, mas estão incluídos nos números relativos à ocorrência de demência.

Considerando os dados do Opendatasus (2025), a taxa padronizada de mortalidade por Doença de Alzheimer (DA) e outras demências apresentou um aumento significativo em ambos os sexos nos últimos dez anos. No entanto, conforme aponta a Gerontologia (2019), os números divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) indicam que cerca de 2 milhões de pacientes com demência ainda são subestimados nos registros oficiais. Isso ocorre porque muitos indivíduos não recebem um diagnóstico adequado, dificultando a declaração precisa dessas condições nas estatísticas de mortalidade (IBGE, 2021).

Estima-se que entre 40% e 60% dos casos estejam relacionados à Doença de Alzheimer. Com base nos dados do Sistema de Informações sobre Mortalidade Opendatasus (2025), referentes ao período de 2014 a 2023, observou-se um crescimento médio anual de 4,97% no percentual de óbitos associados à doença, totalizando um aumento acumulado de 54,17% no período.

A Tabela 1 apresenta a evolução da frequência de óbitos com citação de Doença de Alzheimer (DA), em comparação ao total de óbitos para indivíduos com mais de 60 anos. Observa-se que, ao longo da última década, a média de registros de óbitos atribuídos à DA corresponde a 3,85% do total de óbitos dessa faixa etária.

Tabela 1: Relação de notificações de Óbitos com Doença de Alzheimer pelo Total com 60 Anos ou mais.

Ano	Alzheimer	Total	%
2014	24.489	786.182	3,12
2015	26.806	826.434	3,24
2016	28.504	863.117	3,30
2017	30.682	876.178	3,50
2018	32.642	889.346	3,67
2019	36.574	929.000	3,93
2020	42.925	1.083.601	3,96
2021	47.057	1.244.543	3,78
2022	51.088	1.097.648	4,65
2023	49.544	1.030.536	4,81

Fonte: Elaborado pelo autor.

As dificuldades enfrentadas por idosos em tratamento não se restringem ao acesso a exames, diagnóstico ou profissionais qualificados. Mesmo quando os recursos

estão disponíveis, barreiras logísticas e socioeconômicas, como a necessidade de um acompanhante frequente, custos de deslocamento e alimentação, bem como a dependência de familiares que muitas vezes precisam se revezar para acompanhá-lo, podem comprometer a continuidade e a adesão ao tratamento.

> O impacto da Doença de Alzheimer não acomete somente o paciente, mas também, parentes, amigos e todo seu circulo social que de alguma forma participam da vida e atividade deste, e que cuidadores familiares de pessoas com demência, são muitas vezes chamados de segundos pacientes invisíveis, com riscos de sobrecarga, estresse, depressão e uma variedade de outras complicações de saúde (Brodaty; Donkin, 2022).

O uso de recursos digitais apresenta-se como uma alternativa viável para minimizar barreiras de custo estrutural e logística no tratamento de idosos. Com a intensificação do isolamento durante a pandemia da Covid-19, observou-se uma maior inclusão digital dessa população, ampliando o potencial de utilização de tecnologias em intervenções remotas. Estudos indicam que uma parcela expressiva dos idosos já utiliza dispositivos móveis e aplicações digitais, principalmente para comunicação, como o uso predominante de celulares e do *WhatsApp* Pereira et al. (2019). Nesse contexto, a adoção de soluções digitais pode também contribuir para a redução das barreiras financeiras enfrentadas por idosos de baixa renda, atenuando vulnerabilidades no acesso a serviços de saúde e favorecendo maior equidade no cuidado Damy (2010).

Estudos indicam que idosos residentes em áreas de baixo nível socioeconômico apresentam um perfil de saúde que pode comprometer negativamente sua capacidade funcional Damy (2010). No entanto, não existe um padrão único de público, uma vez que se trata de uma população heterogênea, com ampla variação nos perfis cognitivos e nos tipos de comprometimento neurológico Duara e Barker (2022). Essas diferenças estão associadas a taxas distintas de progressão da doença e a múltiplos fatores, como condições gerais de saúde, estilo de vida, estimulação cognitiva e social, além de aspectos ambientais e terapêuticos, sendo relevante considerar que, embora reduzida em relação a indivíduos jovens, a capacidade de neuroplasticidade é preservada de forma variável entre os idosos.

Para Ballesteros, Voelcker-Rehage e Bherer (2018), a neuroplasticidade pode melhorar o funcionamento cognitivo entre indivíduos saudáveis e com deficiência cognitiva. Pappas e Drigas (2019) demonstram que a “plasticidade cerebral é a base para a recuperação funcional dos indivíduos após lesão cerebral, bem como para a redução dos efeitos causados pela doença de Parkinson, afasia e doença de Alzheimer”.

> Há um interesse crescente em intervenções voltadas para a manutenção ou melhoria das funções cognitivas em idosos.

> Os videogames, em particular, demonstraram melhorar diversas funções cognitivas, como velocidade de processamento, habilidades visuoespaciais, funções executivas e atenção. Eles também oferecem uma atividade altamente motivadora e envolvente para os idosos, o que é essencial para promover a adesão a programas de treinamento cognitivo. (Perrot; Maillot; Hartley, 2019).

Considerando alguma chance de neuroplasticidade, Manera et al. (2017) sugerem que jogos sérios podem ser utilizados para estimulação cognitiva de pacientes com DA, bem como Panccioni (2017) afirmam que jogos computadorizados e ambientes virtuais diferenciados podem estimular a neuroplasticidade em indivíduos com comprometimentos cognitivos. Também, de forma geral Jovanelli (2016), Liu e Tamura (2020), Pessoa et al. (2021), Santos, Silva e Barbosa (2021) e Teixeira e Rodrigues (2019) apresentam o uso de jogos e recursos digitais como forma de estimulação cognitiva.

Uma revisão sistemática conduzida por Nguyen, Murphy e Andrews (2019), envolvendo 20 estudos com idosos saudáveis, indica que a neuroplasticidade desempenha papel relevante na manutenção e recuperação de capacidades cognitivas na velhice. Os autores destacam o treinamento cognitivo como uma intervenção comum, de baixo custo e potencialmente eficaz na atenuação do declínio cognitivo relacionado à idade, especialmente por meio do treinamento de funções executivas. Embora tenham sido observadas alterações estruturais cerebrais associadas ao treinamento, os resultados funcionais ainda não são conclusivos, apontando para a necessidade de novos estudos que aprofundem a compreensão sobre os efeitos do treinamento cognitivo em idosos.

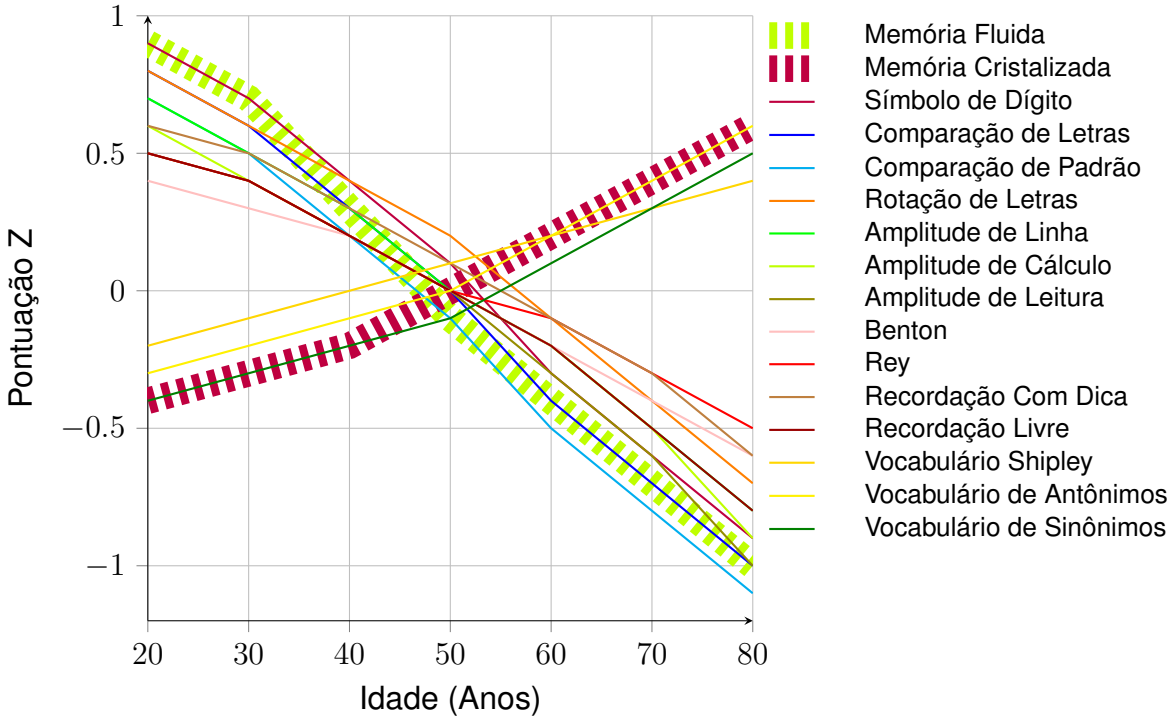
Panccioni (2017) aplicou uma plataforma de treinamento cognitivo baseada em um enredo de viagem, mas que inclui diversos micro jogos inseridos com motivos nessa temática. Em seu estudo, utilizou Índice de Memória Operacional, Índice de Velocidade de Processamento, Índice de Organização Perceptual e Índice de Velocidade de Processamento, por avaliação neuropsicológica WAIS III, com 12 idosos saudáveis, 7 idosos com Alzheimer em fase inicial e 15 jovens saudáveis, demonstrando melhora no índice cognitivo dos idosos saudáveis. E no caso dos idosos com Alzheimer, houve resultado positivo muito discreto, mas considerado inconclusivo. Uma das propostas do autor era aumentar o tempo de intervenção.

Park e Bischof (2013) afirmam que a capacidade de neuroplasticidade reduz ao longo da vida, mas pode ser potencializada quando exposta a experiências prolongadas. Embora haja deterioração cerebral com o avanço da idade, o cérebro ainda mantém alguma capacidade de adaptação funcional, sendo possível observar efeitos positivos de treinamentos cognitivos na melhora da função cognitiva a curto prazo. Nesse contexto, o objetivo não é a cura, mas o retardamento do declínio cognitivo relacionado à idade, de modo que o adiamento do início da Doença de

Alzheimer possa postergar a manifestação de seus sintomas mais severos. Os autores destacam, entretanto, que ainda são escassos os estudos que avaliam os efeitos de intervenções a longo prazo, sendo a maioria das pesquisas concentrada em resultados imediatos.

Existe um declínio natural da memória com o avanço da idade, embora aspectos da inteligência cristalizada possam apresentar melhora. Nesse sentido, Park e Bischof (2013) apresentam, na Figura 1, dados transversais de envelhecimento que evidenciam diferentes comportamentos em medidas de velocidade de processamento, memória de trabalho, memória de longo prazo, conhecimento de mundo e vocabulário verbal.

Figura 1: Desempenho Cognitivo por Faixa Etária



Fonte: Traduzido e Adaptado de Park e Bischof (2013).

A partir dos dados apresentados, considera-se a hipótese de utilizar o treinamento cognitivo por meio de jogos digitais como estratégia para promover a neuroplasticidade em idosos, especialmente por se tratar de um recurso mais acessível a pessoas com limitações de estrutura, recursos e locomoção. Ainda que o efeito se restrinja à postergação dos sintomas mais graves da doença, tal abordagem pode contribuir para a ampliação da qualidade de vida do paciente e de seus familiares.

Nessa perspectiva, a presente pesquisa foi motivada pela tentativa de escalar a plataforma de treinamento cognitivo desenvolvida por Panccioni (2017), a qual consistia em uma solução monolítica e online, baseada em um mapa exploratório

com enredo turístico que dava acesso a microjogos, com temática única e estática, voltada à estimulação cognitiva de idosos com Alzheimer em fase inicial. Observou-se que, embora a plataforma atendesse aos critérios necessários à época, as bibliotecas e pacotes utilizados tornaram-se incompatíveis com servidores contemporâneos, tornando sua implantação em ambientes modernos onerosa, além de levantar questões relacionadas à segurança e à privacidade dos dados, especialmente após a regulamentação da Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) em 2020, o que reforçou a necessidade de atualizações conceituais do modelo.

Durante a tentativa de reaproveitamento e atualização do código para ambientes mais atuais, identificou-se que determinadas demandas técnicas não poderiam ser atendidas, evidenciando a necessidade de uma reestruturação técnica e conceitual. Tal reestruturação deveria resultar em um modelo de plataforma mais orientado à pesquisa, suficientemente simples para permitir escalabilidade, desenvolvimento colaborativo e a incorporação de mecanismos mais amplos e parametrizáveis de aquisição automatizada de dados comportamentais. Dessa forma, a pergunta de pesquisa que orienta este trabalho é: Que modelo computacional pode ser empregado no desenvolvimento de uma plataforma segura e escalável de microjogos digitais, voltada ao treinamento cognitivo de idosos com Alzheimer leve, que permita a colaboração no meio acadêmico?

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um modelo de plataforma de gestão de usuários para o uso de jogos sérios no treinamento cognitivo de idosos com Alzheimer leve, implementando um protótipo como referência prática.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar uma revisão sistemática da literatura com o objetivo de identificar modelos de ambientes virtuais voltados ao treinamento cognitivo.
- Analisar as características e funcionalidades de microjogos digitais aplicados ao treinamento cognitivo de idosos, conforme descrito na literatura.
- Identificar os requisitos essenciais para o desenvolvimento de uma plataforma escalável e parametrizável de microjogos digitais.
- Desenvolver um protótipo de software que incorpore as práticas e recomendações identificadas na revisão sistemática.
- Avaliar o protótipo desenvolvido por meio de testes unitários, testes de integração e verificação da conformidade com os requisitos identificados.

1.3 ORGANIZAÇÃO DA TESE

- **INTRODUÇÃO**: Apresenta o problema de pesquisa, o contexto do estudo, os objetivos e a justificativa da investigação.
- **REFERENCIAL TEÓRICO**: Apresenta os conceitos fundamentais e os estudos relacionados que embasam a pesquisa, discutindo o estado da arte sobre o tema.
- **MATERIAIS E MÉTODOS**: Descreve os procedimentos metodológicos adotados, incluindo as etapas de desenvolvimento do protótipo e a estratégia de avaliação.
- **RESULTADOS**: Apresenta os requisitos, diagramas, telas e testes que caracterizam o modelo desenvolvido.
- **DISCUSSÃO**: Analisa os resultados obtidos, discutindo-os à luz da literatura, bem como suas implicações, limitações e desafios identificados.
- **CONCLUSÃO**: Sintetiza os principais achados da pesquisa, destacando suas contribuições teóricas e práticas, além de indicar perspectivas para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Na introdução deste trabalho, discutiu-se de forma geral o impacto da DA (Doença de Alzheimer) na sociedade, bem como o potencial dos jogos digitais na promoção da neuroplasticidade em idosos. Essa abordagem considera a manutenção das funções cognitivas, incluindo a memória cristalizada e a memória fluida, que tendem a se deteriorar com o avanço da idade, conforme ilustrado na Figura 1.

Neste capítulo, são apresentadas referências mais específicas sobre a DA, com ênfase no papel dos jogos digitais no treinamento cognitivo de idosos com comprometimento leve. Também são abordados aspectos fundamentais relacionados ao desenvolvimento de jogos voltados a esse público, como adaptação de funcionalidades, usabilidade para a terceira idade e a escolha de plataformas tecnológicas adequadas às necessidades cognitivas de idosos com DA.

2.1 A DOENÇA DE ALZHEIMER

Segundo Association (2022), a DA é uma condição neurodegenerativa progressiva que afeta a memória, o pensamento e o comportamento. Embora sua causa exata ainda seja desconhecida à época deste trabalho, acredita-se que resulte da interação entre fatores genéticos e ambientais. Entre os principais fatores de risco estão a idade avançada, histórico familiar de demência, lesões cerebrais traumáticas, doenças cardiovasculares e aspectos do estilo de vida, como tabagismo, alimentação inadequada e sedentarismo, havendo também evidências que associam a doença a processos inflamatórios crônicos e ao acúmulo de beta-amiloide no cérebro.

A DA foi descrita pela primeira vez em 1906 pelo médico alemão Alois Alzheimer, ao observar uma paciente com demência caracterizada por perda de memória e alterações comportamentais. A análise neuropatológica revelou a presença de placas amiloides e emaranhados neurofibrilares, achados que se tornaram centrais para a compreensão da doença. Posteriormente, essas observações foram consolidadas e o termo “Doença de Alzheimer” foi introduzido por Emil Kraepelin em 1910, estabelecendo as bases para o desenvolvimento das pesquisas na área (Kraepelin, 1927).

2.1.1 Etiologia da Doença de Alzheimer

A etiologia busca investigar as causas ou origens de uma doença, procurando identificar os fatores que desencadeiam sua ocorrência. No entanto, apesar dos avanços científicos, grandes centros internacionais de pesquisa ainda não conseguiram estabelecer um consenso conclusivo sobre os fatores específicos que efetivamente desencadeiam a DA.

Em posicionamentos convergentes, estudos e relatórios de Gerontologia (2019) e Organization (2022) indicam que a doença resulta da interação de múltiplos fatores, incluindo aspectos genéticos, ambientais, estilo de vida, histórico médico, traumas físicos e psicológicos, bem como condições associadas, como depressão. Diante dessa complexidade, as pesquisas seguem voltadas à identificação de estratégias eficazes de prevenção, diagnóstico e tratamento.

A prevalência de uma doença corresponde ao total de casos existentes em relação à população em um determinado momento, enquanto a incidência refere-se ao número de novos casos em um período específico. Assim, a prevalência reflete o acúmulo de casos, ao passo que a incidência indica a progressão da doença ao longo do tempo.

2.1.2 Diagnósticos e Testes Neuropsicológicos

A Doença de Alzheimer pode ser identificada por diferentes meios, sendo o aparecimento de sintomas geralmente o primeiro indicativo. Os sintomas iniciais são predominantemente cognitivos, envolvendo déficits progressivos de memória, pensamento, linguagem e outras funções cognitivas, podendo ser percebidos pelo próprio indivíduo, por familiares, profissionais de saúde ou em exames de rotina. Diante da suspeita, é fundamental o acompanhamento médico especializado, uma vez que tais manifestações podem se confundir com outras condições mentais.

Apesar de ser objeto de investigação há mais de um século, as bases moleculares da patogênese da DA ainda não são completamente compreendidas e não há, até o momento, uma cura ou estratégia de prevenção plenamente eficaz Bovolato (2021). Evidências indicam que o processo degenerativo pode iniciar-se de 20 a 30 anos antes do surgimento dos sintomas clínicos, sendo a DA a condição neurodegenerativa mais prevalente, responsável por aproximadamente 60% a 70% dos casos de declínio cognitivo progressivo em idosos.

Entre as principais alterações fisiológicas associadas à doença destaca-se degenerar células cerebrais e a perda de conexões sinápticas, comprometendo a capacidade do cérebro de processar informações e executar atividades cotidianas (Bhardwaj et al., 2017). Essas alterações incluem mudanças estruturais no cérebro, como a formação de placas amiloides e emaranhados neurofibrilares (Kumar et al., 2021).

Segundo, Okamoto e Bertolucci (1998) o diagnóstico diferencial é definido como um processo de comparação de sintomas e características clínicas em diferentes condições, identificando causas subjacentes dos sintomas apresentados. Considerando declínios cognitivos e processos demenciais no idoso, o diagnóstico diferencial é crucial para determinar se os sintomas são resultados do processo natural de envelhecimento ou de uma condição patológica. Entre os problemas mais comuns estão:

1. Declínio Cognitivo Leve (DCL): Considerado uma condição intermediária entre o envelhecimento cognitivo e demências mais graves. Os indivíduos com DCL têm dificuldades de memória acima do considerado normal em sua faixa etária, mas não apresenta outros sintomas cognitivos.

2. Demência de Alzheimer: Sendo a mais comum entre as demências e caracterizada por um declínio progressivo das funções cognitivas, com sintoma principal a perda da memória.

3. Demência Vascular: É causada principalmente devido a danos aos vasos sanguíneos ode, normalmente acidente vascular cerebral ou por bloqueios nos vasos sanguíneos do cérebro.

4. Demência com Corpos de Lewy: É causada pela presença de corpos de Lewy no cérebro e possui sintomas semelhantes à doença de Parkinson.

5. Demência Frontotemporal: É específica a esta área do cérebro e caracterizada por alterações de personalidade, comportamento e linguagem.

> "O exame neuropsicológico é um instrumento fundamental para o diagnóstico diferencial das demências, pois permite identificar padrões específicos de comprometimento cognitivo que podem auxiliar na diferenciação entre as diferentes etiologias"(Okamoto; Bertolucci, 1998).

Diversos testes neuropsicológicos são utilizados para avaliar as funções cognitivas e auxiliar no diagnóstico diferencial. Alguns dos testes mais comuns incluem:

- Mini Exame do Estado Mental (MEEM) Avalia a orientação, atenção, cálculo, memória e linguagem.

- Teste de Fluência Verbal: Avalia a habilidade do indivíduo de produzir palavras em uma categoria específica em um período determinado.

- Teste de Desenho do Relógio: Avalia a função visuoconstrutiva e a habilidade de planejamento.

- Teste de Aprendizagem Auditivo-Verbal de Rey: Avalia a memória verbal.

Panccioni (2017) ressalta a importância de uma avaliação neuropsicológica abrangente para identificar padrões específicos de comprometimento cognitivo e apoiar um diagnóstico preciso. A combinação de entrevistas clínicas, testes neuropsicológicos e exames de imagem permite orientar o diagnóstico diferencial dos declínios cognitivos e dos processos demenciais, contribuindo para a definição do tratamento e para a melhoria da qualidade de vida dos idosos. Em sua tese, a Escala Wechsler é

adotada como principal referência na relação entre as atividades desenvolvidas e as habilidades cognitivas avaliadas.

A Escala Wechsler de Inteligência para Adultos (*Wechsler Adult Intelligence Scale* (WAIS)) é um exame neuropsicológico destinado à avaliação cognitiva de adultos. Desenvolvida por David Wechsler em 1955, foi concebida para mensurar a inteligência nessa população, distinguindo-se de instrumentos anteriormente voltados predominantemente ao público infantil.

> O WAIS é um instrumento versátil, aplicável em diferentes contextos clínicos e de pesquisa, sendo útil para avaliar habilidades cognitivas de adultos e identificar áreas de força e fragilidade relevantes para diagnóstico, tratamento e intervenção (Lichtenberger; Kaufman, 2009).

Segundo Lichtenberger e Kaufman (2009), o teste WAIS avalia diversas habilidades cognitivas, incluindo compreensão verbal, raciocínio não verbal, memória de trabalho e velocidade de processamento, divididas em quatro índices:

- Índice de Compreensão Verbal (VCI): avalia habilidades relacionadas à compreensão verbal e conhecimento geral;
- Índice de Raciocínio Perceptual (PRI): é focado em habilidades de raciocínio não verbal e organização perceptual (visuais e espaciais);
- Índice de Memória de Trabalho (WMI): avalia a capacidade de manipulação mental de informações;
- Índice de Velocidade de Processamento (PSI): avalia a rapidez com que o indivíduo pode processar informações simples.

O WAIS passou por várias revisões, sendo o primeiro publicado em 1955, depois 1981, 1997 e 2008. As revisões do WAIS ocorrem mediante pesquisas sobre a inteligência e as alterações cognitivas no envelhecimento.

A aplicação do WAIS é um processo metodológico composto por 15 sub testes divididos nas quatro escalas principais, conforme demonstrado na Tabela 2, e possui uma média de duas horas de duração de sessão individual.

Tabela 2: Índices e Sub testes do teste WAIS

Índice	Testes	Descrição
VCI	Semelhanças	Avalia a abstração e o raciocínio verbal.
	Vocabulário	Mede a extensão do vocabulário e a expressão verbal.
	Informação	Avalia o conhecimento geral.
	Compreensão	Mede o raciocínio prático e o julgamento social.
PRI	Cubos	Avalia habilidades visuais e espaciais por meio da construção de padrões.
	Matrizes	Mede o raciocínio não verbal e a resolução de problemas.
	Conceitos de Figuras	Avalia a categorização e o raciocínio abstrato.
	Ponderação de Figuras	Mede o raciocínio perceptual e analítico.
WMI	Dígitos	Avalia a atenção, a memória de curto prazo e a memória de trabalho.
	Aritmética	Mede a concentração e a manipulação mental de números.
	Sequência de Letras e Números	Avalia a organização de informações sequenciais.
PSI	Símbolos	Mede a velocidade de processamento visual e a atenção.
	Procura de Símbolos	Avalia a velocidade de processamento e o escaneamento visual.
	Códigos	Mede a velocidade de processamento, a coordenação visomotora e a atenção.

Fonte: Elaborado pelo autor, com base em Wechsler (1997)

.

Segundo Figueiredo, Vidal e Nascimento (2015), o psicólogo responsável pela aplicação do WAIS deve possuir treinamento e qualificação específicos, uma vez que a interpretação de seus resultados é complexa e exige conhecimento especializado em avaliação psicológica.

No Brasil, a aplicação do WAIS é regulamentada pelo Conselho Federal de Psicologia. Conforme a Resolução nº 31/2022 (Psicologia, 2022), apenas psicólogos devidamente registrados e com formação em avaliação psicológica estão autorizados a utilizá-lo, assegurando a correta administração do teste, bem como a validade e a confiabilidade dos resultados.

2.2 TREINAMENTO COGNITIVO POR MEIO DE JOGOS

Os jogos fazem parte da história da humanidade desde seus primórdios, exercendo papel relevante nos contextos culturais, sociais e educacionais. Segundo Huizinga (2000), o jogo antecede a própria cultura, uma vez que esta pressupõe a existência de uma sociedade humana.

> Encontramos o jogo na cultura como um elemento dado, existente antes da própria cultura, acompanhando-a e marcando-a desde as origens mais remotas até a fase de civilização em que nos encontramos (Huizinga, 2000).

Dessa forma, o jogo não se configura somente como uma atividade recreativa, mas como uma manifestação inerente à experiência humana. Os primeiros registros de jogos datam de aproximadamente 3100 a.C., um jogo de tabuleiro praticado no Egito Antigo conhecido como Senet, que combinava sorte e estratégia e simbolizava a jornada da alma no além-vida. Esses registros evidenciam que, desde tempos remotos, o ato de jogar esteve associado a rituais e à expressão cultural, estando presente em diferentes atividades da sociedade humana, como a religião, o direito e a guerra (Huizinga, 2000).

2.2.1 Jogos Sérios Aplicados ao Tratamento Cognitivo

Os jogos sérios surgem na década de 1970 como um conceito formal, sendo utilizados em contextos educacionais e profissionais, inicialmente em simulações militares e treinamentos corporativos (Djaouti; Alvarez; Jessel, 2011b). O termo *serious games* foi definido por Abt (1970) para descrever jogos que possuem um propósito educacional ou social que vai além do entretenimento.

A partir do final dos anos 1980, os jogos sérios passaram a ser aplicados também na área da saúde, incluindo reabilitação física, treinamento cognitivo e educação de pacientes (Michael; Chen, 2005), bem como no treinamento profissional, como o uso de simuladores médicos para o desenvolvimento de habilidades cirúrgicas em ambientes seguros e controlados (Graafland; Schraagen; Schijven, 2012). Na década de 1990, observou-se que pacientes em reabilitação física apresentavam melhores resultados quando engajados em atividades lúdicas que desafiavam habilidades motoras e cognitivas (Imbeault; Bouchard; Bouzouane, 2011).

No início dos anos 2000, surgiram plataformas específicas de treinamento cognitivo, como CogniFit e BrainHQ, que incorporaram princípios da neurociência para estimular funções cognitivas, em especial em populações de jovens saudáveis. Atualmente, há uma diversidade de jogos e plataformas voltadas ao treinamento cognitivo, desenvolvidos para estimular habilidades específicas, como memória episódica, atenção seletiva e raciocínio espacial Castiblanco et al. (2022).

A aplicação de jogos sérios em terapias cognitivas ganhou destaque neste período, e combinavam princípios de neurociência com elementos lúdicos para estimular funções cognitivas em pacientes com comprometimento leve (Wattanasoontorn et al., 2013). Desta forma, começaram a ser usadas em ambientes clínicos e domiciliares, promovendo adesão dos pacientes ao tratamento. E segundo Santos et al. (2020).os jogos sérios poderiam adaptar-se seu conteúdo com base no desempenho do usuário.

Essa adaptabilidade é crucial, principalmente em pacientes com Alzheimer, cujas necessidades cognitivas mudam conforme a progressão da doença. Além disso, muitos jogos oferecem *feedback* imediato, essencial parara manter a motivação e o engajamento durante as atividades (Eichhorn et al., 2020).

Segundo Smith (2023) atividades ajustadas às capacidades e limitações individuais dos pacientes. se mostra particularmente importante em populações vulneráveis, como idos por evitar frustrações desnecessárias e maximiza os benefícios terapêuticos.

Com o aumento do interesse acadêmico e comercial, o campo dos jogos sérios expandiu-se para diversas áreas, incluindo saúde mental, reabilitação física e bem-estar social (Alvarez; Djaouti, 2011). Estudos indicam que, quando adequadamente projetados, esses jogos podem gerar impactos positivos, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida e para mudanças comportamentais relevantes (Ratan; Ritterfeld, 2016).

Segundo Panccioni (2017), a adoção de jogos sérios em plataformas digitais para o treinamento cognitivo representa uma mudança na condução das intervenções terapêuticas, podendo contribuir para o fortalecimento das funções cognitivas também como estratégia profilática, com evidências de melhora em habilidades cognitivas de adultos saudáveis.

O modelo Jogabilidade, Propósito e Âmbito (GPS), proposto por Djaouti, Alvarez e Jessel (2011a), pode ser aplicado ao desenvolvimento de jogos sérios ao oferecer uma estrutura que considera aspectos essenciais para sua eficácia no treinamento cognitivo de idosos com Alzheimer leve, contemplando:

- **Jogabilidade:** Interfaces adaptadas às limitações cognitivas, com desafios simples e progressivos e *feedback* imediato, favorecendo o engajamento e reduzindo frustrações.
- **Propósito:** Manutenção das funções mentais ativas por meio de metas claras, contribuindo para o bem-estar e a interação social do paciente.
- **Âmbito:** Flexibilidade de uso em ambientes clínicos ou domiciliares, permitindo a participação de cuidadores e familiares no processo terapêutico.

Segundo Alvarez e Djaouti (2011), a aplicação do modelo GPS permite desenvolver experiências que vão além do entretenimento, alinhando as mecânicas de jogo aos

objetivos terapêuticos e respeitando as limitações dos pacientes. Além disso, o modelo possibilita o monitoramento e a personalização das atividades, com ajuste do nível de dificuldade conforme a progressão da doença, contribuindo para evitar frustrações, manter o engajamento e facilitar o acompanhamento do progresso por cuidadores e profissionais de saúde.

A criação de uma taxonomia de jogos sérios facilita a análise de impacto e eficácia das intervenções. Conforme destacado por Ratan e Ritterfeld (2016), a classificação dos jogos segundo suas mecânicas e objetivos permite avaliar como diferentes formas de interação influenciam o comportamento e o aprendizado, sendo um aspecto fundamental para validar o uso de jogos em contextos terapêuticos.

Nesse sentido, a definição de uma classificação de jogos sérios voltados ao treinamento cognitivo permite relacionar cada jogo às habilidades específicas que se pretende estimular. No tópico 2.2.2, é apresentada uma revisão sobre plataformas de treinamento cognitivo, discutindo as relações entre os jogos e as habilidades estimuladas, de modo a ampliar a compreensão do cenário de soluções destinadas a idosos com Alzheimer em estágio leve.

2.2.2 Pesquisas e Plataformas de Treinamento Cognitivo

Amaral et al. (2020) apresentam a possibilidade de utilizar jogos digitais baseados em elementos de testes cognitivos para identificar perfis de usuários em ambientes de treinamento cognitivo, direcionando as atividades aos declínios cognitivos apresentados pelos jogadores.

Considerando esse contexto e sendo este o objeto da presente pesquisa, realizou-se uma revisão da literatura com o objetivo de identificar trabalhos acadêmicos e aplicações equivalentes que orientassem o desenvolvimento deste estudo, bem como mapear caminhos já explorados na pesquisa sobre treinamento cognitivo mediado por jogos digitais.

O treinamento cognitivo é reconhecido como uma intervenção não farmacológica voltada à manutenção das funções de memória, atenção, raciocínio e linguagem. Partindo dessa premissa, a hipótese deste trabalho considera que uma ferramenta computacional pode não apenas viabilizar o treinamento cognitivo em meio digital, mas também ampliar seu alcance ao oferecer um recurso mais acessível e sistematizado, capaz de manter o usuário engajado e de capturar, armazenar e disponibilizar dados inviáveis de serem obtidos apenas por observação humana.

Para o levantamento de trabalhos equivalentes, foram consultadas bases de dados acadêmicas como PubMed, Scopus, Web of Science, IEEE Xplore, SciELO e Google Scholar, além de buscas complementares no Google. Utilizaram-se combinações dos termos "*treinamento cognitivo AND demências AND (computacional OR games OR videogames OR plataforma digital)*", em português e inglês, priorizando estudos

que apresentassem resultados do uso de jogos digitais no treinamento de habilidades cognitivas.

Inicialmente, foram identificados 643 trabalhos. Após a leitura dos resumos e a análise de aderência ao objeto da pesquisa, foram selecionados 70 estudos, uma vez que muitos apenas mencionavam jogos como parte de tratamentos multidisciplinares, sem aprofundar sua aplicação no treinamento cognitivo.

Dentre esses somente 18 trabalhos abordam especificamente o treinamento cognitivo em idosos com Alzheimer, apresentando contribuições relevantes para o desenvolvimento de ferramentas digitais voltadas a esse público, as quais são analisadas a seguir quanto às suas principais colaborações e relações com o presente estudo.

No estudo de Nunes, Melo e Bonini (2023), por meio de uma pesquisa bibliográfica, são identificadas tecnologias de estimulação cognitiva para idosos com Alzheimer, destacando-se cinco tendências principais: personalização, integração com outras tecnologias, acessibilidade a diferentes habilidades cognitivas, avaliação dos efeitos da estimulação e impacto social. Embora os autores apontem o uso de jogos eletrônicos, realidade virtual e interação humano-computador como abordagens promissoras para a melhoria da qualidade de vida desses idosos, ressaltam a necessidade de mais pesquisas e o desenvolvimento de soluções personalizadas, integradas, acessíveis e eficazes.

O estudo de Eichhorn et al. (2020) trás estratégias motivacionais e conceitos de construção de interfaces para melhorar a usabilidade de aplicativos móveis para idosos e pacientes com Alzheimer. O estudo envolveu 60 participantes na Universidade Técnica de Munique, divididos em três grupos, o primeiro grupo para avaliar a eficácia de aplicativos com design convencional, o segundo grupo avaliou aplicativos com estratégias motivacionais e o terceiro grupo, aplicativos que combinam estratégias motivacionais com design aprimorado. Em seus resultados, a combinação de estratégias motivacionais e design aprimorado aumenta significativamente a usabilidade e que essa abordagem é eficaz para engajar e facilitar o uso de aplicativos para idosos e pacientes com Alzheimer, colaborando com melhor acessibilidade e benefícios para esse público-alvo.

> Os pacientes com Alzheimer podem apresentar dificuldades específicas na utilização de aplicativos móveis, como dificuldades cognitivas, motoras e de atenção. Essas dificuldades podem dificultar a compreensão de instruções, a navegação por interfaces e a conclusão de tarefas. (Eichhorn et al., 2020, p. 51)

As Estratégias motivacionais trazidas por Eichhorn et al. (2020) dividem-se em personalização, *feedback* e recompensas, onde a personalização envolve adaptar

a interface do aplicativo às necessidades pessoais/individuais, como ajustar temas, cores e fontes para facilitar a leitura e incluir conteúdos de interesse do usuário; o *feedback* imediato do desempenho mantém usuários motivados; recompensas, mesmo que elogios, podem aumentar a motivação e o interesse contínuo no uso do aplicativo.

Já quanto ao conceito de design aprimorado, Eichhorn et al. (2020), enfatiza a simplicidade, o uso de recursos visuais e a acessibilidade como princípios cruciais para atender às demandas dos usuários com necessidades especiais motoras e cognitivas. A simplicidade necessária apresentada seria alcançada por meio de uma linguagem clara, menus simplificados e instruções passo a passo. Recursos visuais como imagens e vídeos tornam os aplicativos mais acessíveis e atraentes, enquanto a acessibilidade é garantida com funcionalidades como tamanhos de texto responsivos e modos de alto contraste.

Robert et al. (2014), apresenta em seu artigo o uso de jogos sérios como uma ferramenta de tratamento de pessoas com a doença de Alzheimer, transtornos relacionados e fragilidade. Os autores analisam 58 estudos, e como resultado identificam que os jogos sérios podem melhorar habilidades cognitivas como memória, atenção, raciocínio, resolução de problemas e funções executivas, além de trazer resultados positivos na qualidade de vida, no humor, na motivação e na interação social.

As diretrizes de desenvolvimento de jogos sérios apresentadas por Robert et al. (2014) mostram forte convergência com as propostas de Eichhorn et al. (2020). Ambos destacam a importância de focar nas habilidades cognitivas afetadas pela Doença de Alzheimer e transtornos relacionados, bem como na personalização e adaptação dos jogos às necessidades e capacidades individuais dos usuários.

Essas diretrizes incluem a utilização de diferentes níveis de dificuldade, desafios progressivos e *feedback* imediato, de modo a manter os usuários engajados e conscientes de seu progresso. Também é enfatizado o uso de um design minimalista, simples e intuitivo, com linguagem clara, menus simplificados e instruções detalhadas.

Adicionalmente, os autores ressaltam a necessidade de capacitação de profissionais e cuidadores para o uso adequado desses jogos, bem como sua integração a programas de intervenção, como forma de ampliar o suporte oferecido aos idosos.

O estudo de Santos et al. (2020) apresenta uma revisão da literatura publicada entre 2010 e 2020 sobre o uso de tecnologias digitais no tratamento não farmacológico do Alzheimer. Os resultados indicam que essas tecnologias possuem potencial para estimular funções cognitivas como memória, atenção e raciocínio, além de promover socialização e autonomia.

Os autores destacam a importância da personalização das tecnologias conforme os estágios da doença e as limitações cognitivas e motoras dos pacientes, bem como

a necessidade de acompanhamento por equipes multidisciplinares. Como conclusão, recomendam o uso de dispositivos de monitoramento remoto, individualmente ou em grupo, em ambientes domiciliares ou institucionais, ressaltando a necessidade de mais pesquisas para avaliar eficácia e segurança.

No trabalho de Kirsten (2019), são apresentados dados de uma pesquisa conduzida na Universidade da Califórnia com 10.000 participantes que utilizaram o jogo mobile *Sea Hero Quest*, voltado ao treinamento de memória espacial e navegação.

Os participantes foram divididos entre um grupo com diagnóstico de Alzheimer e um grupo controle saudável. A análise dos dados, realizada por técnicas de aprendizado de máquina, indicou desempenho significativamente inferior dos participantes com Alzheimer, possibilitando a clusterização dos grupos. Os autores sugerem que jogos digitais podem ser utilizados como ferramenta auxiliar na identificação de risco ou na postergação da progressão da doença.

A revisão sistemática de Castiblanco et al. (2022) teve como foco o apontamento precoce da Doença de Alzheimer por meio do uso de videogames. Os resultados indicam uma quantidade limitada de estudos voltados à identificação precoce e à diferenciação entre tipos de demência.

Os trabalhos analisados utilizam principalmente elementos de jogos e versões digitalizadas de testes cognitivos, como *Montreal Cognitive Assessment* (MOCA) e *Mini-Mental State Examination* (MMSE), sem abordar diretamente sua automatização. Os autores recomendam mais pesquisas que orientem o design, o desenvolvimento e a implantação de videogames voltados ao apontamento precoce da doença.

O artigo de Smith (2023) apresenta uma revisão sistemática que discute as complexidades éticas associadas ao diagnóstico precoce da Doença de Alzheimer, abordando aspectos como privacidade, estigmatização e impacto do diagnóstico nas decisões pessoais.

Embora não tenha como foco principal o uso de jogos para treinamento cognitivo, o estudo dialoga com as proposições de Castiblanco et al. (2022) e Kirsten (2019), ressaltando que jogos voltados à memória, atenção e raciocínio podem trazer benefícios cognitivos.

O autor destaca, entretanto, a necessidade de acompanhamento profissional na escolha e aplicação desses jogos, uma vez que níveis inadequados de complexidade podem gerar estresse ou frustração. Conclui-se que, quando bem selecionados e aplicados, esses jogos podem contribuir para retardar o declínio cognitivo e melhorar a qualidade de vida de pacientes com DA.

O trabalho de Pinto e Garcia (2019) apresenta uma revisão da literatura sobre o uso de *chatbots* na saúde, analisando experimentos voltados ao diagnóstico e tratamento de pacientes com Alzheimer.

Embora *chatbots* não sejam jogos em sua concepção original, o estudo aponta

abordagens gamificadas voltadas à estimulação da memória e de habilidades cognitivas, com adaptação às demandas e progressos individuais dos pacientes. Os autores reconhecem o potencial dessas ferramentas, especialmente em estágios iniciais da doença, mas ressaltam que os resultados ainda são inconclusivos e que são necessárias mais pesquisas para validar sua efetividade.

Os artigos de Kean (2021a) e Kean (2021b), apresentam uma relação entre jogos de memória e a saúde cerebral em pessoas com doença de Alzheimer. O objetivo geral destes artigos é demonstrar como atividades cognitivas e lúdicas podem contribuir para a manutenção das habilidades cognitivas e potencialmente retardar o progresso degenerativo do Alzheimer.

Destaca-se nesse artigo a importância de manter pesquisas contínuas para tratamentos e a busca por terapias, especificamente jogos que desafiam a memória e o cérebro, como jogos de tabuleiro, quebra-cabeças e aplicativos para treinamento cognitivo, como ferramentas potencialmente úteis para desacelerar a progressão da doença.

Também são apresentadas opiniões de especialistas que expressam ceticismo sobre a eficácia desses jogos em mudar biologicamente os efeitos da doença ou mesmo prevenir os efeitos, mas mesmo que possam ter pouca importância no quadro geral, esses jogos podem trazer benefícios cognitivos, onde, de forma geral, o uso de jogos, computadores e a participação em atividades sociais estão associadas a um menor risco de comprometimento cognitivo leve, e, apesar da falta de evidências conclusivas sobre a eficácia dos jogos em prevenir ou retardar o Alzheimer, são ferramentas valiosas no conjunto de estratégias para manter a saúde mental.

Benítez (2020) propõe a implementação de um programa de estimulação cognitiva voltado a pacientes com doenças neurodegenerativas, como a Doença de Alzheimer, estruturado em etapas que contemplam avaliação, personalização e acompanhamento do tratamento:

- Realizar avaliação neuropsicológica para compreender o perfil cognitivo do paciente, considerando memória, linguagem, funções executivas, atenção e habilidades visuoespaciais.
- Mapear preferências, história de vida, interesses e nível educacional, visando à personalização do programa.
- Definir objetivos específicos, como a melhora da memória de trabalho, atenção ou resolução de problemas.
- Selecionar ou desenvolver atividades alinhadas aos objetivos, incluindo jogos de memória, quebra-cabeças, atividades de linguagem, cálculo e raciocínio lógico.

- Integrar recursos tecnológicos, como softwares ou aplicativos de estimulação cognitiva, como apoio ao programa.
- Estruturar sessões regulares, de duas a três vezes por semana, com duração entre 30 minutos e uma hora, respeitando a capacidade do paciente.
- Conduzir as atividades em ambiente confortável e sem distrações, favorecendo a concentração.
- Adotar progressão gradual das atividades, ajustando o nível de dificuldade conforme o desempenho do paciente.
- Incorporar *feedback* contínuo e monitorar o progresso por meio de observações e avaliações periódicas.
- Fornecer relatórios regulares à família e à equipe de saúde, indicando avanços e ajustes necessários.
- Capacitar familiares e cuidadores para apoiar o programa no ambiente domiciliar.
- Assegurar alto grau de personalização e flexibilidade, considerando também aspectos emocionais, físicos e sociais do paciente.

O trabalho de Benítez (2020) converge com a proposta de personalização apresentada por Santos et al. (2020) e com as diretrizes de Robert et al. (2014) e Eichhorn et al. (2020), ao enfatizar a adaptação dos jogos às necessidades e habilidades individuais dos usuários. Os autores destacam a importância de diferentes níveis de dificuldade, bem como da oferta de desafios e *feedback* contínuo. Trata-se, contudo, de uma proposta metodológica de aplicação de um programa de estimulação cognitiva com uso de jogos, e não de um experimento validado empiricamente.

Além disso, Benítez (2020) reforça que a implementação de um programa eficaz de estimulação cognitiva requer uma abordagem multidisciplinar, estruturada e repetitiva, envolvendo profissionais de saúde, familiares e demais agentes de apoio ao paciente.

No estudo de Camino-Pontes et al. (2023), foram analisados dados provenientes da plataforma online de estimulação cognitiva NeuronUP, composta por exercícios e atividades voltadas ao estímulo de funções cognitivas. A base de dados incluiu 7.902 registros de desempenho, distribuídos em 215 materiais de treinamento agrupados em 29 domínios cognitivos, como memória episódica, atenção, funções executivas, linguagem, raciocínio e percepção visual.

A análise utilizou técnicas de aprendizado de máquina aplicadas à modelagem longitudinal das pontuações obtidas ao longo de um ano, permitindo avaliar como diferentes tipos de estimulação cognitiva poderiam predizer o declínio cognitivo. Para garantir a robustez dos modelos preditivos, foram empregadas análises de curva ROC

e validação cruzada, considerando a variabilidade das atividades e dos perfis dos participantes.

Embora o estudo de Camino-Pontes et al. (2023) demonstre a potencialidade da captação e análise longitudinal de dados em plataformas de treinamento cognitivo, não aborda aspectos de identificação individual, diagnóstico ou personalização das atividades, conforme proposto por Benítez (2020), Santos et al. (2020), Robert et al. (2014) e Eichhorn et al. (2020). Assim, sua principal contribuição reside no método computacional de análise longitudinal, assumindo como eficazes as diretrizes dos materiais de treinamento da plataforma utilizada.

O protocolo apresentado por Gambella et al. (2022) propõe uma intervenção integrada para o tratamento da Doença de Alzheimer, envolvendo 78 participantes divididos em dois grupos: um grupo experimental, composto por pacientes com Alzheimer em estágio leve submetidos a treinamento cognitivo com a plataforma Brainer e treinamento físico com realidade virtual (jDome), e um grupo controle, que realizou treinamento cognitivo com a mesma plataforma associado a exercícios físicos em bicicleta convencional.

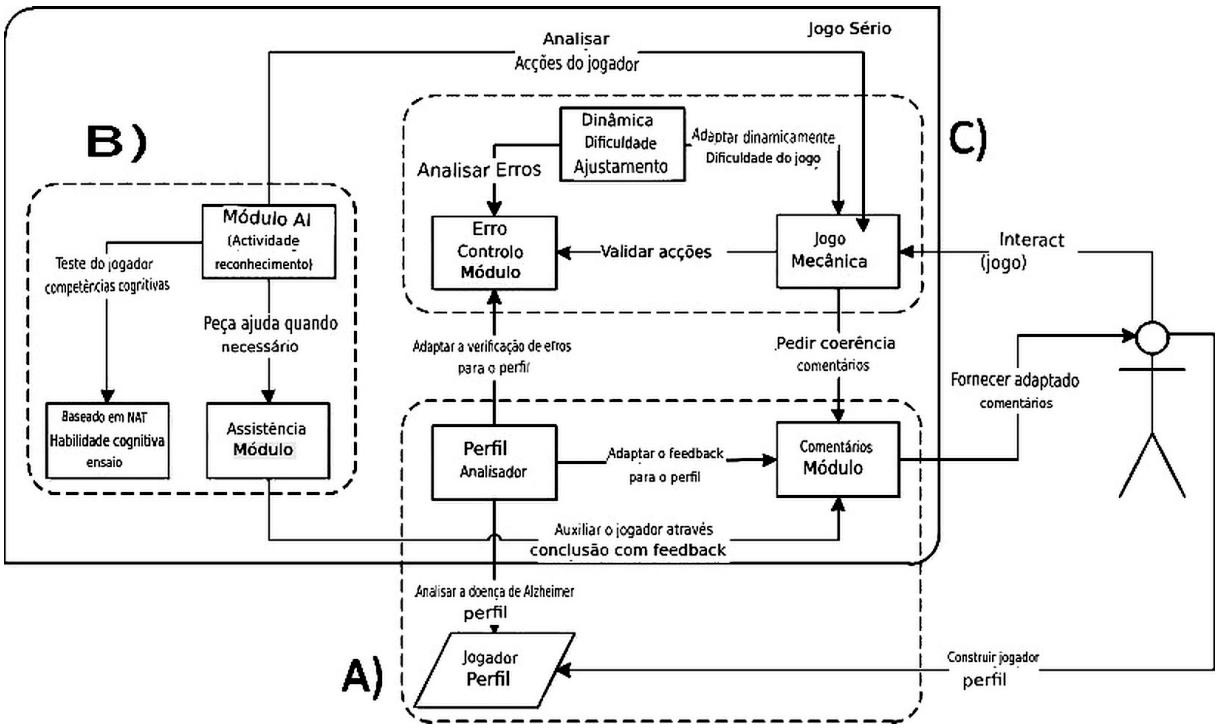
O estudo prevê 16 sessões de intervenção, com 30 minutos de treinamento cognitivo e 30 minutos de exercício aeróbico, realizadas duas vezes por semana, em um ensaio clínico randomizado, controlado e cego simples. O objetivo é avaliar a eficácia do programa integrado na estabilização da cognição global, do humor, dos distúrbios comportamentais e da função física em indivíduos com Alzheimer leve.

Por se tratar de um protocolo de pesquisa, os autores descrevem detalhadamente o planejamento metodológico, mas indicam que os resultados serão apresentados apenas após a conclusão das intervenções. Observa-se ainda que o estudo não contempla a aplicação de testes cognitivos individualizados ou personalizados, adotando exercícios padronizados para todos os participantes.

Imbeault, Bouchard e Bouzouane (2011) abordam o uso de jogos sérios no treinamento cognitivo de pacientes com Alzheimer por meio de simulações realistas e jogos de videogame genéricos para treinamento das habilidades cognitivas. Os autores ressaltam que os jogos sérios devem oferecer assistência aos pacientes para concluir os desafios, adaptando-se dinamicamente ao perfil individual de cada paciente.

O jogo proposto neste estudo foi projetado para atender especificamente pacientes com Alzheimer, os autores deixam claro que os pacientes devam ser auxiliados nas tarefas para enfrentarem os desafios e falhas, ou antes de serem conduzidos para novos desafios, e que este jogo utiliza IA para se ajustar dinamicamente ao perfil cognitivo e às necessidades individuais de cada paciente, oferecendo desafios personalizados e assistência adequada; porém não é detalhado neste trabalho qual inteligência artificial foi usada nem como foi usada.

Figura 2: Arquitetura de software de jogos



Fonte: Traduzido de Imbeault, Bouchard e Bouzouane (2011).

Também é relatado que o jogo inclua mecanismos para avaliar o desempenho cognitivo e que o *feedback* dos pacientes seja crucial para avaliar a eficácia do jogo. Embora o trabalho encerre de forma inconclusiva compartilha o modelo proposto conforme a Figura 2.

Ramos (2022) utilizaram em seu trabalho jogos digitais como recurso para estimulação da memória recente em idosos com Alzheimer; para isso, utilizaram o aplicativo Wordwall. Os pesquisadores desenvolveram um jogo interativo focado em estimular a memória recente de idosos com Alzheimer nas fases leve e moderada.

O Wordwall é uma ferramenta online utilizada na criação de atividades educativas, empregada principalmente por educadores para desenvolver jogos e recursos de aprendizagem em sala de aula. O processo de desenvolvimento incluiu a seleção do tipo de memória a ser trabalhada, definição do público-alvo, escolha do aplicativo, adaptação do modelo de questionário do próprio Wordwall com uma seleção de imagens e interfaces adequadas ao público idoso.

Os autores fizeram um teste com um jogo da memória simulando a associação de imagens relacionadas a atividades diárias, e a demonstração piloto indicou ser viável e permitir ajustes de jogabilidade para melhor adequação ao público-alvo.

O jogo mostrou-se eficaz em termos de usabilidade e jogabilidade e também foi considerado uma ferramenta útil na avaliação e no comprometimento cognitivo e da

memória recente, baseado no tempo de resposta e acertos dos participantes.

Os autores sugeriram a necessidade de futuras pesquisas para avaliar a usabilidade do jogo em um número maior de idosos e considerar ajustes para melhor atender às necessidades específicas dessa população, destacando a importância de ferramentas digitais interativas no suporte a idosos com condições neurodegenerativas.

Duarte (2015) apresenta, em sua dissertação, uma investigação sobre a eficácia e as características desejáveis de jogos digitais voltados à estimulação cognitiva em pacientes com Doença de Alzheimer.

A pesquisa incluiu a aplicação de um questionário a 118 profissionais que atuam com pacientes com DA, abrangendo psicólogos, animadores socioculturais, gerontólogos e educadores sociais, sendo a maioria dos participantes do sexo feminino (113). A partir dos dados coletados, foram identificados os seguintes pontos principais:

- **Preferências e efetividade:** A maioria dos profissionais considerou benéfico o uso de jogos para estimulação cognitiva, sobretudo nas fases iniciais e intermediárias da DA, com destaque para jogos lúdicos, de tabuleiro e de papel.
- **Recursos utilizados:** Objetos lúdicos, papel e computadores foram os recursos mais empregados, priorizando jogos de memória, atenção e raciocínio.
- **Registros e acompanhamento:** Foi considerada relevante a realização de registros sobre comportamentos, sucessos e sentimentos dos pacientes após as sessões, preferencialmente de forma escrita.
- **Jogos digitais e dispositivos:** O uso de jogos digitais foi apontado como positivo, sendo tablets e telas sensíveis ao toque considerados os suportes mais adequados.
- **Elementos de design:** Fotografias, desenhos, animações, vídeos, sons e cores foram considerados essenciais, assim como instruções curtas e claras, bom contraste visual e botões com ícones representativos.
- ***Feedback* e dificuldade:** O uso de *feedback* positivo ao longo do jogo foi apontado como essencial, bem como a adoção de níveis graduais de dificuldade, adequados às limitações dos idosos.
- **Visualização de resultados:** Houve divergência quanto à apresentação dos resultados aos pacientes, com parte dos profissionais defendendo a exibição somente de resultados positivos.

De modo geral, o estudo indica a necessidade de adaptação individualizada dos jogos para pacientes com DA, ressaltando a importância da personalização das

atividades de estimulação cognitiva de acordo com as preferências, capacidades e estágios da doença de cada paciente.

Após a aplicação do questionário, Duarte (2015) descreve o desenvolvimento do aplicativo de jogos “Delaying Alzheimer”, destinado ao iPad, concebido com base nos tópicos identificados na pesquisa e voltado a intervenções de estimulação cognitiva com supervisão de um cuidador formal.

Nesse modelo, o cuidador assume o papel de usuário principal do aplicativo, sendo responsável pelo cadastro dos pacientes, pela seleção e inicialização dos jogos e pelo registro de observações ao final das sessões. O sistema também permite que o cuidador organize intervenções envolvendo mais de um paciente por sessão.

O autor define os jogos disponibilizados no aplicativo, especificando suas características, progressão de dificuldade, regras de avanço, instruções e formas de retorno ao usuário. Os jogos propostos são:

- **Jogo da Atenção:** Identificação de fotografias corretas em sequência, com aumento progressivo da dificuldade por meio do número de estímulos e da velocidade, utilizando sons e cores como retorno.
- **Jogo de Inibição:** Seleção de palavras corretas entre múltiplas opções, com progressão baseada na limitação de erros e uso de estímulos visuais e sonoros para indicar acertos e falhas.
- **Jogo de Velocidade de Processamento:** Identificação de números em ordem crescente dispostos de forma não sequencial, com aumento gradual da complexidade e instruções apresentadas em formato textual e verbal.
- **Jogo de Cálculo Mental:** Resolução de operações matemáticas simples, alternando adição e subtração, com progressão controlada por número máximo de erros e retorno por sons e cores.

Conforme os objetivos definidos no trabalho, Duarte (2015) desenvolveu um protótipo baseado em sua pesquisa entre os cuidadores, e dessa forma propôs um modelo de ferramenta para a aplicação das intervenções.

Na dissertação de Duarte (2015), não se observa a personificação dos jogos para os idosos, conforme recomendado em outros trabalhos desta revisão, como Santos et al. (2020), Robert et al. (2014) e Eichhorn et al. (2020). Os jogos são pré-definidos e aplicados uniformemente a todos os usuários, cabendo aos cuidadores a mediação das frustrações, comportamentos observados e dos limites da intervenção, em consonância com as preocupações éticas apontadas por Smith (2023).

Jovanelli (2016) apresenta uma proposta de aplicativo voltado à prevenção da Doença de Alzheimer, com foco no acompanhamento multidisciplinar não farmacológico. A autora propõe a integração, em um único aplicativo, de funcionalidades

normalmente distribuídas em soluções distintas, contemplando atividades cognitivas, físicas, educacionais e de organização pessoal.

Entre as funcionalidades sugeridas estão práticas de meditação para redução do estresse, jogos voltados ao processamento cognitivo, lógica, memória e linguagem, cursos educacionais, atividades físicas sem uso de equipamentos, acompanhamento nutricional e recursos para organização e produtividade diária.

Embora o trabalho não apresente detalhes técnicos, diagramas ou especificações de implementação do aplicativo, sua relevância reside no levantamento de preocupações que extrapolam o treinamento cognitivo isolado, abrangendo hábitos e rotinas do paciente no contexto do tratamento não farmacológico da Doença de Alzheimer.

Adicionalmente, mesmo sem aprofundar aspectos de design de jogos ou prototipação segundo diretrizes da engenharia de software, a autora destaca a importância da coleta e agregação de dados relacionados aos hábitos dos pacientes, apontando um potencial relevante para pesquisas científicas, pouco explorado nos demais trabalhos analisados nesta revisão.

Panccioni (2017) desenvolveu uma plataforma online de treinamento cognitivo baseada em um jogo com enredo de viagem, no qual o usuário percorre um ambiente virtual e acessa microjogos voltados à estimulação cognitiva. Esse ambiente foi denominado SorrisoTur e teve como objetivo avaliar sua eficácia como ferramenta de treinamento cognitivo para idosos com Alzheimer em estágio leve.

O estudo foi caracterizado como transversal, experimental, qualitativo e quantitativo, com controle concorrente prospectivo, envolvendo 34 participantes, distribuídos entre sete idosos com Alzheimer em fase inicial, doze idosos saudáveis e quinze jovens saudáveis.

A eficácia da plataforma foi avaliada por meio de pré-testes e pós-testes utilizando índices da WAIS. O jogo era composto por um enredo principal de navegação que conduzia o usuário a dez minijogos, com níveis variados de dificuldade, baseados em quatro tipos principais de atividades cognitivas: memória com cartas, sequências de imagens e sons (Simon), quebra-cabeça e questionários. Na tabela 3 pode se observar a relação entre os jogos e os domínios cognitivos.

Tabela 3: Domínios cognitivos x jogos

Minijogo	Domínio Cognitivo
Memória (cartas)	memória, práxis, habilidades visuais-espaciais, habilidades construtivas, atenção e velocidade de processamento
Sequência de imagens e sons (Simon)	memória, práxis, habilidades visuais-espaciais, habilidades construtivas, atenção e velocidade de processamento
Quebra-cabeça (Puzzle)	memória, práxis, habilidades visuais-espaciais, habilidades construtivas, atenção e velocidade de processamento
Perguntas (QUIZ)	memória, práxis e linguagem

Fonte: Adaptado de Panccioni (2017).

Cada região do Brasil representada no jogo estava associada a dois minijogos, sendo cada jogo relacionado a domínios cognitivos específicos. As interfaces desenvolvidas incluíram o jogo da memória, o quebra-cabeça, o jogo Simon e o quiz Respondorama, voltado a conteúdos históricos apresentados ao longo do enredo.

Nos resultados obtidos com os idosos com Alzheimer, observou-se melhora nos índices formais, independentes e gerais, com tendência positiva entre os pré-testes e pós-testes, embora sem significância estatística suficiente para conclusões definitivas. Já entre idosos e jovens saudáveis, foram identificadas melhorias significativas nos Índices de Velocidade de Processamento e Organização Perceptiva, indicando o potencial dos jogos como estratégia profilática.

Um aspecto relevante do trabalho foi a coleta de dados relacionados aos hábitos dos pacientes, como gênero, idade, escolaridade, ocupação e interesse em leitura. Esses dados possibilitam mapear relações entre hábitos e desempenho cognitivo, convergindo com a proposta de acompanhamento multidisciplinar defendida por Jovanelli (2016).

No presente trabalho, realizou-se uma revisão da literatura sobre o uso de tecnologias digitais e jogos sérios no treinamento e na estimulação cognitiva de idosos com Alzheimer. A partir de buscas por palavras-chave e análise de resumos, foram inicialmente identificados 70 artigos, que, após filtragem por aderência ao tema, resultaram em 18 estudos relevantes, incluindo trabalhos como Nunes, Melo e Bonini (2023), Eichhorn et al. (2020), Robert et al. (2014), Santos et al. (2020), Kirsten (2019), Castiblanco et al. (2022), Smith (2023), Pinto e Garcia (2019), Benítez (2020), Camino-Pontes et al. (2023), Gambella et al. (2022), Duarte (2015), Jovanelli (2016) e Panccioni (2017).

A análise desses trabalhos evidencia uma tendência crescente no uso de tecnologias digitais para o tratamento e a estimulação cognitiva, abrangendo jogos eletrônicos, realidade virtual, aplicativos móveis e até *chatbots*. Destacam-se, de forma recorrente, a importância da personalização, da acessibilidade, da integração tecnológica e da avaliação contínua dos efeitos dessas intervenções.

Entretanto, também foram identificados alertas quanto ao uso indiscriminado dessas tecnologias, especialmente no que se refere ao diagnóstico precoce e ao risco de estigmatização, conforme discutido por Smith (2023), reforçando a necessidade de controle profissional, avaliação de eficácia e segurança.

Por fim, embora a personalização e a adaptação das tecnologias às necessidades individuais dos pacientes sejam amplamente reconhecidas como essenciais, conforme apontado por Nunes, Melo e Bonini (2023), Benítez (2020), Santos et al. (2020), Robert et al. (2014) e Eichhorn et al. (2020), observa-se que tais abordagens permanecem, na maioria dos trabalhos analisados, como propostas conceituais, não sendo efetivamente implementadas nas plataformas desenvolvidas.

2.2.3 Plataformas para Treinamento Cognitivo

Neste tópico do trabalho, observamos as ferramentas mencionadas na revisão de trabalhos equivalentes. Dentre as ferramentas observadas, estão:

- *Sea Hero Quest*, utilizado por Kirsten (2019), é um jogo com temática de mundo subaquático, no qual os jogadores precisam navegar por um labirinto de ilhas, usando habilidades de orientação espacial para encontrar o caminho para a saída. O jogo é proposto para pesquisas em demência e Alzheimer.

- *chatbots* foram utilizados por Pinto e Garcia (2019) com temáticas de apoio ao paciente com Alzheimer, oferecendo assistência e interação por meio de uma interface conversacional.

- *NeuronUP* é uma plataforma online de estimulação cognitiva. O banco de dados de desempenho dos usuários ao longo de um período de um ano foi analisado em um estudo realizado por Camino-Pontes et al. (2023).

- Ramos (2022) utilizaram o aplicativo *Wordwall*, uma plataforma de desenvolvimento de recursos educacionais, para criar um jogo interativo de estímulo cognitivo.

- Duarte (2015) desenvolveram seu próprio aplicativo de jogos chamado *Delaying Alzheimer* para iPad, destinado a intervenções de estimulação cognitiva para pacientes com Alzheimer.

- Panccioni (2017) desenvolveram uma plataforma online de treinamento cognitivo baseada em um jogo chamado *SorrisoTur*, voltada para idosos com Alzheimer.

Considerando a importância dessas plataformas como ferramentas correlatas a esta pesquisa, realizou-se uma pesquisa sobre plataformas online disponíveis, seus recursos e suas condições de uso.

Cada plataforma pesquisada desencadeou uma visita ao site do mantenedor para verificação da disponibilidade do serviço, onde todas as plataformas não disponíveis foram descartadas. Como resultado desta pesquisa, listamos 13 plataformas voltadas ao treinamento cognitivo que são potencialmente referências para o desenvolvimento desta pesquisa; essas plataformas listadas podem ser verificadas na tabela 4.

Tabela 4: Plataformas Online de Treinamento Cognitivo Disponíveis

Plataforma	Mídia	Pago
Brain+	Mobile/Web	Pago / Gratuito com Restrição
Brain Balance Centers	Web	Pago
Brainer Health	Web	Pago / Gratuito com Restrição
BrainHQ	Mobile/Web/PC	Pago / Gratuito com Restrição
Brainscape	Mobile/Web	Pago / Gratuito com Restrição
CogniFit	Mobile/Web	Pago / Gratuito com Restrição
Lumosity	Mobile/Web/PC	Pago / Gratuito com Restrição
Memorado	Mobile/Web	Pago
Mindware	Web	Pago / Gratuito com Restrição
Neuronation	Mobile/Web	Pago / Gratuito com Restrição
NeuronUP	Web	Pago
Peak	Mobile/Web	Pago / Gratuito com Restrição
Wordwall	Web	Pago / Gratuito com Restrição

Fonte: Oliveira et al. (2024)

Todas as plataformas identificadas como disponíveis e acessíveis são proprietárias e comerciais, oferecendo, em sua maioria, versões gratuitas com restrições de uso. Para fins de análise, foram levantadas características gerais a partir de informações disponibilizadas nos sites oficiais e nas descrições dos aplicativos nas lojas Apple Store e Google Play.

De modo geral, as plataformas analisadas têm como foco o treinamento de funções cognitivas como memória, atenção e velocidade de processamento, sendo desenvolvidas e mantidas por empresas privadas, predominantemente sediadas nos Estados Unidos e na Europa. Muitas delas apresentam grande número de usuários registrados e indicam tempos médios de uso diário entre 20 e 30 minutos, conforme dados divulgados por seus mantenedores.

Entre as plataformas apresentadas na tabela 5 com maior alcance estão Brain+, BrainHQ, Brainscape, CogniFit, Lumosity, Memorado, Neuronation e Peak, que oferecem jogos e exercícios cognitivos baseados em princípios de neurociência ou aprendizagem. Algumas, como Brainscape e Wordwall, possuem foco educacional mais amplo, enquanto outras, como Brain+ e CogniFit, se apresentam explicitamente como ferramentas de treinamento cognitivo ou saúde mental.

Plataformas como Brain Balance e MindWare não se caracterizam exclusivamente como ambientes digitais de treinamento cognitivo, mas foram incluídas por integrarem programas ou recursos voltados ao desenvolvimento de habilidades cognitivas, combinando atividades físicas, educacionais e digitais.

Em alguns casos, como Brainer Health e NeuronUP, não foram encontrados dados públicos detalhados sobre origem, número de usuários ou frequência de uso, limitando uma análise comparativa mais aprofundada. Ainda assim, a presença recorrente dessas plataformas em estudos científicos reforça sua relevância no contexto do treinamento cognitivo.

De forma geral, observa-se que, apesar da diversidade de ferramentas disponíveis, as plataformas analisadas compartilham características comuns: são fechadas, comerciais, com modelos de negócio baseados em assinaturas e com limitações de acesso na versão gratuita, restringindo sua utilização em contextos acadêmicos, de pesquisa colaborativa ou de personalização profunda das intervenções.

Tabela 5: Plataformas por foco e faixa etária

Plataforma	Foco	Faixa Etária
Brain+	Médico	Adultos, Idosos
Brain Balance Centers	Desenvolvimento Infantil	Crianças, Adolescentes
Brainer Health	Saúde Mental Corporativa	Ambiente Corporativo
BrainHQ	Médico	Adultos, Idosos
Brainscape	Educativo	Estudantes de todas as idades
CogniFit	Médico	Crianças, Adultos, Idosos
Lumosity	Médico	Adultos, Idosos
Memorado	Médico	Adultos, Idosos
Mindware	Educativo (Brinquedos/Jogos)	Crianças
Neuronation	Médico	Adultos, Idosos
NeuronUP	Médico (Reabilitação Neuropsicológica)	Profissionais de Saúde, Pacientes
Peak	Médico	Adultos, Idosos
Wordwall	Educativo	Educadores, Estudantes

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a análise dos sites oficiais e das descrições nas lojas de aplicativos, observou-se que poucas plataformas permitem algum nível de customização. Brainscape e Wordwall destacam-se pela possibilidade de personalização de conteúdos, especialmente por meio de questões e *flashcards*, com foco predominantemente educacional.

No contexto de reabilitação neuropsicológica e treinamento cognitivo, CogniFit e NeuronUP permitem, em suas versões pagas, que profissionais da saúde realizem ajustes limitados nos exercícios, adequando-os parcialmente às necessidades individuais dos pacientes.

Ainda assim, todas essas soluções são proprietárias e fechadas, restritas a modelos comerciais, geralmente baseadas em estratégias massificadas e com acompanhamento centrado principalmente em métricas de acerto e conclusão das atividades.

Observa-se também que a maioria dessas plataformas possui mais de uma década de desenvolvimento, indicando uma demanda contínua por recursos digitais de treinamento cognitivo e um aumento gradual da maturidade do tema. Entretanto, todas as ferramentas disponíveis são comerciais, evidenciando uma lacuna de iniciativas mantidas pelo meio acadêmico ou por comunidades de código aberto.

A existência de soluções abertas, nos moldes do Moodle para educação a distância ou da Gnuteca para gestão de bibliotecas, poderia ampliar o acesso, a colaboração científica e a evolução dessas tecnologias.

Com base nas descrições dos jogos e atividades disponíveis, buscou-se estabelecer uma relação entre as habilidades estimuladas por cada recurso e os domínios cognitivos destacados por Panccioni (2017), Nascimento e Figueiredo (2002) e Wechsler (1997).

Esse levantamento de plataformas foi fundamental para compreender o estado atual das ferramentas de treinamento cognitivo, sua aplicação nos trabalhos revisados e suas limitações, contribuindo diretamente para o levantamento de requisitos do modelo de plataforma proposto neste trabalho e para a relação entre tipos de jogos e habilidades cognitivas estimuladas.

2.2.4 Relação entre Habilidade Cognitiva e as Atividades nas Plataformas

A relação presente na tabela 3 destaca os jogos e os domínios cognitivos que eles estimulam, como atenção, memória e habilidades visuais-espaciais. Exemplos incluem jogos de memória, quebra-cabeças, Simon e quiz, que demonstram o impacto das mecânicas no desenvolvimento cognitivo. Já a Tabela 5 classifica as plataformas por seus focos e públicos-alvo.

Conforme apresentado, no tópico 2.2.1, a necessidade de classificação dos jogos dentro do domínio de pesquisa, nas relações entre jogos e habilidades cognitivas

apresentadas no tópico 2.2.2 realizou-se um fichamento das plataformas para mapear os recursos disponíveis. A categorização hierárquica abrange habilidades cognitivas gerais e específicas, jogos, atividades e as plataformas associadas, permitindo uma análise clara das capacidades trabalhadas em diferentes contextos de jogos.

Os conteúdos estão descritos nos tópicos 2.2.4.1 e 2.2.4.7, priorizando uma organização sintética e estruturada, que preserva a identificação das áreas cognitivas e suas relações com jogos, atividades e plataformas, orientando os jogos que serão desenvolvidos e acoplados à plataforma.

2.2.4.1 Atenção

Atenção Dividida

Jogos:	jogos de atenção, coordenação e multitarefas;
Atividades:	execução simultânea de múltiplas tarefas;
Plataformas:	Brain Balance, BrainHQ, Brainscape, CogniFit, Lumosity, Neuronation, Peak, Wordwall.

Atenção Seletiva

Jogos:	caça-palavras, encontre as diferenças, treinamento físico;
Atividades:	foco em estímulos específicos, categorização, seguimento de instruções e identificação de padrões;
Plataformas:	Brain+, Brain Balance, BrainHQ, Brainscape, CogniFit, Lumosity, Memorado, Neuronation, Peak, Wordwall.

Atenção Sustentada

Jogos:	jogos de atenção, equilíbrio e sequências;
Atividades:	manutenção prolongada do foco atencional;
Plataformas:	Brain Balance, BrainHQ, Brainscape, CogniFit, Lumosity, Neuronation, Peak, Wordwall.

2.2.4.2 Flexibilidade Cognitiva

Adaptação a Mudanças

Jogos:	jogos de raciocínio;
Atividades:	adaptação a novas regras, busca de soluções alternativas e pensamento criativo;
Plataformas:	Brain+, Memorado.

Flexibilidade Cognitiva

Jogos:	jogos de estratégia e mudança de regras;
Atividades:	alteração de estratégias e perspectivas conforme a demanda;
Plataformas:	BrainHQ, Brainscape, CogniFit, Lumosity, Neuronation, Peak, Wordwall.

2.2.4.3 Linguagem

Compreensão Auditiva

Jogos:	jogos de escuta e quiz sonoro;
Atividades:	compreensão de histórias, respostas a perguntas e identificação de palavras;
Plataformas:	Brain+, BrainHQ, Brainscape, CogniFit, Lumosity, Memorado, Neuronation, Peak, Wordwall.

Compreensão Visual

Jogos:	jogos de leitura e charadas visuais;
Atividades:	interpretação de textos, palavras e gráficos;
Plataformas:	BrainHQ, Brainscape, CogniFit, Lumosity, Neuronation, Peak, Wordwall.

Expressão Escrita

Jogos:	cruzadinhas e jogos de ortografia;
Atividades:	escrita de palavras, frases e histórias;
Plataformas:	BrainHQ, Brainscape, CogniFit, Lumosity, Neuronation, Peak, Wordwall.

Expressão Oral

Jogos:	jogos de linguagem e narração;
Atividades:	repetição de palavras, narrativa oral e respostas verbais;
Plataformas:	BrainHQ, Brainscape, CogniFit, Lumosity, Neuronation, Peak, Wordwall.

2.2.4.4 Memória

Memória de Curto Prazo

Jogos:	jogos de memória, encaixe, construção e quebra-cabeças;
Atividades:	memorização de palavras, imagens, objetos e sequências;
Plataformas:	Brain+, Brain Balance, BrainHQ, Brainscape, CogniFit, Lumosity, Memorado, MindWare, Neuronation, Peak, Wordwall.

Memória de Longo Prazo

Jogos:	jogos de memória, narrativas e sequenciamento;
Atividades:	memorização de nomes, datas, eventos e locais;
Plataformas:	Brain Balance, BrainHQ, Brainscape, CogniFit, Lumosity, Neuronation, Peak, Wordwall.

Memória Espacial
Jogos: jogos de memória, labirintos e mapas;
Atividades: localização espacial de objetos e pessoas;
Plataformas: BrainHQ, Brainscape, CogniFit, Lumosity, Neuronation, Peak, Wordwall.

2.2.4.5 Pensamento Criativo

Pensamento Criativo
Jogos: jogos de criatividade;
Atividades: geração de novas ideias;
Plataformas: Brain Balance.

2.2.4.6 Raciocínio

Raciocínio Espacial
Jogos: jogos de construção, organização e raciocínio;
Atividades: orientação e organização espacial;
Plataformas: BrainHQ, Brainscape, CogniFit, Lumosity, Neuronation, Peak, Wordwall.

Raciocínio Lógico
Jogos: puzzles e problemas lógicos;
Atividades: resolução de problemas e tomada de decisão;
Plataformas: Brain+, Brain Balance, BrainHQ, Brainscape, CogniFit, Lumosity, Memorado, Neuronation, Peak, Wordwall.

Raciocínio Matemático
Jogos: quizzes e jogos de cálculo;
Atividades: resolução de problemas matemáticos;
Plataformas: BrainHQ, Brainscape, CogniFit, Lumosity, Neuronation, Peak, Wordwall.

2.2.4.7 Tomada de Decisão

Avaliação de Informações
Jogos: jogos de raciocínio;
Atividades: análise de informações e escolha de alternativas adequadas;
Plataformas: Brain+, Memorado.

2.2.5 Desenvolvimento de Jogos

O desenvolvimento de jogos digitais é um conceito amplo e multidisciplinar, envolvendo diversas áreas do conhecimento, como programação, design, narrativa e interação humano-computador. O processo de criação de jogos tem evoluído significativamente, tanto em termos técnicos quanto em complexidade. Segundo Adams e Rollings (2003), o desenvolvimento de jogos requer uma abordagem estruturada que integra mecânicas, estética, narrativa e tecnologia em um sistema coeso.

Os jogos não se limitam ao entretenimento, expandindo-se para áreas como saúde, educação e treinamento profissional (Freitas; Maharg, 2011). Em particular, o uso de jogos digitais em contextos educativos e terapêuticos é amplamente discutido por Duarte et al. (2015), que destaca seu potencial para engajar e motivar usuários em processos de aprendizagem e reabilitação cognitiva.

De acordo com Salen e Zimmerman (2004), o design de jogos constitui uma prática iterativa que envolve prototipagem, testes, iteração e refinamento, com o objetivo de proporcionar experiências significativas aos jogadores. Essas experiências são construídas a partir de regras e mecânicas que definem a interação do jogador com o sistema, aspecto que Vasconcelos (2014) descreve como um dos pilares do design de jogos sérios.

Dessa forma, esta seção apresenta um panorama do processo de desenvolvimento de jogos digitais, abordando desde as fases iniciais de concepção e prototipagem até a documentação necessária à gestão de projetos, como o *Game Design Document* (*Game Design Document* (GDD)), fundamental para garantir coesão e clareza ao longo de todo o ciclo de vida do projeto (Kramarzewski; Nucci, 2018).

Os jogos podem ser classificados segundo critérios como gênero, mecânica, dimensão gráfica, perspectiva, tipo de jogabilidade e controles, plataforma, público-alvo e usabilidade. Essa classificação contribui para uma compreensão mais aprofundada das experiências oferecidas, auxiliando tanto no desenvolvimento quanto na seleção de jogos adequados a diferentes públicos e finalidades.

2.2.5.1 Gêneros e Mecânicas de Jogos

Os gêneros de jogos desempenham papel central na classificação das experiências oferecidas pelos jogos digitais, pois definem o tipo de interação, narrativa e desafio enfrentados pelos jogadores. Cada gênero apresenta características próprias que influenciam diretamente a jogabilidade e o impacto emocional do jogo.

Segundo Kramarzewski e Nucci (2018), os gêneros podem ser organizados em categorias principais, como ação, aventura, *Role-Playing Game* (RPG) (*Role-Playing Game*), estratégia, simulação, quebra-cabeça, corrida, luta, horror e jogos de música.

Essas categorias podem ser subdivididas em subgêneros, detalhando diferenças nas mecânicas e temáticas empregadas.

Os jogos de ação, por exemplo, concentram-se em desafios que exigem reflexos rápidos e tomadas de decisão imediatas. Conforme Freitas e Maharg (2011), esses jogos são projetados para proporcionar experiências intensas e envolventes, figurando entre os gêneros mais populares desde os primórdios dos jogos eletrônicos.

Em contraste, os jogos de aventura caracterizam-se pela exploração de ambientes, resolução de quebra-cabeças e progressão narrativa. Salen e Zimmerman (2004) destaca que esse gênero promove forte senso de imersão, incentivando o envolvimento profundo do jogador com a história.

Os RPGs permitem que os jogadores assumam papéis de personagens fictícios em mundos narrativos complexos. Segundo (Kramarzewski; Nucci, 2018), esse gênero favorece o desenvolvimento de habilidades, a exploração de ambientes virtuais extensos e a tomada de decisões que influenciam o curso da narrativa.

Os jogos de estratégia desafiam os jogadores a planejar e executar táticas para alcançar objetivos específicos. Esses jogos podem ser classificados em estratégia em tempo real (*Real-Time Strategy* (RTS)) ou por turnos (*Turn-Based Strategy* (TBS)), conforme descrito por (Duarte et al., 2015), sendo amplamente utilizados tanto para entretenimento quanto para fins educativos.

O gênero de simulação busca reproduzir aspectos da vida real ou de sistemas específicos. Jogos como *The Sims* exemplificam essa proposta, permitindo ao jogador experimentar cenários variados e controlar ambientes virtuais Freitas e Maharg (2011).

Os jogos de quebra-cabeça são projetados para desafiar o raciocínio lógico por meio de enigmas e problemas estruturados. Esses jogos são valorizados por sua capacidade de estimular habilidades cognitivas, conforme apontado por Salen e Zimmerman (2004).

Os gêneros de corrida e luta oferecem experiências competitivas e de alto impacto. De acordo com Kramarzewski e Nucci (2018), os jogos de corrida exploram a adrenalina da velocidade, enquanto os jogos de luta se concentram em combates diretos entre personagens.

O gênero de horror busca provocar emoções de medo e suspense, utilizando elementos narrativos e de design para criar atmosferas tensas e envolventes Vasconcelos (2014). Esses jogos são frequentemente empregados para explorar temas psicológicos e sociais.

Por fim, os jogos de música e ritmo propõem interações sincronizadas com trilhas sonoras, promovendo experiências lúdicas e criativas, como destacado por (Kramarzewski; Nucci, 2018).

Em conjunto, esses gêneros contribuem para a diversidade de experiências oferecidas pelos jogos digitais, possibilitando a adequação dos jogos às preferências

dos usuários e às diferentes finalidades de uso.

Dormans (2012) definem cinco categorias principais de mecânicas de jogos que são utilizadas para estruturar e projetar jogos de maneira mais eficaz. Essas categorias são:

- Física: Inclui mecânicas de movimento, colisão, simulação de gravidade, entre outras. São comuns em jogos de ação, esportes e simulação.
- Economia: Relaciona-se ao gerenciamento de recursos, como moedas, saúde, energia, e é comum em RPGs e jogos de estratégia.
- Progressão: Inclui elementos que determinam como o jogador avança no jogo, como desbloqueio de fases, missões e objetivos.
- Manobra Tática: Refere-se ao posicionamento estratégico de unidades ou personagens no ambiente de jogo para obter vantagens táticas.
- Interação Social: Envolve mecânicas que promovem a interação entre jogadores, como troca de itens, formação de alianças e comunicação.

Essas mecânicas estão relacionadas diretamente ao design de jogos e influenciam como o jogador interage com o sistema. A tabela 6 apresenta a relação entre mecânicas principais e gêneros de jogos mais comuns.

Tabela 6: Mecânicas de Jogo e Gêneros de Jogo

Gêneros de Jogos	**Físicas**	**Econômicas**	**Progressão**	**Ação/Tático**	**Interação Social**
Ação	Física detalhada para movimento, disparo, salto, etc.	Coleta de recursos, itens e vidas	Missões com dificuldade crescente	Posicionamento de unidades para vantagens táticas	Ações coordenadas entre jogadores
Estratégia	Física simples para movimento e combate	Construção de unidades, coleta e uso de recursos	Cenários que oferecem novos desafios	Posicionamento de unidades ofensivas e defensivas	Ações coordenadas e alianças

Tabela 6: Mecânicas de Jogo e Gêneros de Jogo 6

Gêneros de Jogos	Físicas	Econômicas	Progressão	Posicionamento Tático	Interação Social
RPG	Física relativamente simples para resolver conflitos	Equipamento e experiência para personalizar personagens	História e missões que guiam o jogador	Táticas de grupo	Interpretação de papéis
Esportes	Simulação detalhada	Gestão de equipes	Temporadas, competições e torneios	Táticas de equipe	Táticas de equipe
Simulação de Veículos	Simulação detalhada	Ajuste de veículos entre missões	Missões, corridas e desafios		
Simulação de Gestão	Simulação detalhada	Gestão de recursos e economia	Cenários com novos desafios		
Aventura	Simples, com desafios físicos não realistas	Gestão de inventário	História que guia o jogador		
Quebra-Cabeça	Simples, desafios de física gerados	Coleta e uso de recursos	Níveis curtos com desafios crescentes		
Jogos Sociais	Coleta de recursos e construção de unidades	Troca de recursos entre jogadores	Missões e desafios para alcançar objetivos		Troca de recursos e interação social

Fonte: Adaptado de Adams e Dormans (2012).

Kramarzewski e De Nucci (2018) destacam que os gêneros de jogos são mais informativos do que temas ou configurações narrativas. Enquanto filmes podem ser

classificados principalmente por tema, como comédia ou romance, os jogos demandam uma classificação mais robusta, que considere o tipo de jogabilidade envolvida. Segundo os autores, gêneros como jogos de tiro em primeira pessoa *First-Person Shooter* (FPS), jogos de plataforma, RPG, esportes, *Massively Multiplayer Online* (MMO) e jogos de estratégia são amplamente reconhecidos tanto por desenvolvedores quanto por jogadores Kramarzewski e Nucci (2018).

Os autores ressaltam que muitos jogos bem-sucedidos são construídos a partir de mecânicas familiares, adaptadas e refinadas para criar experiências inovadoras. Defendem que o papel do designer de jogos não é reinventar mecânicas a cada projeto, mas aprimorar e adequar mecânicas existentes aos objetivos do jogo. Essa abordagem permite manter o foco na experiência do jogador, equilibrando familiaridade e inovação Kramarzewski e Nucci (2018).

Dessa forma, observa-se uma relação direta entre mecânica e gênero, sendo possível que um mesmo gênero utilize múltiplas mecânicas. Os autores deixam claro que a mecânica não é um elemento estático, mas está em constante evolução, podendo sofrer variações significativas ao longo do tempo. As mecânicas podem ser adaptadas, refinadas ou combinadas para criar experiências únicas, conforme descrito por Dormans (2012) e reforçado por Kramarzewski e Nucci (2018).

A escolha das mecânicas adequadas depende diretamente dos objetivos do projeto e do público-alvo. É fundamental que o designer tenha clareza sobre as experiências que deseja proporcionar e sobre como as mecânicas contribuem para essa proposta. Além disso, essas mecânicas devem ser continuamente testadas e ajustadas ao longo do desenvolvimento, garantindo alinhamento com a narrativa, a jogabilidade e o nível de desafio pretendido.

2.2.5.2 Dimensões Gráficas e Perspectivas

Os jogos digitais variam quanto às suas dimensões gráficas, sendo comumente classificados em 2D (bidimensionais), 3D (tridimensionais) e 2.5D (híbridos). Além da dimensão gráfica, a perspectiva adotada influencia diretamente a forma como o jogador visualiza e interage com o mundo do jogo.

Segundo Kramarzewski e Nucci (2018), jogos em 2D utilizam apenas as coordenadas de largura e altura, sendo recorrentes em dispositivos móveis e em plataformas com limitações de hardware. Essa abordagem privilegia a simplicidade e a eficiência, facilitando o desenvolvimento de mecânicas claras e sendo especialmente adequada a jogos sérios.

Conforme Jarvinen (2008), jogos em 3D incorporam um eixo adicional de profundidade, proporcionando maior realismo e imersão. Entretanto, essa dimensão também aumenta a complexidade dos ambientes virtuais e as demandas de processamento, sendo mais comum em simuladores e jogos de mundos abertos.

A dimensão híbrida 2.5D combina elementos gráficos bidimensionais com perspectivas isométricas ou vistas superiores. De acordo com Dormans (2012), essa técnica permite criar cenários visualmente ricos sem a necessidade de processamento gráfico intensivo, estabelecendo um equilíbrio entre a simplicidade do 2D e características dinâmicas do 3D.

No que se refere às perspectivas, Freitas e Maharg (2011) identifica como principais a primeira pessoa, a terceira pessoa, a isométrica e a vista superior. A escolha da perspectiva exerce impacto direto na experiência do jogador e na forma como as mecânicas são percebidas.

A perspectiva em primeira pessoa posiciona a visualização a partir do ponto de vista do personagem, promovendo um alto grau de imersão. Essa abordagem é amplamente utilizada em simuladores e jogos do gênero FPS. Já a perspectiva em terceira pessoa posiciona a câmera atrás do personagem, oferecendo uma visão mais ampla do ambiente e favorecendo a conexão do jogador com o avatar.

As perspectivas isométrica e de vista superior proporcionam uma visão panorâmica do cenário, facilitando o planejamento e a tomada de decisões estratégicas. Essas abordagens são comuns em jogos de estratégia e RPGs, nos quais a gestão de recursos e a exploração do ambiente desempenham papel central.

No contexto de jogos sérios, especialmente em aplicações educacionais e terapêuticas, a clareza visual e a simplicidade de navegação tornam-se aspectos fundamentais. Conforme discutido por Freitas (2022), a escolha da dimensão gráfica e da perspectiva deve considerar o público-alvo e os objetivos propostos, priorizando acessibilidade e usabilidade, particularmente em jogos voltados a idosos ou pessoas com comprometimento cognitivo.

Segundo Gomes (2021), jogos em 2D apresentam maior compatibilidade com resoluções mais baixas e menor sobrecarga visual, favorecendo a compreensão das informações e a navegação intuitiva. Essas características os tornam adequados para dispositivos com menor capacidade de processamento e para contextos em que se busca reduzir a carga cognitiva do usuário.

A tabela 7 apresenta as principais características dessas plataformas são:

Tabela 7: Plataformas de Jogos Digitais e suas Descrições

Plataforma	Descrição
Dispositivos Móveis	Inclui smartphones e tablets. Representa uma plataforma amplamente utilizada devido à sua portabilidade e acessibilidade. Jogos desenvolvidos para essa plataforma geralmente possuem interfaces adaptadas para controles por toque.
Computadores Pessoais (PCs)	Oferecem personalização de hardware e suporte a periféricos variados, como teclados, mouses e controles. Permitem a execução de jogos com diferentes configurações gráficas e distribuição por meio de lojas digitais como Steam.
Navegadores Web	Permitem o acesso a jogos diretamente por meio de links, sem necessidade de instalação. Utilizam tecnologias como HTML5, JavaScript e WebGL para criar experiências interativas.
Consoles	Dispositivos desenvolvidos especificamente para jogos eletrônicos, como PlayStation, Xbox e Nintendo Switch. Oferecem uma experiência padronizada em termos de hardware e software.

Fonte: Elaborada pelo Autor.

2.2.5.3 Tema / Enredo

O contexto narrativo que orienta a experiência do jogador é conhecido como tema ou enredo. Segundo Adams e Rollings (2003), a narrativa é um dos elementos que mais influenciam a imersão e o engajamento do jogador.

Os enredos em jogos digitais são classificados como lineares e não lineares. Conforme Freitas e Maharg (2011), enredos lineares seguem uma sequência de eventos pré-determinada, onde o jogador tem pouca ou nenhuma influência no desenrolar da história. Esse tipo de enredo pode ser construído a partir de diferentes gêneros narrativos, como fantasia, ficção científica, histórico e realista.

Os enredos não lineares oferecem a possibilidade de decisões que afetam o desdobramento da história. Segundo Juul (2010), essa estrutura narrativa permite múltiplos caminhos e finais, oferecendo uma experiência única a cada jogada.

Segundo Gomes (2021), os jogos sérios utilizam enredos que contextualizam situações do cotidiano, promovendo reflexões e desenvolvimento de habilidades práticas.

Porém no caso de jogos casuais, geralmente apresentam temas ou enredos

simples e diretos, sem aprofundamento narrativo. Conforme descrito por Freitas e Maharg (2011), esses jogos possuem “tarefas fáceis de executar, poucas regras e objetivos claros”, tornando-se acessíveis para diversos públicos e populares por sua simplicidade.

2.2.5.4 Usabilidade

A usabilidade em jogos envolve aspectos como público-alvo, jogabilidade e controles. Esses fatores determinam como o jogador interage com o jogo e sua experiência geral. Conforme Duarte et al. (2015), jogos bem projetados têm controles intuitivos e ajustáveis, garantindo acessibilidade a diversos tipos de jogadores.

Considerando o público-alvo, formado por jogadores idosos com leve disfunção cognitiva, com idade acima de sessenta anos, é necessário focar em suas demandas, restrições e necessidades, que apresentam-se distintas quando comparadas ao foco quanto a jogadores jovens. (Souza; Trevisan, 2014)

O envelhecimento vem acompanhado de limitações cognitivas e físicas, e muitos idosos não veem razões para se envolver com jogos digitais, seja por falta de familiaridade com a tecnologia ou por não reconhecerem os benefícios potenciais. Ao considerar as motivações, preferências e o nível de conforto dos idosos com a tecnologia, é possível criar experiências de jogo mais envolventes e benéficas para essa faixa etária.

Essas limitações comuns nessa fase etária, como problemas de visão, audição ou destreza manual, aqui estão algumas considerações e soluções que podem ser implementadas no desenvolvimento de jogos, como tamanho e estilo das fontes, contraste que permita distinguir limites e áreas de objetos, ícones grandes e intuitivos quanto às suas ações e objetos, ajuste de som e volume, diálogos simples e didáticos, modos de toque único em vez de gestos complexos, objetos que não requerem precisão de apontamento, velocidade do jogo não desafiadora, disponibilidade de descrição clara sobre os controles e mecânicas do jogo ou mesmo.

Porto e Rezende (2016), Farias e Landim (2018) Farias e Landim (2019b) e Farias e Landim (2019a)), apresentam que essas dificuldades exigem que os designers considerem adaptações específicas para tornar aplicativos ou jogos mais acessíveis e inclusivos.

Problemas de visão comuns na terceira idade, como a presbiopia, caracterizada pela piora da visão que acontece naturalmente com o avançar da idade, reduzem a capacidade de leitura em telas digitais. Estudos destacam que fontes maiores, com no mínimo 16pt para textos principais, e estilos tipográficos simples, como Arial ou Helvetica, melhoram significativamente a legibilidade ((Farias; Landim, 2019b)). Além disso, o espaçamento entre caracteres e palavras deve ser ajustado para evitar o efeito de aglomeração, do inglês *Crowding Effect*, que dificulta a leitura devido ao

agrupamento visual excessivo (Farias; Landim, 2018). Como forma de atuar sobre esse problema, recomenda-se que o uso de fontes maiores e legíveis seja crucial para a terceira idade, como fonte entre 18pt e 24pt para títulos de destaque, fonte mínima de 16pt para corpo de textos principais e fonte mínima de 14pt para notas ou legendas.

Para facilitar a distinção de elementos de tela, o contraste de cores adequado entre texto e o fundo é fundamental. Combinações de alto contraste, como preto sobre branco ou amarelo sobre preto, e cores primárias, são eficazes para aumentar a visibilidade ((Farias; Landim, 2019a)). Além disso, a definição clara de limites e áreas de objetos na interface auxilia na navegação intuitiva. Ícones tornam-se cruciais para a navegação de jogos e devem ser projetados para serem grandes, visíveis e facilmente compreensíveis. Imagens que representam ações de forma clara.

Mesmo em condições de comunicação não verbal ou sonora, a complexidade dos diálogos pode apresentar uma barreira para idosos. Pra isso, recomenda-se textos claros, curtos e diretos. Instruções curtas e passo a passo, apresentadas de maneira visual ou auditiva, auxiliam na compreensão e evitam frustrações ((Farias; Landim, 2019b)).

Controles elaborados e com muitas opções podem ampliar as limitações motoras de um idoso, principalmente quando apresentam tremores ou artrite, dificultando as interações que exigem precisão ou gestos complexos. Interfaces devem priorizar toques únicos em áreas amplas, minimizando a necessidade de arrastar ou clicar em pequenos alvos (Porto; Rezende, 2016).

Farias e Landim (2019b) evidencia que, assim como os controles, mesmo em telas de toque único, outros elementos interativos devem ser projetados com áreas de toque amplas e espaçadas, permitindo o uso confortável sem a necessidade de movimentos precisos.

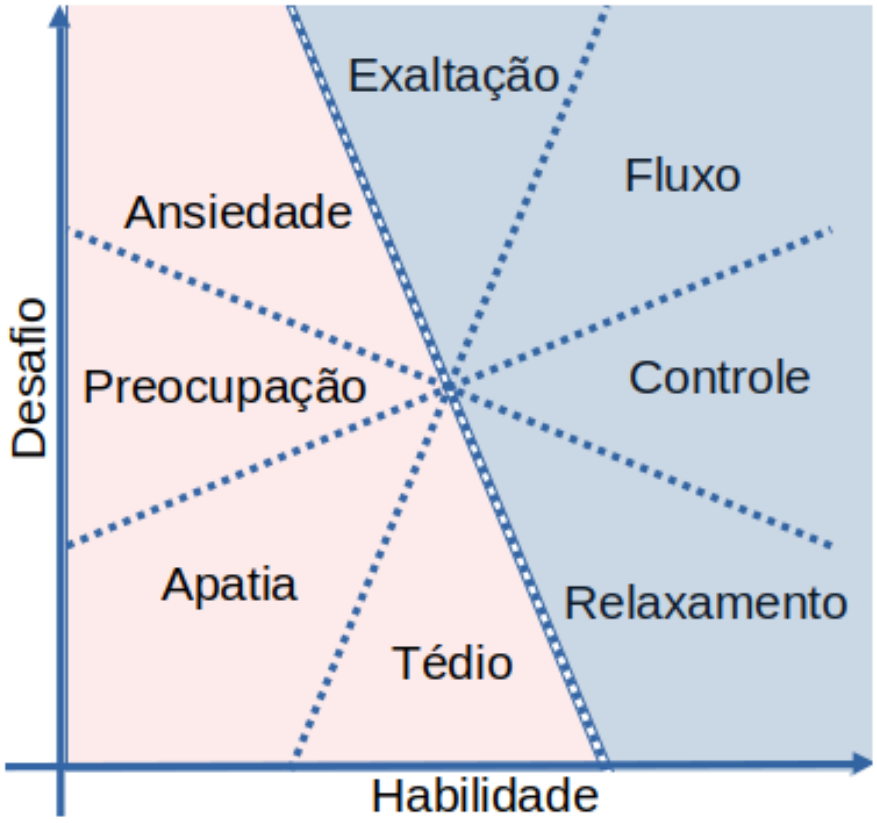
(Porto; Rezende, 2016) identifica que devem ser evitados jogos que exijam respostas rápidas ou que apresentem temporizadores curtos, sendo desafiadores para idosos. Oferecer modos ajustáveis de velocidade e ritmo, ou mesmo eliminar temporizadores, promove uma experiência mais relaxante e acessível.

A questão de como a disponibilização de descrições claras sobre os controles e as mecânicas do jogo, seja por meio de tutoriais interativos ou guias simples, assegura que os jogadores compreendam plenamente como interagir com o jogo (Farias; Landim, 2019a).

Considerando que muitos idosos são só parcialmente incluídos digitalmente, jogos com designs simples facilitam o entendimento, bem como jogos casuais apresentam regras claras e mecânicas de jogo diretas, tornando-os acessíveis. Porém, pode ser necessário suporte presencial até que o idoso crie experiência e habilidade com o jogo e dispositivos.

A ideia é um designer e uma mecânica simples o suficiente que atenda o objetivo do jogo, visando não se sentirem sobrecarregados. Aplicando-se aqui a teoria do Fluxo proposta por Csikszentmihalyi (1991),demonstrada na figura 3, existe um balanceamento entre o desafio e as habilidades dos jogadores, pois, se aumentado o desafio acima das habilidades do jogador, é gerado um sentimento de frustração e tende ao abandono do desafio. Em contrapartida, se as habilidades estiverem muito acima do desafio, a tendência é a apatia e tédio, gerando também grande possibilidade de abandono.

Figura 3: Teoria do Fluxo



Fonte: Traduzido e Adaptado de Csikszentmihalyi (1991).

Conforme a teoria do Flow representada na figura 3, e considerando também o trabalho de (Souza; Trevisan, 2014), identificam-se que jogos com gêneros casuais, geralmente permitem sessões de jogo mais curtas, são normalmente menos competitivos, oferecem recompensas frequentes, reforçando a sensação de realização. Jogos casuais normalmente possuem design simples e maior compatibilidade de dispositivos, reduzindo as restrições técnicas. Indicando como uma boa escolha aplicar o gênero casual aos jogos desenvolvidos.

2.2.5.5 Processos de Desenvolvimento de Jogos

Os processos de desenvolvimento de jogos envolvem etapas como concepção, prototipagem, produção, testes e lançamento. Segundo Salen e Zimmerman (2004), cada etapa exige colaboração entre diferentes áreas de conhecimento e utilização de ferramentas específicas para garantir a qualidade do produto final.

Processo de criação e desenvolvimento de um jogo é amplamente conhecido como designer de jogos, em inglês *game design*, abrangendo elementos como narrativa, mecânicas, jogabilidade, progressão e experiência do usuário. De acordo com Jarvinen (2008), o game design envolve não apenas a definição de regras e sistemas que determinam o jogo, mas o planejamento da interação do jogo com o jogador e seus desafios propostos.

Segundo Kramarzewski e Nucci (2018), o processo de design de jogos deve considerar uma abordagem estruturada, garantindo que todos os aspectos do jogo estejam interligados de maneira coesa, desde a narrativa até as mecânicas, essencial para proporcionar uma experiência imersiva e significativa.

Dentro do escopo do designer de jogos, destaca-se a importância dos documentos que formalizam o planejamento e detalham os itens de desenvolvimento. Entre esses documentos, amplamente utilizado como ferramenta de referência.

Inicialmente, os GDD eram apresentados com modelos fixos pré-definidos pela comunidade, mas, com o avanço das metodologias de desenvolvimento, a documentação passou a ser mais dinâmica e adaptável, onde vários desenvolvedores propuseram diferentes modelos de GDD para atender às necessidades de projetos com escopos variados, desde jogos sérios, focados em educação e treinamento (Vasconcellos; Carvalho, 2022), até *advergames*, desenvolvidos como ferramentas de marketing para divulgar marcas ou produtos (Carvalho; Gomes, 2016), e *game jams*, eventos colaborativos de prototipagem rápida (Jarvinen, 2008).

Vasconcellos e Carvalho (2022) apresentam um formato simplificado de GDD, voltado especificamente para o desenvolvimento de jogos sérios. Com foco em elementos como retórica procedimental, transmitindo mensagens através da própria mecânica do jogo, e uma estrutura modular baseada em perguntas e respostas, onde apresenta uma abordagem prática e acessível, especialmente útil em projetos educacionais, terapêuticos ou voltados para a pesquisa científica, facilitando a documentação para desenvolvedores iniciantes.

Motta e Junior (2013) caracteriza o *Short Game Design Document* (SGDD) como uma proposta de documentação reduzida, ideal para projetos com escopo de curto prazo ou de recursos limitados, como *advergames* e *game jams*. onde há necessidade de simplificação do processo de documentação dos elementos essenciais do jogo, sem comprometer a clareza ou a coesão do projeto.

Indo ao encontro com Motta e Junior (2013), Carvalho e Gomes (2016), um modelo simples de GDD pode ser estruturado com foco nas principais características de jogabilidade, servindo como um guia prático para definir objetivos claros e mapear o design do jogo de forma acessível. O modelo é voltado para equipes independentes e projetos de pequeno porte, que demandam uma documentação objetiva e prática.

Apesar do crescimento da indústria de jogos e da incorporação de novas tecnologias, Carvalho e Gomes (2016) destacam que equipes menores enfrentam desafios diferentes das grandes produções. Em projetos menores, a documentação extensiva pode se tornar inviável, especialmente em ambientes de desenvolvimento dinâmicos, onde mudanças frequentes são comuns.

Carvalho e Gomes (2016) propõem então um modelo de GDD simplificado, que utiliza textos concisos e diagramas visuais para evitar leituras cansativas, facilitando o entendimento dos objetivos de design, especialmente para novos integrantes da equipe.

Considerando as principais características do estudo de Carvalho e Gomes (2016), o GDD simplificado deve conter a visão geral, uma descrição de narrativa e do ambiente, uma avaliação de concisão, uma análise clara sobre a jogabilidade, referências visuais sobre o designer e o desenvolvimento e uma análise sobre fatores mercadológicos e a estrutura da equipe. Dessa forma, podemos listar os detalhes destes pontos:

- Visão Geral: descrição geral sobre o jogo, incluindo o nome do jogo, gênero, resolução, requisitos mínimos, público-alvo, tecnologias utilizadas, informações sobre a equipe de desenvolvimento e outros aspectos considerados relevantes.
- Narrativa e Ambiente: Descrições relacionadas ambiente do jogo, incluindo a física, os personagens, elementos e o enredo do jogo.
- Concisão: Avalia o quão conciso é o documento, observando se as informações são apresentadas de maneira clara, com poucas palavras e sem repetições desnecessárias.
- Jogabilidade Clara: Analisa o quanto é possível imaginar o jogo em funcionamento enquanto se lê o documento. Este item verifica a clareza das mecânicas de jogo descritas.
- Referências Visuais: Observa a quantidade e a qualidade das referências visuais utilizadas no documento, como imagens e diagramas que ajudam a explicar diferentes aspectos do jogo.
- Mercado e Equipe: Verifica se o documento contém informações sobre a equipe de desenvolvimento, cronograma, descrição do público-alvo, riscos,

oportunidades, e informações relevantes ao mercado de jogos.

Esse modelo é adequado para projetos menores e facilita a compreensão dos objetivos do jogo, mantendo a documentação clara e acessível, mesmo para equipes com recursos limitados. Além disso, a simplicidade do documento permite que ele seja atualizado conforme o projeto evolui, alinhando-se às práticas ágeis de desenvolvimento.

2.2.5.5.1 Motores de Desenvolvimento de Jogos

Existem diversos motores de desenvolvimento de jogos, do inglês *game engines*. Esses motores são bases de bibliotecas de desenvolvimento que oferecem um conjunto de ferramentas para criar jogos digitais. Exemplos incluem *Unity*, *Unreal Engine*, *Godot*, entre outras ferramentas que servem de recursos pré-desenvolvidos para apoiar o desenvolvimento de jogos. A escolha do motor deve seguir os requisitos de plataformas, dimensões gráficas, perspectivas e linguagem de programação, que o desenvolvedor poderá considerar, por exemplo, se em consoles 3D, se para web em 2D, podendo ser mais aberto ou fechado em opções, algumas bem limitadas e outras mais abrangentes em recursos.

2.2.6 Critérios Tecnológicos para o Desenvolvimento do Sistemas de Treinamento Cognitivo

O desenvolvimento de sistemas digitais voltados ao treinamento cognitivo demanda a definição de critérios tecnológicos específicos, uma vez que essas aplicações se destinam a públicos com características particulares, como adultos maduros e idosos, incluindo indivíduos com comprometimento cognitivo leve ou Doença de Alzheimer em estágio inicial. Esses fatores impõem requisitos adicionais relacionados à usabilidade, acessibilidade, confiabilidade, segurança e sustentabilidade da solução ao longo do tempo.

A literatura aponta que sistemas voltados a esse público devem priorizar interfaces simplificadas, com navegação intuitiva e redução da carga cognitiva, evitando elementos visuais excessivos ou interações complexas. A previsibilidade do comportamento do sistema e a estabilidade da aplicação tornam-se aspectos críticos, pois falhas recorrentes, atrasos de resposta ou inconsistências podem comprometer tanto a experiência do usuário quanto a continuidade das atividades terapêuticas e de pesquisa.

Outro critério central refere-se à portabilidade e à compatibilidade com diferentes dispositivos. Sistemas de treinamento cognitivo são frequentemente utilizados em ambientes heterogêneos, como residências, clínicas, instituições de longa permanência e centros de pesquisa. Nesse contexto, soluções acessíveis por meio

de navegadores de internet apresentam vantagens relevantes, ao eliminarem a necessidade de instalação local, reduzirem dependências de bibliotecas específicas e ampliarem o alcance do sistema, mesmo em equipamentos com menor capacidade de processamento.

A segurança das informações constitui um aspecto fundamental, considerando que esses sistemas podem manipular dados sensíveis relacionados a usuários e a pesquisas científicas. Assim, os critérios tecnológicos devem contemplar mecanismos que assegurem a confidencialidade, a integridade e a disponibilidade dos dados, incluindo o uso de comunicação segura, controle de acesso e boas práticas consolidadas para ambientes distribuídos.

A manutenibilidade e a sustentabilidade da solução também se destacam como critérios essenciais, especialmente em projetos acadêmicos e científicos, que frequentemente operam sob restrições orçamentárias e dependem da colaboração de diferentes pesquisadores ao longo do tempo. Tecnologias amplamente adotadas, com documentação consolidada, comunidades ativas e suporte contínuo tendem a favorecer a continuidade do desenvolvimento, a correção de falhas e a evolução da solução, reduzindo custos de capacitação e infraestrutura.

Sob a perspectiva da engenharia de software, a definição desses critérios encontra respaldo em normas internacionais, como a ISO/IEC 12207, que estabelece diretrizes para processos de desenvolvimento e manutenção de software, e em modelos de qualidade que enfatizam atributos como usabilidade, eficiência, confiabilidade e portabilidade. Essas referências fornecem um arcabouço conceitual para orientar decisões tecnológicas de forma sistemática e alinhada às boas práticas da área.

No contexto da escolha de tecnologias para aplicações web, a análise de viabilidade econômica também se mostra relevante. Considerando requisitos comuns a serviços de hospedagem, como suporte a HTTPS com certificados SSL/TLS, banco de dados, alta disponibilidade, mecanismos de proteção contra ataques e transferência de dados adequada, observa-se que diferentes linguagens e ambientes apresentam custos significativamente distintos. A Tabela 8 apresenta uma comparação ilustrativa de custos mensais de hospedagem, considerando planos trianuais, utilizada como referência para discutir a sustentabilidade econômica de soluções web.

Tabela 8: Custo de hospedagem web.

Linguagem	Hospedagem	R$/Mês (Trianual)
.Net	br.intelhost.com	24,99
Java	king.host	43,56
PHP	hostinger.com.br	6,39
Python	king.host	12,50
Ruby	ycorn.com.br	8,90
NodeJs	king.host	8,63

Fonte: Elaborado pelo autor.

Na tabela 8 observa-se que, embora diferentes linguagens sejam teoricamente equivalentes do ponto de vista computacional, conforme discutido a partir do conceito de máquina de Turing, essa equivalência não se traduz de forma prática no desenvolvimento de sistemas complexos. Cada linguagem e ecossistema apresenta características próprias de sintaxe, bibliotecas, desempenho, segurança, facilidade de manutenção e custos associados à infraestrutura, o que torna a escolha tecnológica uma decisão contextual e dependente dos objetivos do sistema.

Além disso, estatísticas de adoção no mercado indicam que determinadas tecnologias possuem maior maturidade e ampla utilização, o que pode favorecer a sustentabilidade e a longevidade de sistemas acadêmicos. Linguagens e ferramentas amplamente utilizadas tendem a oferecer maior disponibilidade de profissionais capacitados, maior volume de material de suporte e compatibilidade com diferentes ambientes de hospedagem.

Dessa forma, os critérios tecnológicos discutidos nesta subseção estabelecem a base conceitual para a definição dos requisitos funcionais e não funcionais e para as decisões metodológicas adotadas no desenvolvimento de sistemas digitais de treinamento cognitivo. Ressalta-se que, neste estágio, não se busca antecipar a solução computacional específica, mas fornecer a fundamentação necessária para justificar, nos capítulos subsequentes, as escolhas realizadas no processo de desenvolvimento.

2.2.6.1 Rastreabilidade de Ações do Usuário

Quando um usuário interage com um jogo ou aplicativo digital, são produzidos dados que extrapolam aqueles diretamente previstos pelos requisitos funcionais e pelas regras de negócio. Padrões de cliques, tempos de resposta, áreas de interação e mudanças de foco podem indicar diferenças de usabilidade e comportamento, representando mais do que movimentos aleatórios e oferecendo indícios sobre processos cognitivos subjacentes.

Segundo Giroux et al. (2008), interações aparentemente simples, como cliques e

movimentos involuntários, podem fornecer uma janela de observação para estados mentais e comportamentos do usuário. De forma complementar, Wang, Varma e Prosperi (2018) apontam que a profundidade e a natureza dessas interações podem estar associadas a déficits cognitivos ou à evolução de condições neurológicas, especialmente quando múltiplos dispositivos ou sensores são utilizados para ampliar a coleta de dados adjacentes de uso.

Essa perspectiva é reforçada por estudos que destacam a capacidade de adaptar plataformas digitais com base no comportamento do usuário, promovendo experiências mais personalizadas e potencialmente mais eficazes. Nos trabalhos de Giroux et al. (2008) e Wang, Varma e Prosperi (2018), observa-se maior ênfase na responsividade imediata da ação tomada pelo sistema, em detrimento de análises mais profundas voltadas à descoberta de padrões de uso ao longo do tempo.

Ao investigar a análise de padrões de uso em dispositivos digitais, Miralles et al. (2020) indicam que esses dados podem revelar ações de usabilidade e permitir a identificação de diferentes subgrupos de usuários, fornecendo subsídios para intervenções psicológicas mais eficazes. Em consonância, Graham et al. (2020) destacam que a coleta sistemática de dados apresenta potencial para exceder significativamente a capacidade humana de aquisição e processamento manual de informações.

Entende-se, assim, que diferentes usuários apresentam semelhanças e diferenças em seus padrões pessoais de uso, e que a identificação de padrões equivalentes pode permitir, posteriormente, a organização de agrupamentos baseados em comportamentos. A combinação de ciência de dados com técnicas avançadas de engenharia da computação, conforme discutido por Tang et al. (2012), pode conduzir a descobertas relevantes ao considerar não apenas o que os usuários fazem, mas como realizam suas interações.

No contexto comercial, a coleta sistemática, o armazenamento e a análise de dados de comportamento de uso são amplamente empregados. Qaisi (2022) demonstram que empresas investem recursos significativos em técnicas de predição de preferências baseadas no comportamento de navegação dos usuários, direcionando investimentos a respostas mais alinhadas aos perfis identificados.

É importante ressaltar que este trabalho não tem como objetivo aplicar técnicas avançadas de análise de dados ou mineração de padrões de uso. Seu foco reside na aquisição e no armazenamento adequado desses dados, de forma sistemática, segura e responsável, possibilitando que, em trabalhos futuros, tais informações possam ser disponibilizadas para análises científicas mais aprofundadas.

Destaca-se, ainda, que nas plataformas e estudos sobre jogos digitais para treinamento cognitivo identificados na revisão da literatura, não foram encontradas menções explícitas ao registro sistemático, armazenamento ou análise de dados de

padrões de uso dos usuários. Essa lacuna evidencia a relevância da rastreabilidade como critério conceitual em plataformas com fins científicos.

Ao registrar dados de usabilidade, mesmo em interações simples baseadas em cliques, como frequência de interação, áreas clicadas, cliques assertivos ou errantes e entrada e saída de foco de elementos, constrói-se uma base potencial para análises futuras de rastreamento comportamental. A disponibilização desses dados para pesquisa assume especial importância no contexto de plataformas científicas, nas quais qualquer finalidade recreativa é considerada secundária.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo adotou uma abordagem exploratória-descritiva, com modelagem conceitual e prototipação, orientada à investigação e materialização de uma plataforma computacional voltada ao treinamento cognitivo de idosos, incluindo indivíduos com Doença de Alzheimer em estágio leve. Na fase exploratória, a investigação de estudos acadêmicos identificou características recorrentes do uso de jogos digitais aplicados ao treinamento cognitivo e de plataformas de gestão de jogos e usuários.

Essa abordagem está alinhada à definição de Marconi e Lakatos (2017), que destacam que estudos exploratório-descritivos visam descrever de forma ampla um fenômeno, articulando análises empíricas e teóricas, podendo incluir descrições quantitativas e qualitativas, com procedimentos de amostragem flexíveis, mantendo caráter representativo e sistemático.

A escolha dessa abordagem metodológica se justifica pela necessidade de compreender o fenômeno investigado de forma abrangente, combinando levantamento teórico, definição de requisitos e implementação de uma solução computacional que materialize, em nível funcional, os conceitos analisados. Para esse fim, realizou-se a construção de um modelo conceitual que organizou as informações e definiu diretrizes da estrutura proposta, exemplificando o modelo por meio do desenvolvimento de um protótipo funcional.

O estudo seguiu uma abordagem metodológica que combina elementos qualitativos e quantitativos, distribuída nas seguintes etapas:

- Revisão da literatura sobre a doença, seus impactos cognitivos, necessidades terapêuticas e o crescimento de apontamentos de casos entre idosos;
- Identificação de pesquisas que utilizam plataformas de treinamento cognitivo e análise dos recursos oferecidos por essas plataformas; para os estudos correlatos, foram extraídas informações sobre funcionalidades, impacto e limitações dos modelos existentes;
- Mapeamento de mecânicas de jogos e sua relação com funções cognitivas específicas; os dados coletados foram analisados qualitativamente para identificar padrões e tendências nos requisitos de jogos digitais aplicados ao treinamento cognitivo;
- Levantamento de diretrizes e recomendações para o desenvolvimento da plataforma e dos jogos, considerando as necessidades de usabilidade de idosos com Alzheimer leve;
- Formulação de um conjunto estruturado de requisitos funcionais e não funcionais;

- Elaboração de documentação técnica com diagramas UML, fluxogramas e estrutura da ferramenta computacional;
- Implementação de um protótipo de plataforma baseado nos requisitos e no modelo definidos;
- Realização de testes durante o desenvolvimento da plataforma.

Ressalta-se que a fundamentação conceitual empregada para decisões de arquitetura, tecnologias e critérios de sustentabilidade tecnológica foi estabelecida previamente (ver Seção 2.2.6), sendo retomada aqui apenas no que se relaciona diretamente aos procedimentos metodológicos adotados.

3.1 ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

O desenvolvimento do protótipo da plataforma Kukafit seguiu o Modelo Incremental, permitindo evolução contínua por meio de versões sucessivas, com melhorias progressivas e verificação recorrente das funcionalidades implementadas. Essa estratégia favoreceu a incorporação gradual de requisitos e o controle de riscos técnicos, especialmente no acoplamento entre o *frontend*, o *backend* e os microjogos.

A arquitetura do sistema foi baseada no padrão *Representational State Transfer* (REST), visando modularidade e interoperabilidade, além de facilitar a integração com outros sistemas. A separação entre *frontend* e *backend* também viabilizou desenvolvimento paralelo de componentes e redução de dependências, mantendo o *backend* como núcleo central de regras de negócio, autenticação, controle de acesso e persistência.

3.2 CRITÉRIOS DE QUALIDADE E AVALIAÇÃO

Como referência para definição e verificação de atributos de qualidade do software, utilizou-se a NBR ISO/IEC 9126-1 (2003), considerando suas características e subcaracterísticas como base para indicadores de desempenho e critérios de verificação. Esse referencial foi aplicado à análise do sistema Kukafit quanto à plataforma e aos jogos, de modo a observar a conformidade das funcionalidades implementadas e das decisões arquiteturais adotadas.

A norma foi empregada como apoio para avaliação das seguintes características:

1. **Funcionalidade**: avalia se o software fornece funções que atendem às necessidades especificadas, considerando aspectos como adequação, acurácia e interoperabilidade;

2. **Usabilidade**: mede o esforço necessário para ser usado e a avaliação individual de tal uso por um conjunto explícito ou implícito de usuários; inclui subcaracterísticas como inteligibilidade, aprendizagem, operacionalidade e atratividade;

3. **Eficiência**: refere-se ao desempenho do software em relação à quantidade de recursos utilizados, sob condições estabelecidas; abrange comportamento em relação ao tempo e aos recursos;

4. **Confiabilidade**: relaciona-se com a capacidade do software de manter um nível de desempenho sob condições definidas durante um período definido; inclui subcaracterísticas como maturidade, tolerância a falhas e recuperabilidade;

5. **Portabilidade**: avalia a facilidade com que o software pode ser transferido de um ambiente para outro; inclui subcaracterísticas como adaptabilidade, instalação, coexistência e substituibilidade.

Cada uma dessas características e subcaracterísticas foi examinada com o objetivo de apoiar a verificação de alinhamento do protótipo aos padrões de qualidade, considerando o contexto de uma plataforma científica voltada a um público com necessidades específicas.

3.3 PROCEDIMENTOS DE TESTE

Para verificar a conformidade dos requisitos definidos e apoiar a avaliação de qualidade durante a implementação incremental, foram realizados os seguintes testes:

- **Testes Unitários**: verificação de cada módulo individualmente, garantindo que componentes da plataforma funcionem corretamente de forma isolada;

- **Testes de Integração**: avaliação da comunicação entre diferentes módulos do sistema, verificando se os componentes interagem conforme o esperado;

- **Testes Funcionais**: verificação das funcionalidades implementadas em relação aos requisitos levantados na revisão da literatura e às decisões de projeto;

- **Testes de Desempenho**: medidas de tempo de resposta e consumo de recursos computacionais, especialmente para operações críticas de navegação, autenticação e registro de dados;

- **Testes de Segurança**: avaliação da estrutura do código e de aspectos relacionados à proteção de dados, como controle de acesso e comunicação segura.

Os testes foram conduzidos de forma iterativa, acompanhando o Modelo Incremental, permitindo que problemas identificados em cada versão fossem tratados antes da evolução para etapas subsequentes do protótipo.

3.4 REQUISITOS E MODELO DE SOFTWARE

Este tópico descreve os requisitos e o modelo proposto, o desenvolvimento do protótipo e os testes serão realizados para validar suas funcionalidades. A estrutura da apresentação dos resultados segue uma abordagem incremental, detalhando o processo de construção da plataforma desde a modelagem conceitual até a implementação prática dos componentes e jogos desenvolvidos.

Inicialmente, são analisados os requisitos e casos de uso, que fundamentaram a concepção da ferramenta. Em seguida, são descritas as etapas do desenvolvimento, abordando a implementação dos módulos essenciais para a gestão de usuários, segurança e controle do sistema. Por fim, são apresentados os testes conduzidos para validar a conformidade do protótipo com os requisitos estabelecidos, demonstrando a aplicabilidade da solução proposta.

A construção do protótipo foi dividida em fases incrementais:

- Implementação de uma biblioteca de componentes para conexão com o banco de dados, servidor SMTP, controle de acesso, criptografia e manipulação de arquivos, utilizando uma arquitetura REST. Esse *framework* fornece a base para o gerenciamento das operações do *backend* e estratégias de segurança. Essa implementação foi classificada *Zait Tiny Framework*.

- Implementação da plataforma responsável pelas interfaces de interação dos usuários com o sistema, bem como pelos controles de estado e logs comportamentais. Foi classificada como Kukafit, nome derivado de "Kuka"(cabeça) e "*Fit*"(*fitness*), refletindo o objetivo de promover o treino cognitivo. Embora os jogos sejam os responsáveis diretos pelo treino, eles foram criados dentro das restrições modeladas pela plataforma, que inclui funções de administração de usuários e personalização de jogos.

- Implementação de jogos sérios/casuais projetados para estimular habilidades cognitivas específicas, utilizando os recursos e restrições da plataforma Kukafit.

Foram desenvolvidos testes unitários, de integração e funcionais. Esses testes tiveram por objetivo verificar a estabilidade, segurança e eficiência do sistema. O protótipo desenvolvido demonstra a aplicabilidade prática do modelo proposto, destacando seu potencial para futuras implementações e pesquisas.

O projeto foi desenvolvido integralmente por um único desenvolvedor, que desempenhou todos os papéis no ciclo de vida do software, incluindo análise de requisitos, design, codificação, testes e implantação.

O desenvolvimento foi realizado em um ambiente configurado com servidor WEB Apache 2, o PHP 8.3 como linguagem de servidor , MariaDB 10.1 como sistema de gerenciamento de banco de dados, HTML, CSS, JavaScript, Bootstrap 5 e JQuery 3.7.1. como recursos de linguagens do lado do cliente. Foi utilizado no desenvolvimento o sistema operacional Debian GNU/Linux 11 Bullseye, com processador Intel® Core™ i5-6200U, 16GB de memória RAM DDR3L 1600MHz e SSD Sata III de 512GB.

Como Ferramenta de Desenvolvimento foi utilizado o Eclipse PHP Integrated Development Environment IDE 2022-06, integrado ao repositório de código e controle de versões do GitHub.

3.5 ANÁLISE DE REQUISITOS DO SISTEMA

Neste tópico são apresentadas as funcionalidades e as restrições que o sistema deve atender. Os requisitos foram organizados em duas categorias principais: requisitos funcionais, que especificam as funcionalidades oferecidas pelo sistema, e requisitos não funcionais, que estabelecem critérios e atores externos relacionados à qualidade e ao desempenho do software.

Os requisitos funcionais e não funcionais são apresentados de forma detalhada na tabela 9 e na tabela 10 respectivamente, incluindo identificadores únicos, descrições, dependências e critérios de aceitação.

- **ID**: Um identificador único para cada requisito funcional, utilizado para rastreabilidade e referência cruzada.
- **Descrição**: Um resumo objetivo da funcionalidade esperada, destacando o que o sistema deve oferecer.
- **Dependência**: Indica a relação do requisito com outros, mostrando se sua implementação depende de funcionalidades previamente desenvolvidas.
- **Aceitação**: Define os critérios de validação para cada requisito, descrevendo as condições necessárias para que a funcionalidade seja considerada corretamente implementada.

Tabela 9: Requisitos Funcionais da Plataforma Kukafit

ID	Descrição	Dependência	Aceitação
RF01	Realizar cadastro no sistema.	Nenhuma	O sistema registra nome, e-mail e senha.
RF02	Autenticar no sistema como administrador.	Nenhuma	O administrador consegue logar com e-mail e senha.
RF03	Redirecionar todas as solicitações ao Router para controle de segurança.	Nenhuma	Todas as requisições passam pelo Router com sucesso.
RF04	Realizar upload de arquivos convertidos para Base64 e criptografados.	Nenhuma	Uploads são realizados e armazenados corretamente.
RF05	Autenticar no sistema.	RF01	O usuário consegue logar com e-mail e senha.
RF06	Registrar termo de acordo.	RF01	O sistema salva a aceitação do termo de uso.
RF07	Recuperar senha através de e-mail.	RF01	Um e-mail de recuperação é enviado com sucesso.
RF08	Sair do sistema.	RF05	O sistema encerra a sessão do usuário.
RF09	Listar jogos compartilhados.	RF05	A interface exibe jogos atribuídos ao usuário.
RF10	Listar histórico de jogadas.	RF05	O usuário pode visualizar o histórico de jogos jogados.
RF11	Sair do sistema como administrador.	RF02	O sistema encerra a sessão do administrador.
RF12	Cadastrar chave criptográfica.	RF02	O sistema armazena a chave com segurança.
RF13	Alterar registro de usuários.	RF02	O sistema permite edições seguras nos dados dos usuários.
RF14	Listar jogos cadastrados.	RF02	Todos os jogos aparecem listados na interface.
RF15	Customizar jogos: Abrir editor de jogos.	RF14	O editor de jogos é aberto corretamente.

Continua na próxima página...

Tabela 9: Continuação da Tabela 9

ID	Descrição	Dependência	Aceitação
RF16	Criar novos jogos customizados.	RF15	Um novo jogo é salvo com base em outro existente.
RF17	Desativar jogo.	RF14	O jogo desativado não está mais acessível para os usuários.
RF18	Atribuir jogos a usuários.	RF13	Jogos são vinculados a grupos ou usuários específicos.
RF19	Revogar jogos de usuários.	RF18	O sistema remove o acesso aos jogos revogados.
RF20	Exportar logs de comportamento anonimizados.	RF02	Logs são exportados no formato CSV.
RF21	Bloquear acesso ao sistema.	RF02	O sistema impede o acesso ao usuário bloqueado.
RF22	Registrar ações dos usuários em arquivo de log.	RF03	Logs são gerados com informações completas.
RF23	Criptografar recursos.	RF04	Recursos são armazenados de forma segura.
RF24	Descriptografar recursos.	RF23	Recursos são acessados com integridade e segurança.
RF25	Executar jogo.	RF09	O jogo é carregado e inicia corretamente.
RF26	Apresentar tela de instruções antes do jogo.	RF25	As instruções aparecem antes do início do jogo.
RF27	Registrar dados estatísticos do jogo.	RF25	Pontuação, erros e tempo são armazenados corretamente.
RF28	Abandonar jogo.	RF25	O sistema registra o abandono no histórico do jogo.
RF29	Concluir jogo.	RF25	O sistema registra a pontuação e o status de conclusão.
RF30	Pausar jogo.	RF25	O jogo é pausado sem perda de progresso.
RF31	Solicitar ajuda durante o jogo.	RF25	O sistema exibe orientações ou dicas.

Continua na próxima página...

Tabela 9: Continuação da Tabela 9

ID	Descrição	Dependência	Aceitação
RF32	Editar HTML, CSS e JS de jogos.	RF02	Mudanças são salvas e aplicadas corretamente.
RF33	Atualizar e substituir imagens criptografadas.	RF32	Imagens são substituídas e armazenadas em Base64.
RF34	Atualizar e substituir áudios criptografados.	RF32	Áudios são substituídos e armazenados em Base64.
RF35	Identificar habilidades cognitivas presentes no jogo.	RF16	O sistema lista as habilidades atribuídas ao jogo.
RF36	Salvar alterações no editor de jogos.	RF32	As alterações são salvas com sucesso.
RF37	Cancelar edição de jogos.	RF32	Nenhuma alteração é aplicada após o cancelamento.
RF38	Apresentar Tela de Regras no *Template* de Jogo.	Nenhuma	O sistema exibe corretamente a tela de regras antes de iniciar o jogo.
RF39	Apresentar Tela de Jogo no *Template* de Jogo.	RF38	O sistema carrega a tela principal do jogo conforme a configuração.
RF40	Apresentar Painel de Controles no *Template* de Jogo.	RF39	O sistema exibe os controles adequados para interação do jogador.
RF41	Enviar Status de Jogo e Log de Ações para o servidor.	RF39	O sistema registra os dados do jogo e ações do usuário para análise posterior.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Os requisitos não funcionais estabelecem critérios relacionados à qualidade, segurança, desempenho e compatibilidade do software. Esses critérios devem ser controlados durante a implantação e monitorados no uso do sistema, garantindo a disponibilidade e eficiência das funcionalidades implementadas.

Tabela 10: Requisitos Não Funcionais da Plataforma Kukafit

ID	Descrição	Dependência	Aceitação
RNF01	Servidor Web configurado com suporte a HTTPS (SSL/TLS).	Nenhuma	Todas as conexões são criptografadas.
RNF02	Configuração de diretórios protegidos com '.htaccess'.	RNF01	Acesso negado a pastas restritas.
RNF03	Compatibilidade com navegadores modernos.	Nenhuma	Funciona nos navegadores Chrome, Firefox, Edge e Safari.
RNF04	Servidor de Banco de Dados (MariaDB 10.11 ou superior).	Nenhuma	Banco de dados é acessível e opera com desempenho adequado.
RNF05	Conexão TLS com servidor SMTP para envio de e-mails.	Nenhuma	E-mails são enviados de forma segura.
RNF06	Configuração de backup automático no servidor.	Nenhuma	Backup diário dos dados é realizado com sucesso.
RNF07	Infraestrutura de servidor com capacidade para 100 usuários simultâneos.	RNF04	Servidor suporta a carga com desempenho aceitável.
RNF08	Implementação de firewall para proteção contra ataques DDoS.	RNF01	Todas as conexões passam por filtros de segurança.
RNF09	Suporte a APIs REST para integração com sistemas terceiros.	Nenhuma	APIs são acessíveis e documentadas.
RNF10	Configuração de cache para otimizar o carregamento do frontend.	Nenhuma	Frontend carrega em menos de 2 segundos em média.

Fonte: Elaborado pelo autor.

3.6 CASOS DE USO DO SISTEMA

Os casos de uso têm o propósito de fornecer uma visão detalhada sobre as interações entre os atores e o sistema, descrevendo cenários específicos que refletem as funcionalidades identificadas nos requisitos funcionais. Cada caso de uso foi modelado considerando os seguintes aspectos:

- Atores: Representam os usuários ou componentes do sistema que interagem diretamente com a funcionalidade descrita.
- Dependências: Indicam quais funcionalidades ou pré-condições precisam estar satisfeitas antes que o caso de uso possa ser executado.
- Fluxo Principal: Detalha a sequência de passos esperada para que o objetivo do caso de uso seja alcançado com sucesso.
- Fluxo Alternativo: Descreve variações no fluxo principal, incluindo exceções, interações opcionais e diferentes abordagens para alcançar o objetivo.
- Condições de Sucesso: Definem os critérios pelos quais a funcionalidade é considerada executada corretamente e atingiu seu propósito.
- Condições de Falha: Explicam os possíveis motivos pelos quais o caso de uso pode falhar e como o sistema deve reagir a esses cenários.

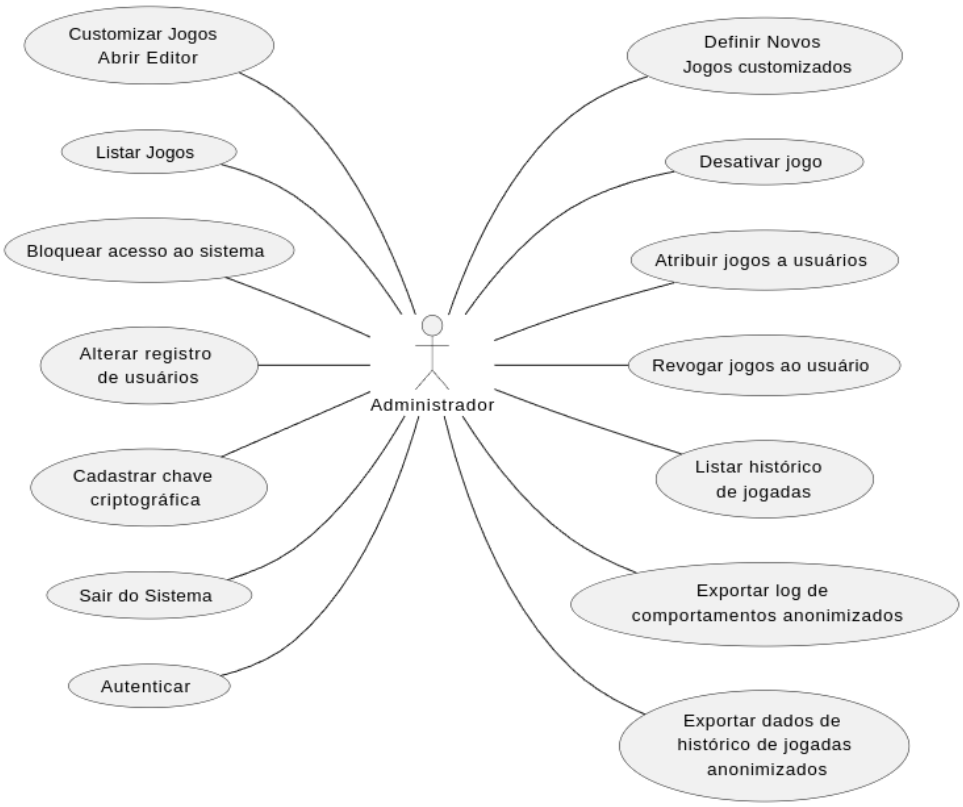
A modelagem dos casos de uso foi realizada garantindo coerência com os requisitos funcionais levantados, buscando representar as operações do sistema de maneira clara e objetiva. Além disso, os diagramas ilustram visualmente as relações entre os atores e suas interações, reforçando a compreensão das operações descritas.

Os casos de uso a seguir apresentam essas interações de forma estruturada, abordando os diferentes atores envolvidos na plataforma e suas respectivas responsabilidades.

3.6.1 Casos de Uso - Usuário

Os casos de uso do ator Usuário são apresentados na Figura 4 e detalhados a seguir.

Figura 4: Casos de uso do Usuário.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 1 - UC-001 Autenticação do Usuário

Identificação	UC-001
Objetivo	Garantir que apenas usuários autenticados acessem o sistema.
Atores	Usuário
Dependências	O usuário deve estar cadastrado no sistema).
Fluxo Principal	O usuário acessa a tela de login. O usuário insere seu e-mail e senha. O sistema valida as credenciais. O sistema autentica o usuário e exibe a tela principal.
Fluxo Alternativo	Se as credenciais forem inválidas, o sistema exibe uma mensagem de erro e solicita nova tentativa. Se o usuário esquecer a senha, ele pode solicitar a recuperação de senha).
Condições de Sucesso	O usuário é autenticado e sua sessão é iniciada.
Condições de Falha	O usuário insere credenciais incorretas e não consegue acessar o sistema.

Quadro 2 - UC-002 Sair do Sistema

Identificação	UC-002
Objetivo	Permitir que o usuário encerre sua sessão no sistema.
Atores	Usuário
Dependências	O usuário precisa estar autenticado para sair do sistema.
Fluxo Principal	O usuário acessa a opção de sair do sistema. O sistema encerra a sessão do usuário. O sistema redireciona o usuário para a tela de login.
Fluxo Alternativo	Não há fluxo alternativo relevante.
Condições de Sucesso	A sessão do usuário é encerrada com sucesso.
Condições de Falha	O sistema não consegue encerrar a sessão devido a erro interno.

Quadro 3 - UC-003 Cadastro de Usuário

Identificação	UC-003
Objetivo	Permitir que novos usuários se cadastrem no sistema.
Atores	Usuário
Dependências	O cadastro é necessário para autenticação e recuperação de senha .
Fluxo Principal	O usuário acessa a tela de cadastro. O usuário preenche os dados obrigatórios: nome, e-mail e senha. O sistema valida os dados e cria o novo usuário. O sistema exibe uma mensagem de confirmação.
Fluxo Alternativo	Se o e-mail já estiver cadastrado, o sistema exibe uma mensagem de erro. Se os dados estiverem incompletos, o sistema solicita correções.
Condições de Sucesso	O usuário é cadastrado e pode se autenticar.
Condições de Falha	O usuário não consegue concluir o cadastro devido a erros nos dados.

Quadro 4 - UC-004 Recuperação de Senha

Identificação	UC-004
Objetivo	Permitir que o usuário recupere o acesso ao sistema ao redefinir sua senha.
Atores	Usuário
Dependências	A recuperação de senha requer que o usuário tenha um cadastro .
Fluxo Principal	O usuário acessa a opção de recuperação de senha. O usuário informa seu e-mail cadastrado. O sistema gera uma nova senha temporária. O sistema envia a nova senha por e-mail ao usuário.
Fluxo Alternativo	Se o e-mail não estiver cadastrado, o sistema exibe uma mensagem de erro.
Condições de Sucesso	O usuário recebe a nova senha e pode acessar o sistema.
Condições de Falha	O sistema não consegue enviar o e-mail ou o e-mail informado não existe.

Quadro 5 - UC-005 Listar Jogos Compartilhados

Identificação	UC-005
Objetivo	Permitir que o usuário visualize os jogos compartilhados com ele.
Atores	Usuário
Dependências	O usuário precisa estar autenticado para acessar os jogos compartilhados.
Fluxo Principal	O usuário acessa a tela de jogos compartilhados. O sistema recupera a lista de jogos disponíveis para o usuário. O sistema exibe os jogos na interface do usuário.
Fluxo Alternativo	Não há fluxo alternativo relevante.
Condições de Sucesso	O usuário consegue visualizar os jogos compartilhados com ele.
Condições de Falha	O sistema não consegue recuperar a lista de jogos devido a erro de conexão ou banco de dados.

Quadro 6 - UC-006 Executar Jogo

Identificação	UC-006
Objetivo	Permitir que o usuário execute um jogo compartilhado.
Atores	Usuário
Dependências	O usuário precisa ter um jogo compartilhado para executá-lo.
Fluxo Principal	O usuário seleciona um jogo compartilhado. O sistema carrega os recursos do jogo. O sistema apresenta a tela de jogo. O usuário pode interagir e jogar.
Fluxo Alternativo	Se o jogo não estiver disponível, o sistema exibe uma mensagem de erro.
Condições de Sucesso	O jogo é carregado e pode ser jogado pelo usuário.
Condições de Falha	O jogo não é carregado corretamente por erro de conexão ou falta de dados.

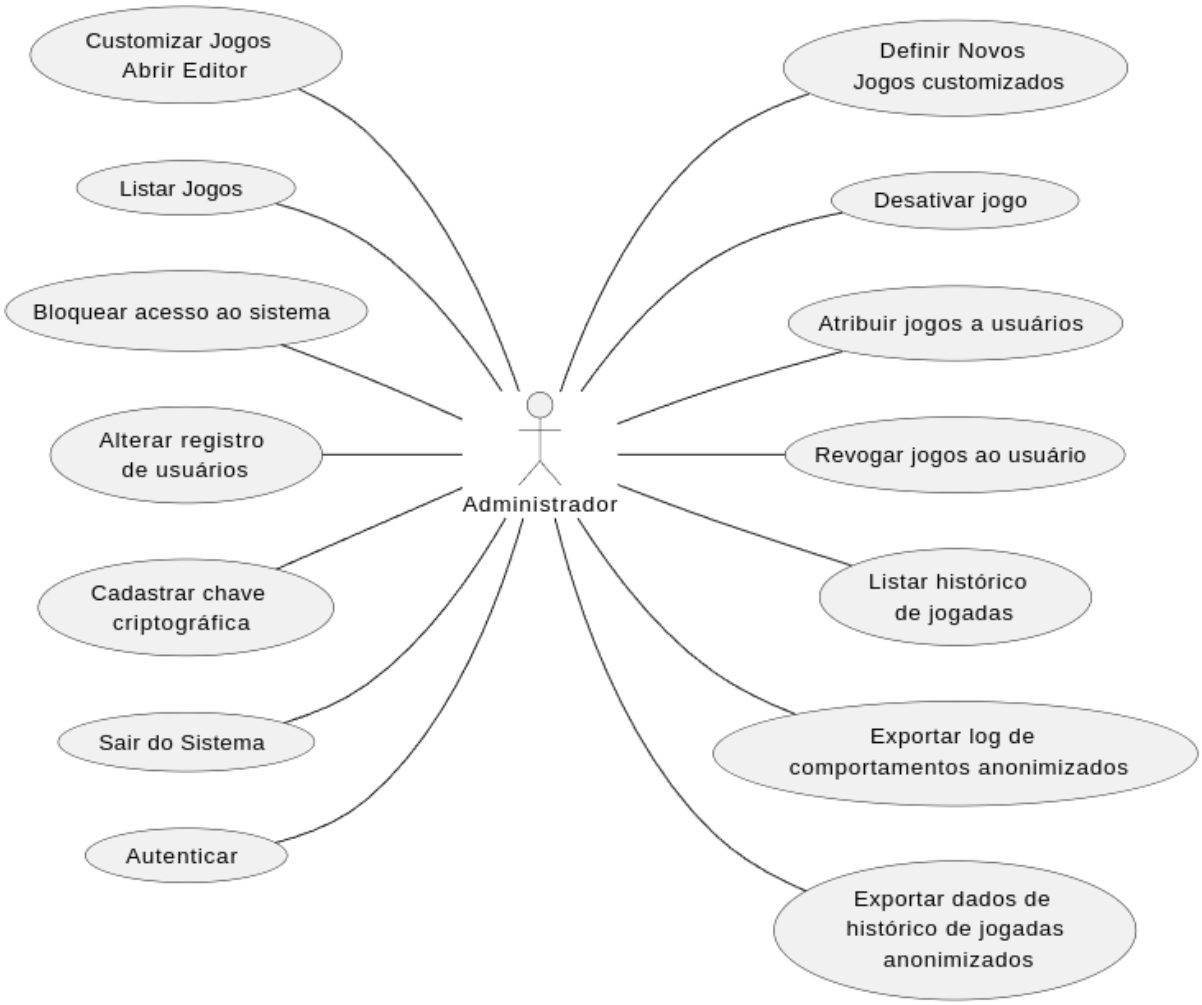
3.6.2 Casos de Uso - Administrador

Os casos de uso do ator Administrador são apresentados na Figura 5 e detalhados a seguir.

Quadro 7 - UC-007 Autenticação do Administrador

Identificação	UC-007
Objetivo	Permitir que o administrador se autentique no sistema e acesse o painel administrativo.
Atores	Administrador
Dependências	A autenticação do administrador requer um usuário administrador cadastrado .
Fluxo Principal	O administrador acessa a tela de login. O administrador insere seu e-mail e senha. O sistema valida as credenciais. O sistema autentica o administrador e exibe o painel administrativo.
Fluxo Alternativo	Se as credenciais forem inválidas, o sistema exibe uma mensagem de erro e solicita nova tentativa.
Condições de Sucesso	O administrador é autenticado e pode acessar o painel administrativo.
Condições de Falha	O administrador insere credenciais incorretas e não consegue acessar o sistema.

Figura 5: Casos de uso do Administrador.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 8 - UC-008 Sair do Sistema como Administrador

Identificação	UC-008
Objetivo	Permitir que o administrador encerre sua sessão no sistema.
Atores	Administrador
Dependências	O administrador precisa estar autenticado para sair do sistema.
Fluxo Principal	O administrador acessa a opção de sair do sistema. O sistema encerra a sessão do administrador. O sistema redireciona o administrador para a tela de login.
Fluxo Alternativo	Não há fluxo alternativo relevante.
Condições de Sucesso	A sessão do administrador é encerrada com sucesso.
Condições de Falha	O sistema não consegue encerrar a sessão devido a erro interno.

Quadro 9 - UC-009 Cadastrar Chave Criptográfica

Identificação	UC-009
Objetivo	Permitir que o administrador cadastre uma chave criptográfica no sistema.
Atores	Administrador
Dependências	O administrador precisa estar autenticado para cadastrar uma chave criptográfica.
Fluxo Principal	O administrador acessa a opção de cadastro de chaves criptográficas. O administrador insere a chave criptográfica no campo designado. O sistema armazena a chave com segurança. O sistema exibe uma mensagem de confirmação.
Fluxo Alternativo	Se a chave já existir, o sistema exibe uma mensagem de erro.
Condições de Sucesso	A chave criptográfica é cadastrada e armazenada com segurança.
Condições de Falha	A chave não é cadastrada devido a erro no sistema ou chave já existente.

Quadro 10 - UC-010 Alterar Registro de Usuários

Identificação	UC-010
Objetivo	Permitir que o administrador altere os registros de usuários no sistema.
Atores	Administrador
Dependências	O administrador precisa estar autenticado para alterar registros de usuários.
Fluxo Principal	O administrador acessa a lista de usuários cadastrados. O administrador seleciona um usuário para edição. O administrador modifica os campos permitidos. O sistema valida e salva as alterações. O sistema exibe uma mensagem de confirmação.
Fluxo Alternativo	Se os dados inseridos forem inválidos, o sistema exibe uma mensagem de erro e solicita correção.
Condições de Sucesso	As informações do usuário são atualizadas corretamente.
Condições de Falha	Os dados não são atualizados devido a erro no sistema ou falha na validação dos campos.

Quadro 11 - UC-011 Listar Jogos Cadastrados

Identificação	UC-011
Objetivo	Permitir que o administrador visualize a lista de jogos cadastrados no sistema.
Atores	Administrador
Dependências	O administrador precisa estar autenticado para visualizar a lista de jogos.
Fluxo Principal	O administrador acessa o painel de gerenciamento de jogos. O sistema recupera e exibe a lista de jogos cadastrados.
Fluxo Alternativo	Se não houver jogos cadastrados, o sistema exibe uma mensagem informativa.
Condições de Sucesso	O administrador consegue visualizar a lista de jogos cadastrados.
Condições de Falha	O sistema não consegue recuperar os jogos por erro de conexão ou banco de dados.

Quadro 12 - UC-012 Customizar Jogos - Abrir Editor

Identificação	UC-012
Objetivo	Permitir que o administrador acesse o editor de jogos para customização.
Atores	Administrador
Dependências	O administrador precisa estar autenticado e listar jogos para editar um jogo.
Fluxo Principal	O administrador acessa o painel de customização de jogos. O administrador seleciona um jogo para edição. O sistema abre o editor de jogos.
Fluxo Alternativo	Se o jogo não puder ser editado, o sistema exibe uma mensagem de erro.
Condições de Sucesso	O editor de jogos é carregado corretamente.
Condições de Falha	O sistema não consegue abrir o editor devido a erro interno.

Quadro 13 - UC-013 Criar Jogos Customizados

Identificação	UC-013
Objetivo	Permitir que o administrador crie jogos customizados no sistema.
Atores	Administrador
Dependências	O administrador precisa acessar o editor de jogos para criar jogos customizados.
Fluxo Principal	O administrador acessa o editor de jogos. O administrador escolhe a opção para criar um novo jogo. O administrador configura os parâmetros básicos do jogo (nome, regras, mecânicas, recursos visuais e auditivos). O sistema valida os dados e cria o novo jogo customizado. O sistema exibe uma mensagem de confirmação.
Fluxo Alternativo	Se os dados estiverem incompletos, o sistema solicita a correção antes de salvar o jogo.
Condições de Sucesso	O novo jogo customizado é salvo e fica disponível para atribuição.
Condições de Falha	O jogo não pode ser salvo devido a erro no sistema ou falta de dados obrigatórios.

Quadro 14 - UC-014 Desativar Jogo

Identificação	UC-014
Objetivo	Permitir que o administrador desative um jogo cadastrado, impedindo seu acesso pelos usuários.
Atores	Administrador
Dependências	O administrador precisa visualizar a lista de jogos cadastrados para desativar um jogo.
Fluxo Principal	O administrador acessa a lista de jogos cadastrados. O administrador seleciona um jogo para desativação. O sistema marca o jogo como desativado e impede seu acesso pelos usuários. O sistema exibe uma mensagem de confirmação.
Fluxo Alternativo	Se o jogo já estiver desativado, o sistema exibe um aviso informando o status.
Condições de Sucesso	O jogo é desativado e não pode mais ser acessado pelos usuários.
Condições de Falha	O sistema não consegue processar a desativação devido a erro interno.

Quadro 15 - UC-015 Atribuir Jogos a Usuários

Identificação	UC-015
Objetivo	Permitir que o administrador atribua jogos a usuários específicos ou grupos.
Atores	Administrador
Dependências	A atribuição de jogos requer a listagem de usuários e de jogos cadastrados .
Fluxo Principal	O administrador acessa o painel de gestão de usuários. O administrador seleciona um usuário ou grupo de usuários. O administrador escolhe um jogo disponível para atribuição. O sistema confirma a atribuição e atualiza o banco de dados. O sistema exibe uma mensagem de confirmação.
Fluxo Alternativo	Se o jogo não estiver disponível, o sistema exibe um erro. Se o usuário não existir, o sistema impede a atribuição e exibe uma mensagem de erro.
Condições de Sucesso	O jogo é atribuído ao usuário e fica disponível para acesso.
Condições de Falha	A atribuição falha devido a erro no sistema ou falta de permissão.

Quadro 16 - UC-016 Revogar Jogos de Usuários

Identificação	UC-016
Objetivo	Permitir que o administrador revogue o acesso de usuários a jogos atribuídos.
Atores	Administrador
Dependências	A revogação de jogos depende da atribuição prévia .
Fluxo Principal	O administrador acessa o painel de gerenciamento de usuários. O administrador seleciona um usuário e os jogos atribuídos a ele. O administrador escolhe um jogo para revogar. O sistema remove o acesso do usuário ao jogo. O sistema exibe uma mensagem de confirmação.
Fluxo Alternativo	Se o jogo não estiver atribuído ao usuário, o sistema exibe um erro.
Condições de Sucesso	O usuário perde o acesso ao jogo revogado.
Condições de Falha	O sistema não consegue remover o jogo devido a erro interno.

Quadro 17 - UC-017 Exportar Logs de Comportamento Anonimizados

Identificação	UC-017
Objetivo	Permitir que o administrador exporte logs anonimizados do sistema.
Atores	Administrador
Dependências	A exportação de logs só pode ser realizada por um administrador autenticado .
Fluxo Principal	O administrador acessa o painel de auditoria do sistema. O administrador escolhe o período e o tipo de log desejado. O sistema gera um arquivo de exportação anonimizando os dados dos usuários. O sistema disponibiliza o arquivo para download. O administrador baixa o arquivo contendo os logs exportados.
Fluxo Alternativo	Se não houver registros no período selecionado, o sistema informa que não há dados para exportação.
Condições de Sucesso	Os logs são exportados e anonimizados corretamente.
Condições de Falha	A exportação falha devido a erro no sistema ou falta de permissões adequadas.

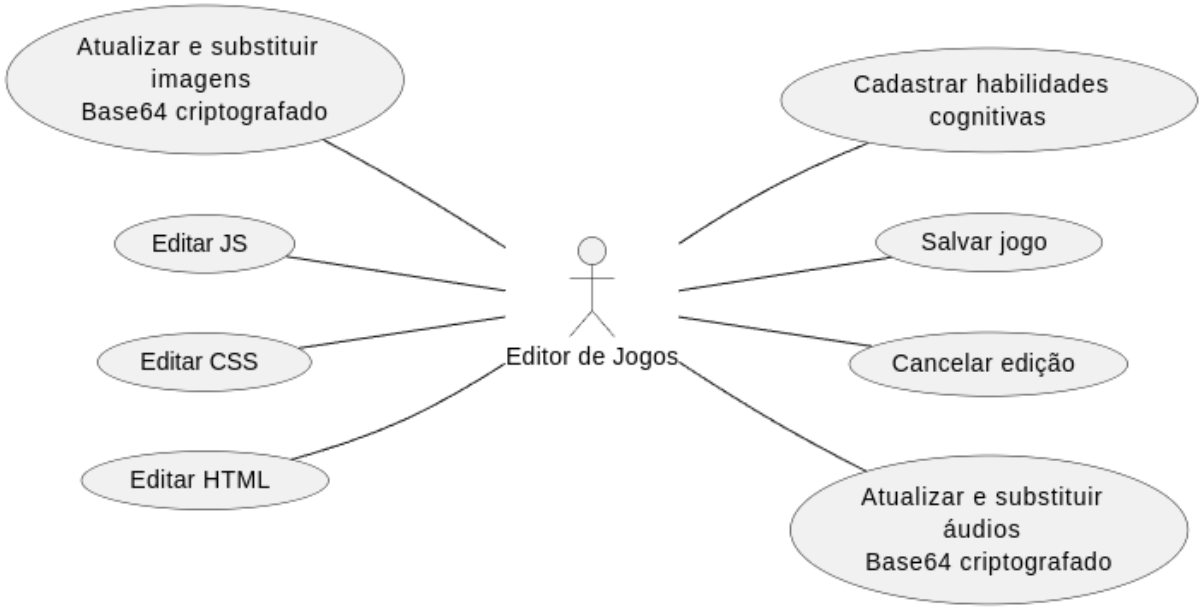
Quadro 18 - UC-018 Bloquear Acesso ao Sistema

Identificação	UC-018
Objetivo	Permitir que o administrador bloqueie o acesso de um usuário ao sistema.
Atores	Administrador
Dependências	O bloqueio de usuários só pode ser realizado por um administrador autenticado .
Fluxo Principal	O administrador acessa o painel de gerenciamento de usuários. O administrador seleciona um usuário para bloqueio. O sistema impede futuras autenticações do usuário bloqueado. O sistema exibe uma mensagem de confirmação.
Fluxo Alternativo	Se o usuário já estiver bloqueado, o sistema exibe um aviso.
Condições de Sucesso	O usuário bloqueado não pode mais acessar o sistema.
Condições de Falha	O sistema não consegue bloquear o usuário devido a erro interno.

3.6.3 Casos de Uso - Editor de Jogos

Os casos de uso do ator Editor de Jogos são apresentados na Figura 6 e detalhados a seguir.

Figura 6: Casos de uso do Editor de Jogos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 19 - UC-019 Editar HTML, CSS e JS de Jogos

Identificação	UC-019
Objetivo	Permitir que o administrador edite o código-fonte dos jogos, modificando HTML, CSS e JS.
Atores	Administrador
Dependências	A edição do código do jogo só pode ser feita por um administrador autenticado .
Fluxo Principal	O administrador acessa o painel do editor de jogos. O administrador seleciona um jogo para edição. O administrador altera o código-fonte do jogo, modificando HTML, CSS ou JS. O sistema valida as alterações e atualiza os arquivos. O sistema exibe uma mensagem de confirmação.
Fluxo Alternativo	Se houver erro de sintaxe no código, o sistema exibe uma mensagem de erro e solicita correção.
Condições de Sucesso	O código do jogo é atualizado corretamente.
Condições de Falha	O sistema não consegue salvar as alterações devido a erro de sintaxe ou falha no servidor.

Quadro 20 - UC-020 Atualizar e Substituir Imagens Criptografadas

Identificação	UC-020
Objetivo	Permitir que o administrador substitua imagens criptografadas em jogos.
Atores	Administrador
Dependências	O administrador precisa acessar o editor para substituir imagens criptografadas.
Fluxo Principal	O administrador acessa o editor de jogos. O administrador seleciona um jogo e acessa a opção de imagens. O administrador faz o upload da nova imagem. O sistema converte a imagem para Base64 e criptografa o arquivo. O sistema substitui a imagem antiga pela nova. O sistema exibe uma mensagem de confirmação.
Fluxo Alternativo	Se o formato da imagem for inválido, o sistema exibe uma mensagem de erro.
Condições de Sucesso	A imagem é substituída e armazenada de forma segura.
Condições de Falha	O sistema não consegue processar a substituição devido a erro no arquivo ou servidor.

Quadro 21 - UC-021 Atualizar e Substituir Áudios Criptografados

Identificação	UC-021
Objetivo	Permitir que o administrador substitua áudios criptografados em jogos.
Atores	Administrador
Dependências	O administrador precisa acessar o editor para substituir áudios criptografados.
Fluxo Principal	O administrador acessa o editor de jogos. O administrador seleciona um jogo e acessa a opção de áudios. O administrador faz o upload do novo arquivo de áudio. O sistema converte o áudio para Base64 e criptografa o arquivo. O sistema substitui o áudio antigo pelo novo. O sistema exibe uma mensagem de confirmação.
Fluxo Alternativo	Se o formato do arquivo for inválido, o sistema exibe uma mensagem de erro.
Condições de Sucesso	O áudio é substituído e armazenado de forma segura.
Condições de Falha	O sistema não consegue processar a substituição devido a erro no arquivo ou servidor.

Quadro 22 - UC-022 Identificar Habilidades Cognitivas no Jogo

Identificação	UC-022
Objetivo	Permitir que o administrador atribua habilidades cognitivas aos jogos.
Atores	Administrador
Dependências	O administrador precisa acessar o editor para atribuir habilidades cognitivas a um jogo.
Fluxo Principal	O administrador acessa o editor de jogos. O administrador seleciona um jogo e acessa a opção de habilidades cognitivas. O administrador define quais habilidades são estimuladas pelo jogo. O sistema armazena as habilidades atribuídas ao jogo. O sistema exibe uma mensagem de confirmação.
Fluxo Alternativo	Se nenhuma habilidade for selecionada, o sistema exibe um aviso.
Condições de Sucesso	As habilidades cognitivas são corretamente associadas ao jogo.
Condições de Falha	O sistema não consegue processar a atribuição devido a erro interno.

Quadro 23 - UC-023 Salvar Alterações no Editor

Identificação	UC-023
Objetivo	Permitir que o administrador salve alterações feitas no editor de jogos.
Atores	Administrador
Dependências	A funcionalidade de salvar depende do acesso ao editor .
Fluxo Principal	O administrador acessa o editor de jogos. O administrador realiza alterações no jogo (código, imagens, áudios, habilidades). O administrador seleciona a opção de salvar alterações. O sistema valida as mudanças e aplica as alterações ao jogo. O sistema exibe uma mensagem de confirmação.
Fluxo Alternativo	Se houver erro ao salvar, o sistema exibe uma mensagem e sugere nova tentativa.
Condições de Sucesso	As alterações são aplicadas corretamente ao jogo.
Condições de Falha	O sistema não consegue salvar as alterações devido a erro interno.

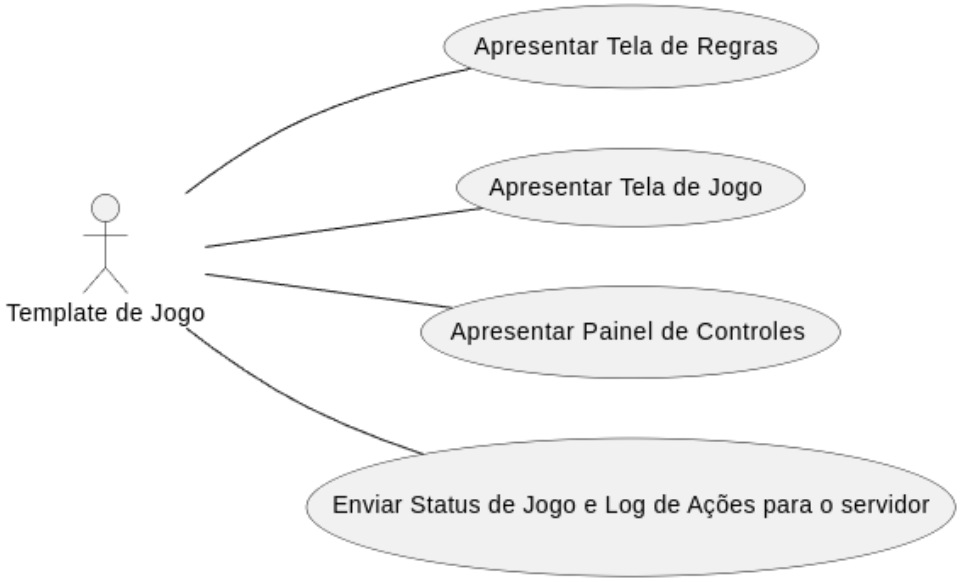
Quadro 24 - UC-024 Cancelar Edição de Jogos

Identificação	UC-024
Objetivo	Permitir que o administrador cancele alterações feitas no editor de jogos.
Atores	Administrador
Dependências	O administrador precisa estar no editor para cancelar alterações.
Fluxo Principal	O administrador acessa o editor de jogos. O administrador realiza alterações no jogo. O administrador seleciona a opção de cancelar edição. O sistema descarta todas as alterações não salvas. O sistema exibe uma mensagem de confirmação.
Fluxo Alternativo	Não há fluxo alternativo relevante.
Condições de Sucesso	As alterações são descartadas e o jogo permanece inalterado.
Condições de Falha	O sistema não consegue cancelar as alterações devido a erro interno.

3.6.4 Casos de Uso - Jogos / Template de Jogo

Os casos de uso do ator Template de Jogo são apresentados na Figura 7 e detalhados a seguir.

Figura 7: Casos de uso do Template de Jogo.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 25 - UC-025 Apresentar Tela de Regras

Identificação	UC-025
Objetivo	Apresentar ao jogador as regras do jogo antes do seu início.
Atores	Jogador
Dependências	A tela de regras deve ser apresentada antes da tela do jogo .
Fluxo Principal	O jogador seleciona um jogo para iniciar. O sistema exibe a tela de regras com informações sobre o funcionamento do jogo. O jogador lê as regras e confirma o entendimento. O sistema redireciona o jogador para a tela principal do jogo.
Fluxo Alternativo	Se o jogador não confirmar o entendimento das regras, o jogo não inicia.
Condições de Sucesso	A tela de regras é apresentada corretamente antes do início do jogo.
Condições de Falha	O sistema não exibe a tela de regras, impedindo o jogador de iniciar o jogo.

Quadro 26 - UC-026 Apresentar Tela de Jogo

Identificação	UC-026
Objetivo	Apresentar a tela principal do jogo após a exibição das regras.
Atores	Jogador
Dependências	A tela de jogo deve ser apresentada após a tela de regras .
Fluxo Principal	O jogador finaliza a leitura das regras do jogo. O sistema carrega e exibe a tela principal do jogo. O jogador pode começar a interagir com os elementos do jogo.
Fluxo Alternativo	Se o jogo não carregar corretamente, o sistema exibe uma mensagem de erro e oferece a opção de recarregar.
Condições de Sucesso	O jogador consegue visualizar e interagir com a tela do jogo.
Condições de Falha	O jogo não carrega corretamente devido a erro no sistema ou conexão.

Quadro 27 - UC-027 Apresentar Painel de Controles

Identificação	UC-027
Objetivo	Exibir o painel de controles do jogo após o carregamento da tela principal.
Atores	Jogador
Dependências	O painel de controles só pode ser apresentado após a tela do jogo .
Fluxo Principal	O jogador acessa a interface do jogo. O sistema exibe o painel de controles com botões e indicadores de jogo. O jogador pode utilizar os controles para realizar ações dentro do jogo.
Fluxo Alternativo	Se o painel não carregar corretamente, o sistema exibe uma mensagem de erro e oferece a opção de recarregar.
Condições de Sucesso	O jogador consegue visualizar e utilizar os controles do jogo.
Condições de Falha	Os controles do jogo não são exibidos corretamente, impedindo a jogabilidade.

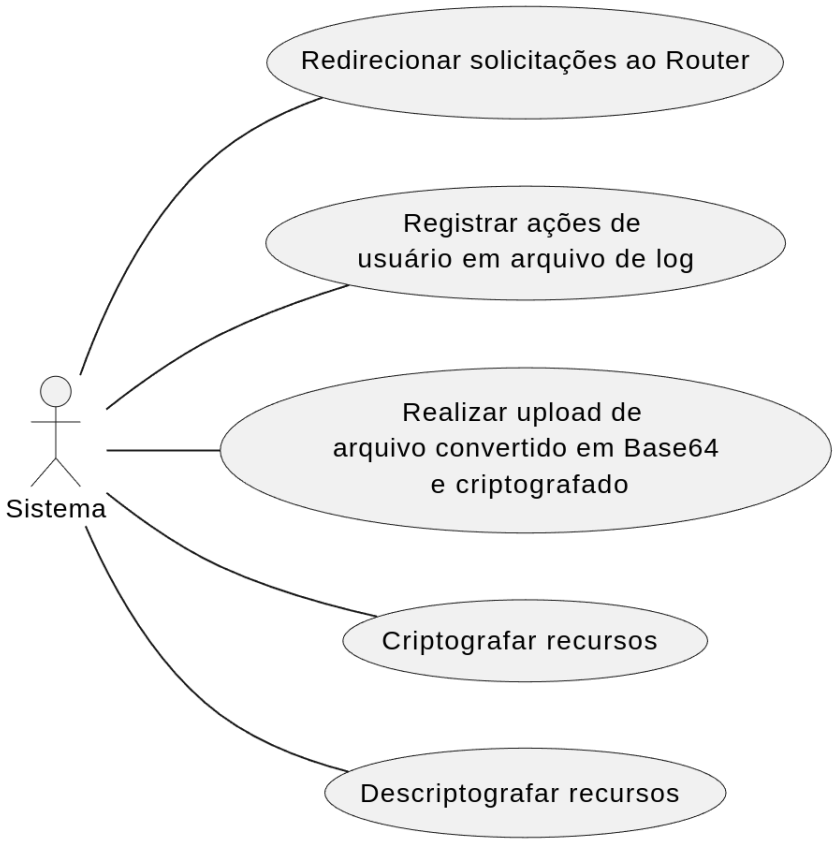
Quadro 28 - UC-028 Enviar Status de Jogo e Log de Ações para o Servidor

Identificação	UC-028
Objetivo	Registrar e transmitir o status do jogo e as ações do jogador ao servidor.
Atores	Jogador
Dependências	O status do jogo e as ações do usuário só podem ser registradas após o início do jogo .
Fluxo Principal	O jogador inicia e interage com o jogo. O sistema registra e armazena os eventos do jogo (movimentos, pontuação, erros, tempo de resposta). O sistema envia os dados para o servidor em tempo real ou no encerramento da partida.
Fluxo Alternativo	Se a conexão com o servidor falhar, os dados são armazenados localmente e enviados posteriormente.
Condições de Sucesso	O sistema armazena e transmite corretamente os dados do jogo para análise.
Condições de Falha	Os dados do jogo não são registrados corretamente devido a erro no sistema ou na conexão com o servidor.

3.6.5 Casos de Uso - Sistema

Os casos de uso do ator Sistema são apresentados na Figura 8 e detalhados a seguir.

Figura 8: Casos de uso do Sistema.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 29 - UC-029 Registro de Ações do Usuário

Identificação	UC-029
Objetivo	Registrar todas as ações do usuário dentro do sistema.
Atores	Sistema
Dependências	O registro de ações do usuário depende da autenticação e das interações realizadas.
Fluxo Principal	O usuário realiza uma ação dentro do sistema (exemplo: iniciar um jogo, clicar em um botão). O sistema captura a ação e armazena um log no banco de dados. O sistema pode exibir um relatório de atividades quando necessário.
Fluxo Alternativo	Se houver falha na captura da ação, o sistema tenta registrar novamente ou gera um erro interno.
Condições de Sucesso	O sistema mantém um registro de todas as interações do usuário.
Condições de Falha	O sistema não registra corretamente as ações do usuário, impactando análises futuras.

Quadro 30 - UC-030 Redirecionamento de Solicitações ao Router

Identificação	UC-030
Objetivo	Garantir que todas as requisições do sistema passem pelo Router para validação e segurança.
Atores	Sistema
Dependências	O redirecionamento de todas as solicitações ao Router é necessário para garantir a segurança e a integridade do sistema).
Fluxo Principal	O usuário realiza uma requisição ao sistema (exemplo: login, acesso a um jogo). O sistema recebe a requisição e a encaminha ao Router. O Router verifica as permissões e autenticações necessárias. O Router direciona a requisição ao recurso correto.
Fluxo Alternativo	Se a requisição não possuir permissões válidas, o sistema retorna um erro de acesso negado.
Condições de Sucesso	Todas as requisições passam pelo Router com sucesso, garantindo segurança e rastreabilidade.
Condições de Falha	O Router não consegue processar corretamente uma requisição, impedindo o usuário de acessar um recurso autorizado.

Quadro 31 - UC-031 Criptografia e Descriptografia de Recursos

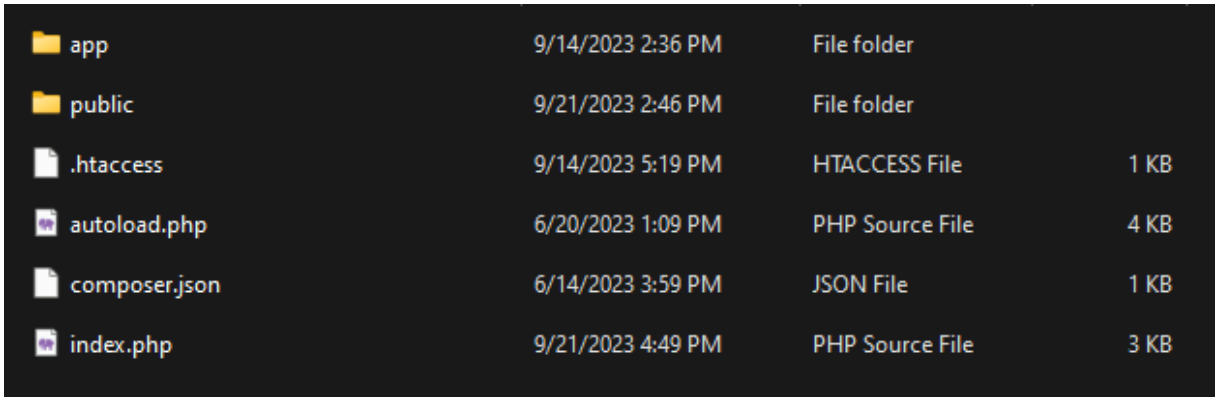
Identificação	UC-031
Objetivo	Garantir que os recursos do sistema sejam armazenados e acessados de forma segura através de criptografia e descriptografia.
Atores	Sistema
Dependências	A criptografia de recursos deve ser aplicada ao armazenamento de arquivos e dados sensíveis . A descriptografia de recursos permite o acesso seguro aos arquivos quando necessário .
Fluxo Principal	O usuário faz upload de um arquivo ou recurso sensível. O sistema aplica criptografia no arquivo e armazena em formato seguro. Quando o usuário precisa acessar o recurso, o sistema realiza a descriptografia e disponibiliza o conteúdo.
Fluxo Alternativo	Se houver erro na criptografia, o sistema notifica o usuário e impede o armazenamento inseguro. Se houver erro na descriptografia, o sistema retorna um alerta de falha no acesso ao recurso.
Condições de Sucesso	O sistema protege e garante o acesso seguro a todos os recursos criptografados.
Condições de Falha	O sistema não consegue criptografar ou descriptografar os recursos corretamente, comprometendo a segurança dos dados.

3.7 *ZAIT TINY FRAMEWORK*

No âmbito metodológico desta pesquisa, utilizou-se a plataforma Kukafit como base para o desenvolvimento de jogos digitais destinados à instrumentação do treinamento cognitivo. A concepção desses jogos fundamenta-se nos critérios apresentados na Seção 2.4 deste trabalho, a qual estabelece os parâmetros para a classificação de jogos digitais segundo suas atividades, mecânicas e habilidades cognitivas envolvidas. Recomenda-se, inclusive, que pesquisadores que venham a reutilizar ou estender a plataforma Kukafit adotem a mesma abordagem descritiva, detalhando os jogos desenvolvidos e suas respectivas mecânicas conforme esse referencial, de modo a garantir a adequada categorização e comparabilidade metodológica.

Para viabilizar a experimentação de diferentes mecânicas de jogo, foram desenvolvidos quatro motores de minijogos, projetados para permitir múltiplas variações a partir de uma mesma estrutura base. Considerando o caráter de minijogos, os documentos de Game Design Document (GDD) associados são propositalmente sucintos, concentrando-se prioritariamente na descrição das mecânicas de jogo. Nesta etapa inicial, foram implementados motores correspondentes aos jogos da

Figura 9: Estrutura de Diretórios do Framework



Fonte: Elaborada pelo autor.

Memória, Sudoku, Sequência de Sons e Cores (Simon) e Palavras Cruzadas.

O *Framework* herda o nome Zait do apelido do autor deste trabalho e *Tiny* que reflete o objetivo de ser um conjunto de recursos minimalista.

O *Framework* tem por objetivo controlar uma requisição http ou https de ponta a ponta, a partir de um filtro de recepção, com seu roteamento ao recurso solicitado até o retorno ao usuário.

Todas as requisições realizadas são encaminhadas pelo Apache Web Server, ao arquivo index.php que instancia o arquivo de configurações, o autoload.php conforme as regras PSR-4 do PHP e o Router.php que será responsável por identificar qual recurso foi demandado e se deve ser realizada uma limpeza de injeção de código e SQL, garantindo a segurança e integridade do sistema. O Router.php também é responsável por verificar se o recurso pode ser entregue a um usuário qualquer ou só mediante autenticação.

O framework está dividido em duas pastas, uma chamada de public e outra chamada de app.

A pasta “public” mantém arquivos livres de restrições do framework, estilização, código Java Script e da página informativas, sendo já contidas as bibliotecas de predefinições para desenvolvimento Bootstrap e Jquery. Além disso, pode armazenar documentos, fontes e imagens que não possuam restrições. Na pasta “app” temos a estrutura restrita, onde nenhum dos recursos será diretamente acessado, protegendo assim todos os recursos presentes.

O desenvolvedor irá usar as pastas “./app/controllers”, “./app/models” e “./app/-views” para distribuir os arquivos de aplicação dentro de uma organização de desenvolvimento MVC que é o termo em inglês para Model (modelo), View (visão) e Controller (Controle). As demais pastas são utilizadas para componentes do framework responsáveis pela conexão com banco de dados, envio de e-mail, geração

Figura 10: Configuração de Rotas e restrições de recursos.

```
{
    "home" : {
        "path" : "app/views/home.php",
        "sessionKey": [{"idUsuario": false}],
        "sanitize"  : {"requestVars" : true, "code" : true, "sql" : true},
        "errorPath" : "app/views/public_home.php"
    },
    "users/listall" : {
        "path" : "app/controllers/CtrlUsuarios.php",
        "sessionKey": [{"idUsuario": false}],
        "sanitize"  : {"requestVars" : true, "code" : true, "sql" : true},
        "errorPath" : "app/views/public_home.php"
    }
}
```

Fonte: Elaborada pelo autor.

de codificação, conversão de arquivos, upload e configurações.

3.7.1 Roteamento

O roteamento de caminhos do framework é configurado dentro do arquivo routes.json, contido em “/app/etc/”, nele é configurada a rota e os parâmetros de sanitização desejados, sendo sanitização de código, SQL e variáveis de requisição, podendo cada rota ter sua configuração específica de sanitização. Toda a logística de rotas é feita pelo arquivo index.php, que usa a classe Router.php, dentro de /app/core/utils/, para controlar todas as rotas contidas dentro do arquivo de configuração “routes.json” disponível na figura 10.

A primeira propriedade é a chave solicitada como recurso, e possui os atributos:

- “path” o caminho real para o arquivo que será o destino desta rota.
- “sessionKey” se é necessário a existência de “idUsuário” dentro da sessão HTTP.
- “sanitize” que tem mais 3 atributos, “requestVars”, “code” e “sql”, que recebem valores de ‘true‘ ou ‘false’ e denominam quais tipos de sanitização(limpeza) de variáveis HTTP, injeção de código HTML e Java Script ou injeção de código SQL.
- “errorPath” é o caminho para arquivo padrão caso a requisição da rota dê algum erro.

Toda requisição de recursos de aplicação deverá ser cadastrada com esses parâmetros no arquivo “./app/etc/routes.json” e automaticamente o index.php irá por meio

do arquivo “./app/core/utils/Router.php” instanciar o “./app/core/utils/Sanitize.php”. Na figura 10 pode-se visualizar os arquivos necessários a configuração de roteamento, e na figura 11 está o diagrama de atividade que demonstra esse funcionamento:

3.7.2 Envio de E-mail

A classe é usada para envio de e-mail no php, neste caso ela só funcionará diretamente no servidor de hospedagem. O funcionamento da Classe Mail é demonstrado na figura juntamente com a classe CodeGenerator que, neste caso específico, servirá no momento de cadastro de usuário, conforme demonstrado no diagrama da figura 12 onde a senha será automaticamente gerada e enviada por e-mail.

3.7.3 Controle de Upload

O controle de proteção de dados de arquivos enviados por uploads é feito nas classes /app/core/utils/Upload.php, nelas o arquivo é tratado, convertido em base64 e renomeado seguindo o padrão a partir da data e da extensão do arquivo, (ano + mês + dia + hora + minuto + segundos + milésimos + ".base64.extensão") para evitar conflitos de nome, sendo armazenados na pasta "/app/uploads", onde o acesso a esta pasta é totalmente bloqueado para requisições HTTP diretas. O controle dos arquivos nela existentes

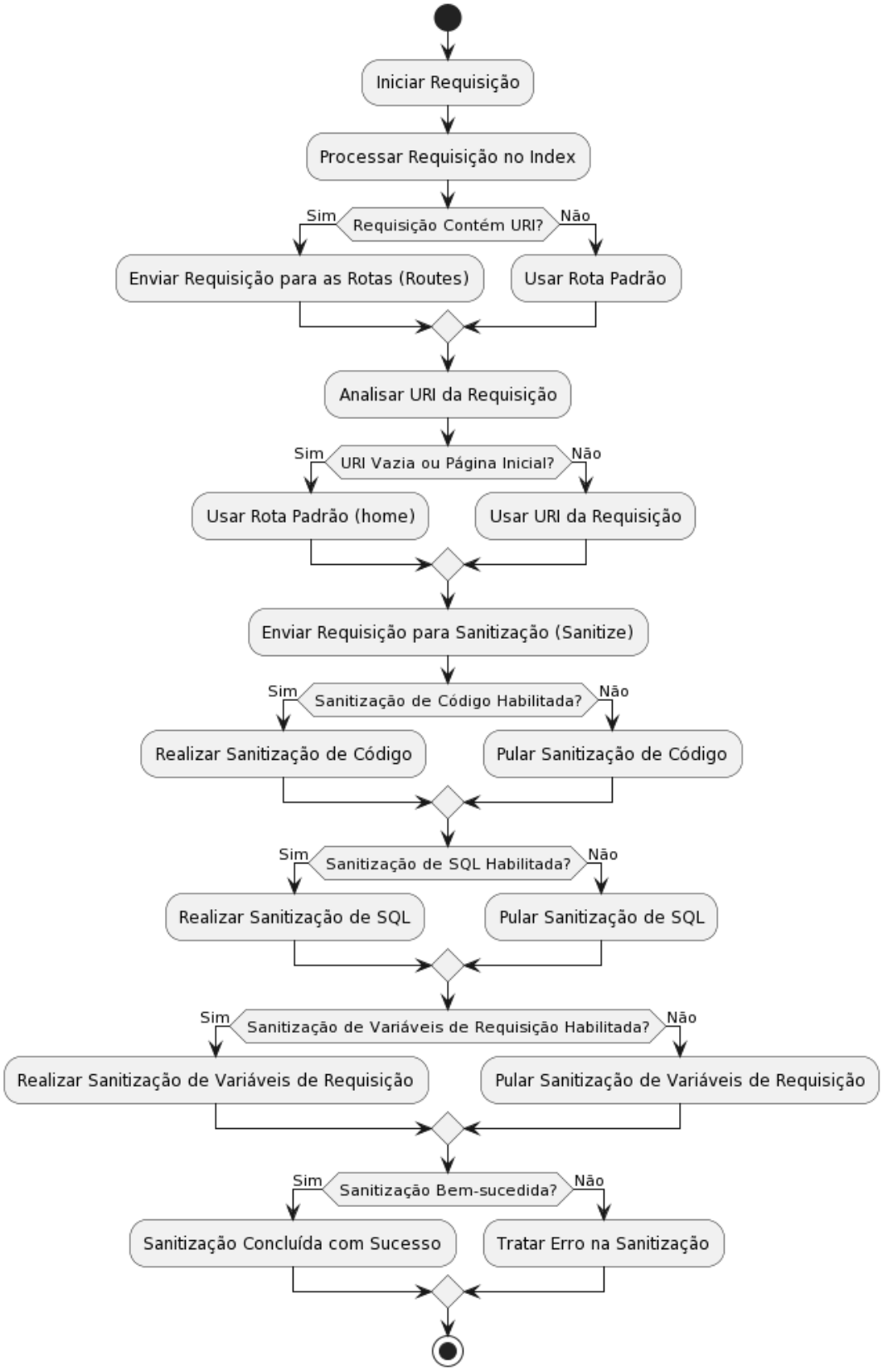
Pode-se também compartilhar o acesso aos arquivos com outras pessoas, ou até mesmo deixar arquivos públicos, dependendo do interesse do usuário, sendo essa logística controlada a partir do banco de dados feito pela classe “/app/core/utils/UploadedCtrl.php” que mantém no banco de dados uma entidade com os dados de controle e acesso a esses arquivos. Esse controle é demonstrado pela figura 13.

3.7.4 Acesso e Controle de Banco de Dados

Para acesso e controle do banco de dados foram criadas 3 classes básicas, DBConnection, DBQuery e Where, que estão demonstradas no diagrama da figura 14. Estas três classes facilitam a programação, pois, combinadas com a Sanitize, permitem as operações de listagem conforme demonstrado no diagrama da figura 15, inserção, atualização e exclusão de dados sem a necessidade do programador criar os comandos Data Manipulation Language(DML) da Linguagem SQL.

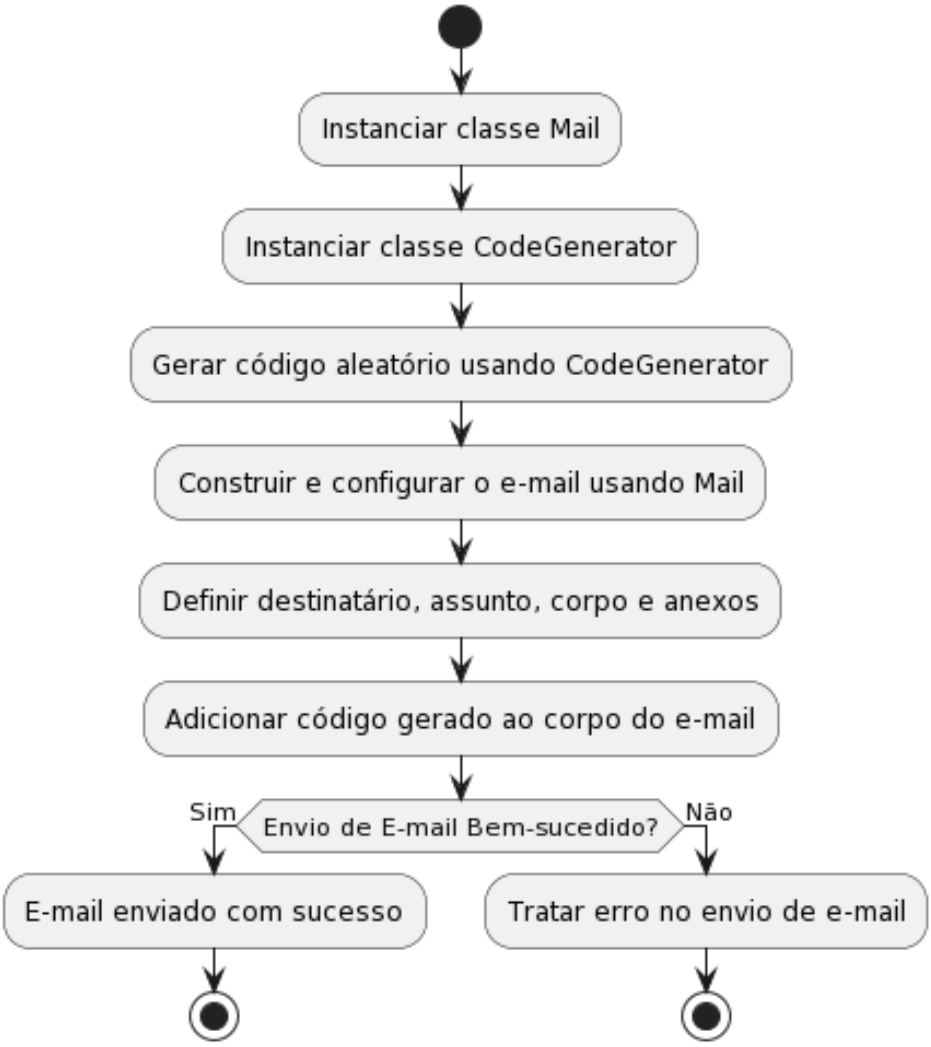
Dentro do *framework*, também é armazenado no banco de dados o momento em que o usuário aceita os termos de uso do produto, que armazena o e-mail do usuário e a data e hora do momento em que o usuário aceitou os termos de uso.

Figura 11: Diagrama de Atividade de roteamento do Zait Tiny Framework.



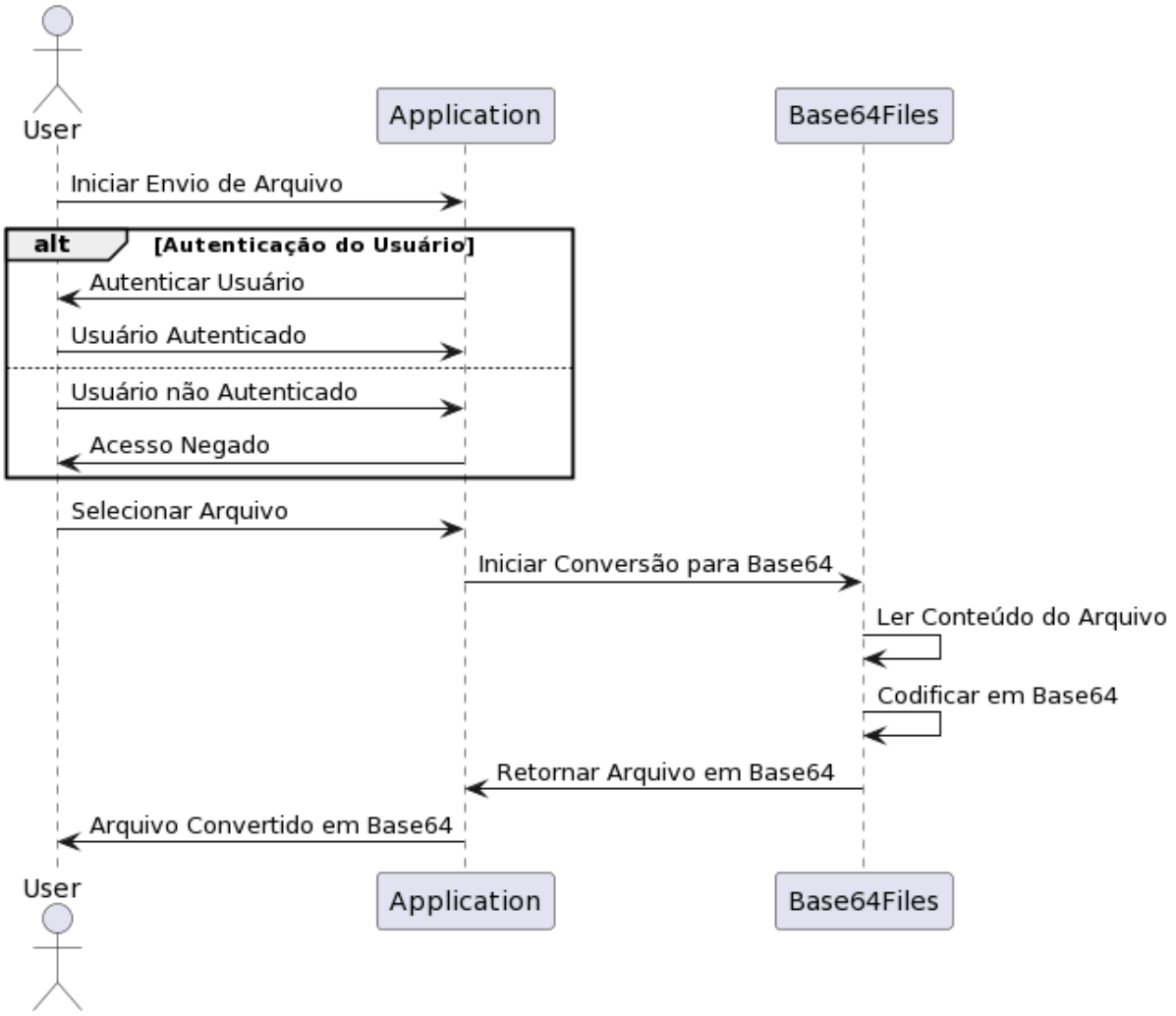
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 12: Diagrama de Atividade da Classe Mail e CodeGenerator para o cadastro de Usuário



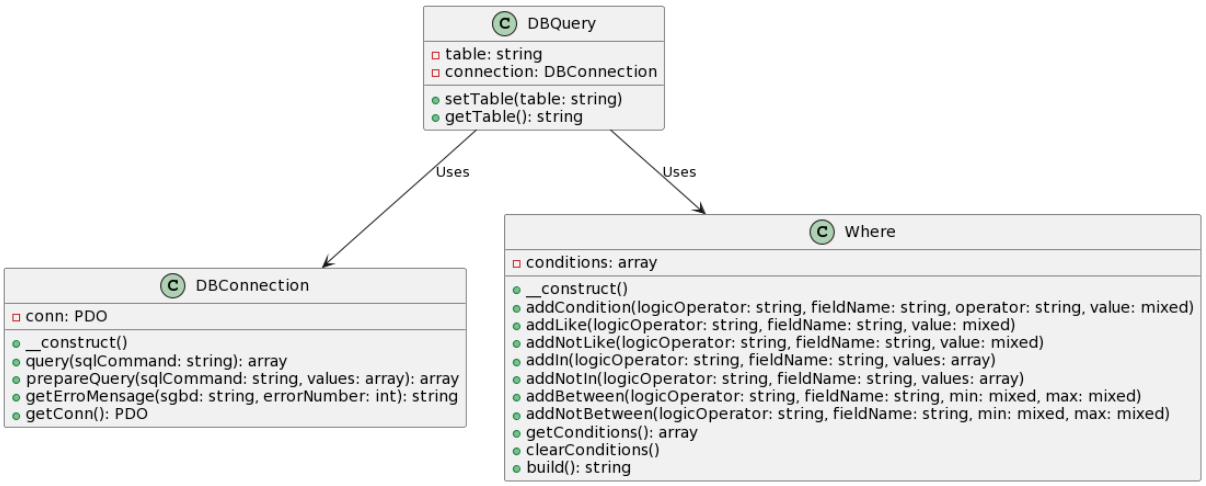
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 13: Diagrama de Sequência do Controle de acesso aos arquivos de upload.



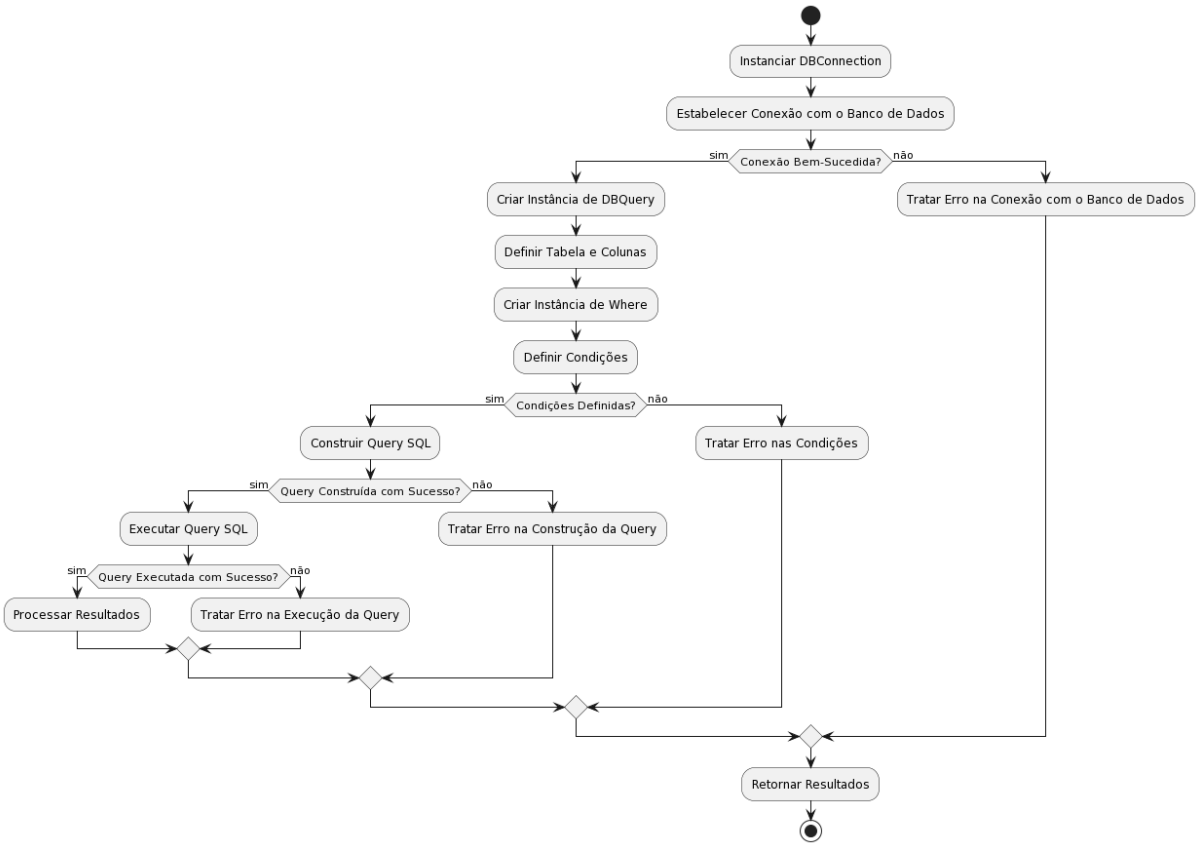
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 14: Diagrama de Classes para Banco de Dados



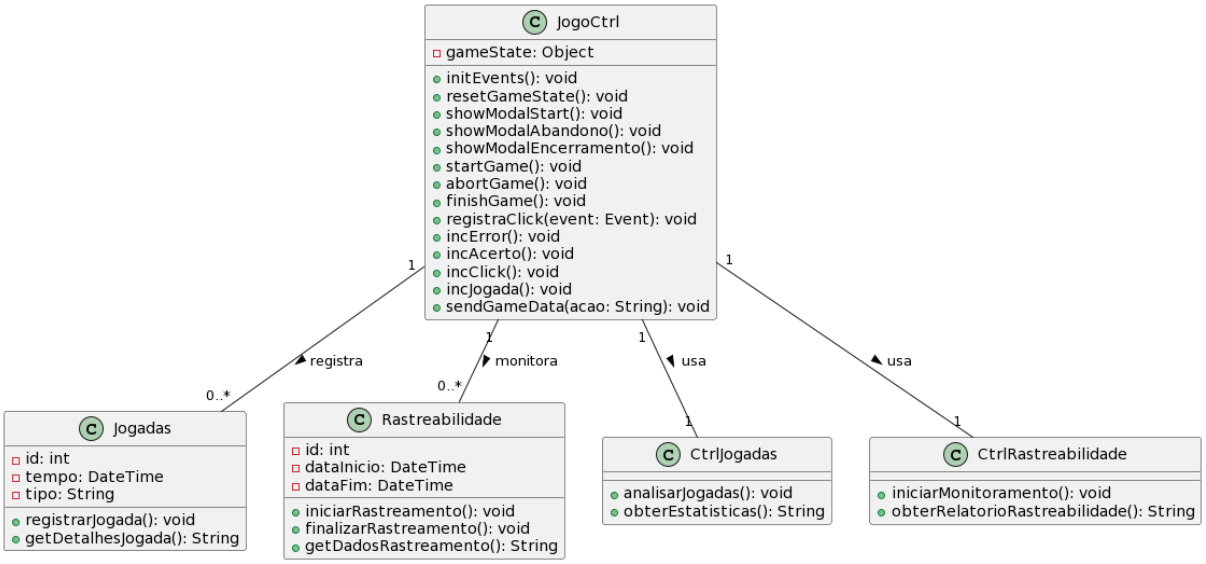
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 15: Diagrama de Atividade para Banco de Dados



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 16: Diagrama de Classes de Controle e Registro de Ações.



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.7.5 Controle de Termos de Uso

Dentro do framework, também é armazenado no banco de dados o momento em que o usuário aceita os termos de uso do produto, que armazena o e-mail do usuário e a data e hora do momento em que o usuário aceitou os termos de uso.

3.7.5.1 Estruturas básicas desenvolvimento de um Jogo

A plataforma foi planejada para que todos os jogos sejam criados em uma estrutura dinâmica. Ao iniciar o jogo, aparecerá uma mensagem de carregando, uma vez que o jogo já disponibilizará todos os recursos visuais ao cliente, evitando dessa forma carregar imagens e sons durante as jogadas. Depois, uma subjanela exclusiva (Modal de Início) carregará com um texto *HTML* ou vídeo de instruções de como jogar e um botão iniciar jogo. Durante o jogo, somente dados de *status* e eventos estão sendo enviados ao servidor. Existem duas formas de encerrar o jogo: com conclusão ou abandono; nesse caso, terão outras duas sub-janelas que registrarão a opinião do jogador ao sair.

Para a plataforma garantir a segurança, controle e aquisição de dados dos jogos, o desenvolvedor precisa usar a classe em JavaScript JogoCtrl. Esta classe atua como um controlador central para o jogo no lado do cliente, gerenciando o estado do jogo, interagindo com a interface do usuário, capturando e registrando as ações do jogador e comunicando-se com um serviço backend para armazenamento e análise de dados. Conforme demonstrado na figura 18, é encapsulado a lógica principal do jogo e as interações do usuário conforme demonstrado pelo diagrama da figura 16, tornando-se um componente crucial no sistema de monitoramento e análise de comportamento dos jogadores.

Conforme demonstrado na figura 17, é demonstrado os fluxos dessas funcionalidades.

- "Iniciar Jogo"é um caso de uso que se inicia quando o jogador opta por começar uma nova sessão de jogo. O ator principal aqui é o Jogador. No fluxo principal, o jogador seleciona a opção para iniciar o jogo na Tela de Jogo. Em resposta, o sistema, através do componente Jogo, carrega os recursos necessários e prepara o ambiente de jogo. Uma vez que tudo está pronto, o jogo é iniciado, permitindo que o jogador comece a jogar. A pós-condição deste, caso de uso é que o jogo está completamente carregado e pronto para ser jogado pelo jogador.

- "Jogar", o jogador interage ativamente com o jogo após seu início. O Jogador, como ator principal, realiza diversas ações dentro do jogo, como mover personagens ou selecionar itens. O componente Jogo processa essas ações e atualiza o estado do jogo de acordo. A pós-condição é que as ações do jogador

são efetivamente refletidas no jogo, influenciando o seu desenvolvimento.

- "Registrar Jogadas"é um caso de uso onde cada ação do jogador é meticulosamente registrada para fins de análise ou para manter o estado do jogo. O Jogador, enquanto joga, executa ações capturadas pelo componente Jogadas. Este componente registra detalhes como o tempo da ação, o tipo, e se foi bem-sucedida ou não. A pós-condição é que todas as jogadas do jogador são armazenadas para referência futura.

- "Visualizar Tela de Jogo", o jogador observa e interage com a interface do jogo. O Jogador, como ator principal, visualiza a Tela de Jogo, que exibe conteúdos importantes do jogo, como mapas, personagens e pontuação. O jogador interage com esta tela para jogar, e a pós-condição é que ele consegue ver e interagir com todos os elementos do jogo.

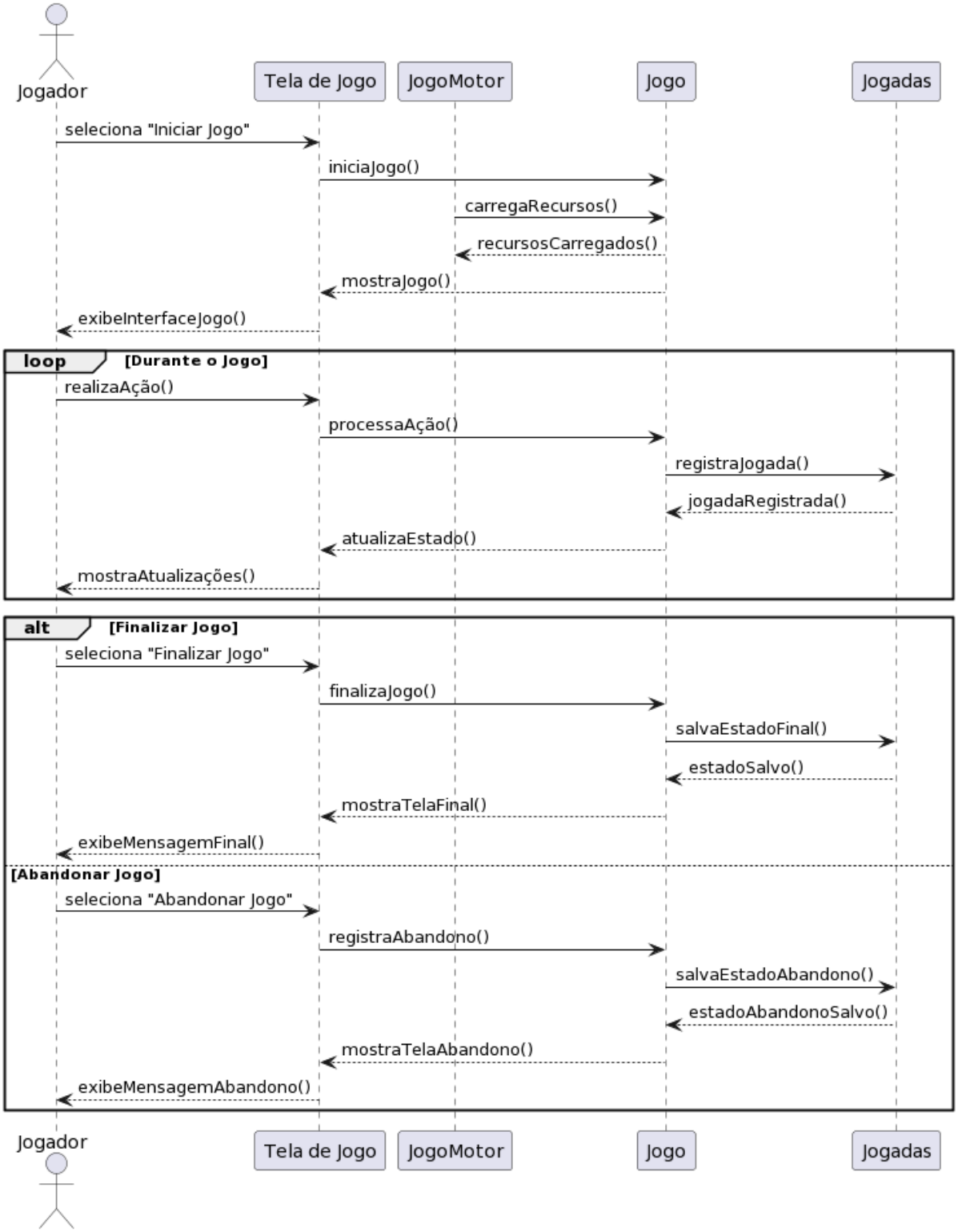
- "Finalizar Jogo"descreve o processo quando o jogador decide terminar a sessão de jogo atual. O Jogador escolhe a opção para finalizar o jogo, e o componente Jogo processa esse pedido, encerrando a sessão. A pós-condição é que o jogo é encerrado, e o jogador tem a opção de sair ou iniciar um novo jogo.

- "Abandonar Jogo"ocorre quando o jogador opta por sair do jogo antes de sua conclusão natural. O Jogador seleciona a opção para abandonar o jogo, e o componente Jogo registra o abandono e encerra a sessão atual. A pós-condição é que o jogo é interrompido, e o jogador pode decidir o que fazer a seguir.

3.7.5.2 Registro de Ações

Como parte desta pesquisa não é somente identificar se existe ou não ganho cognitivo, mas também acompanhar o comportamento dos grupos de jogadores com Alzheimer e sem Alzheimer e suas faixas etárias, todas as ações durante o jogo serão armazenadas e uma tabela de frequência permitindo análises estatísticas destes dados e possibilitando descoberta de informações. Indo além do nível de erros e acertos, os controladores CtrlJogadas e CtrlRastreabilidade atuam como intermediários entre as classes de dados e a interface do usuário. Eles são responsáveis por receber solicitações, processar dados e retornar respostas apropriadas. Eles recebem dados do jogo em tempo real, como ações do jogador e interações com o jogo. Eles processam essas informações, aplicam lógica de negócios e as armazenam nas respectivas classes de dados. Essa estrutura necessária pode ser demonstrada na figura 16. Os dados coletados de rastreabilidade não são necessariamente ligados à alguma função do jogo, mas por meio deles é possível realizar uma variedade de análises comportamentais. Por exemplo, padrões de cliques e movimentos podem

Figura 17: Diagrama de Sequência de Execução de Jogos



Fonte: Elaborada pelo autor.

indicar estratégias de jogo, enquanto a frequência de erros e acertos pode revelar curvas de aprendizado e adaptação.

3.8 DESIGNER DE JOGOS

Utilizando a plataforma Kukafit, desenvolveu-se alguns jogos para instrumentação. Estes jogos possuem referência ao tópico 2.4 deste trabalho, inclusive recomenda-se que qualquer pesquisador que reutilize esta plataforma descreva os jogos criados e suas mecânicas conforme este item para que o jogo fique devidamente classificado segundo suas atividades e habilidades cognitivas.

Criou-se quatro motores de minijogos para testar as diferentes mecânicas, permitindo criar diversas variações dos mesmos. Por se tratar de minijogos, seu documento de game design (GDD) é bem reduzido e voltado à mecânica. Inicialmente, foram criados os motores para o jogo da Memória, Sudoku, Sequência de Sons e Cores (Simons) e Palavras Cruzadas.

3.8.1 Jogo da Memória

O Jogo da Memória é um jogo clássico que desafia os jogadores a encontrar pares de cartas idênticas. É um jogo que testa a memória e a atenção dos jogadores, sendo adequado para todas as idades.

3.8.1.1 Mecânica do Jogo

O jogo consiste em um conjunto de cartas viradas para baixo. Cada carta tem um par correspondente: O tabuleiro é composto por 24 cartas, somando 12 pares. Em cada turno, o jogador vira duas cartas. Se as cartas forem iguais, elas permanecem viradas para cima; se diferentes, são viradas para baixo novamente. O objetivo é encontrar todos os pares de cartas. conforme demonstrado no diagrama da figura 19.

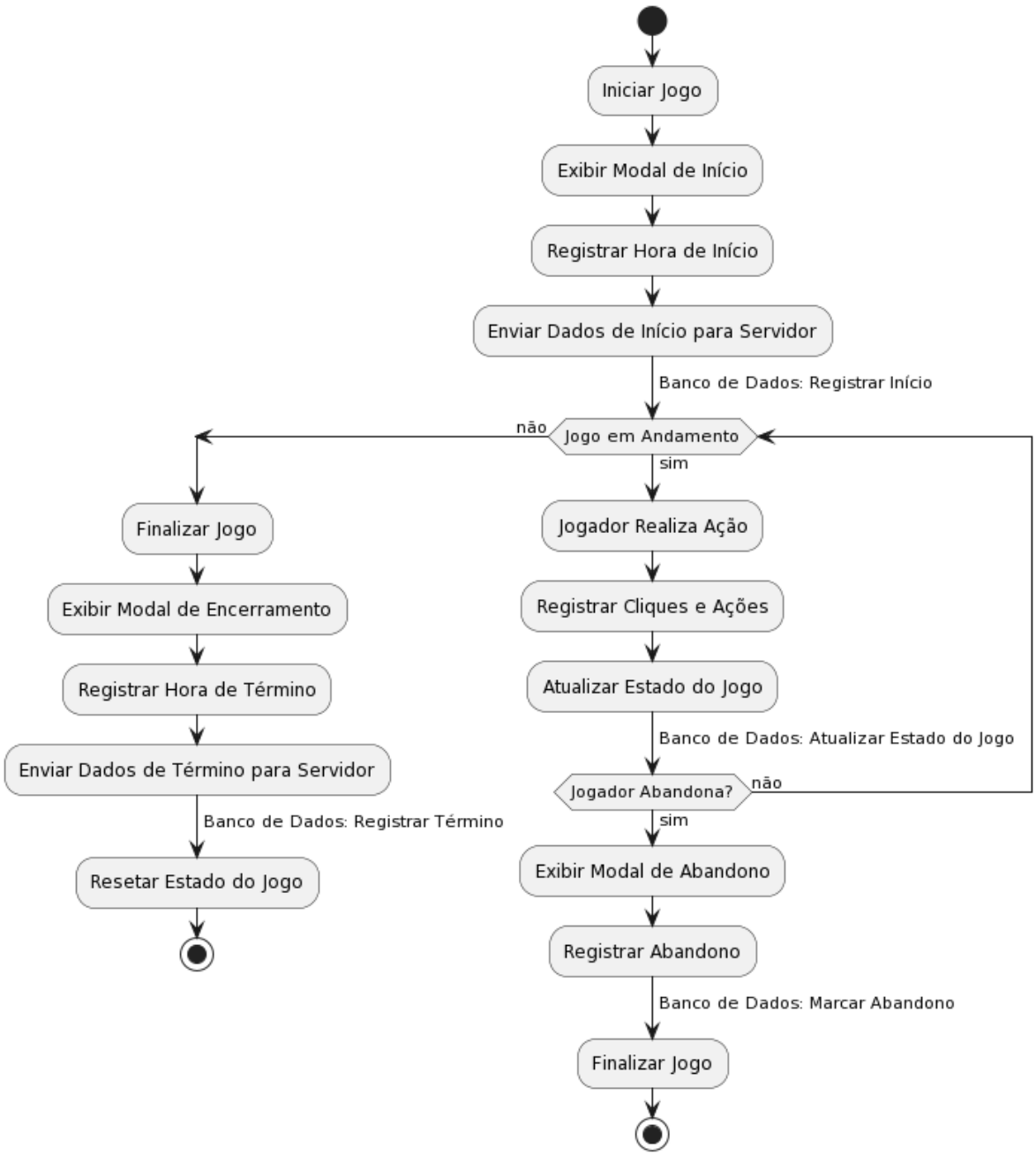
3.8.1.2 Estado Inicial do Jogo

As cartas são embaralhadas e reveladas ao jogador, este deve memorizar onde estão os pares, neste momento não será aplicado um limite de tempo considerando o público idoso. Os pares só serão ocultados quando o jogador achar que já está pronto para iniciar, clicando em iniciar jogo. Ao clicar no botão iniciar o jogo, as cartas serão dispostas ocultas.

3.8.1.3 Jogabilidade

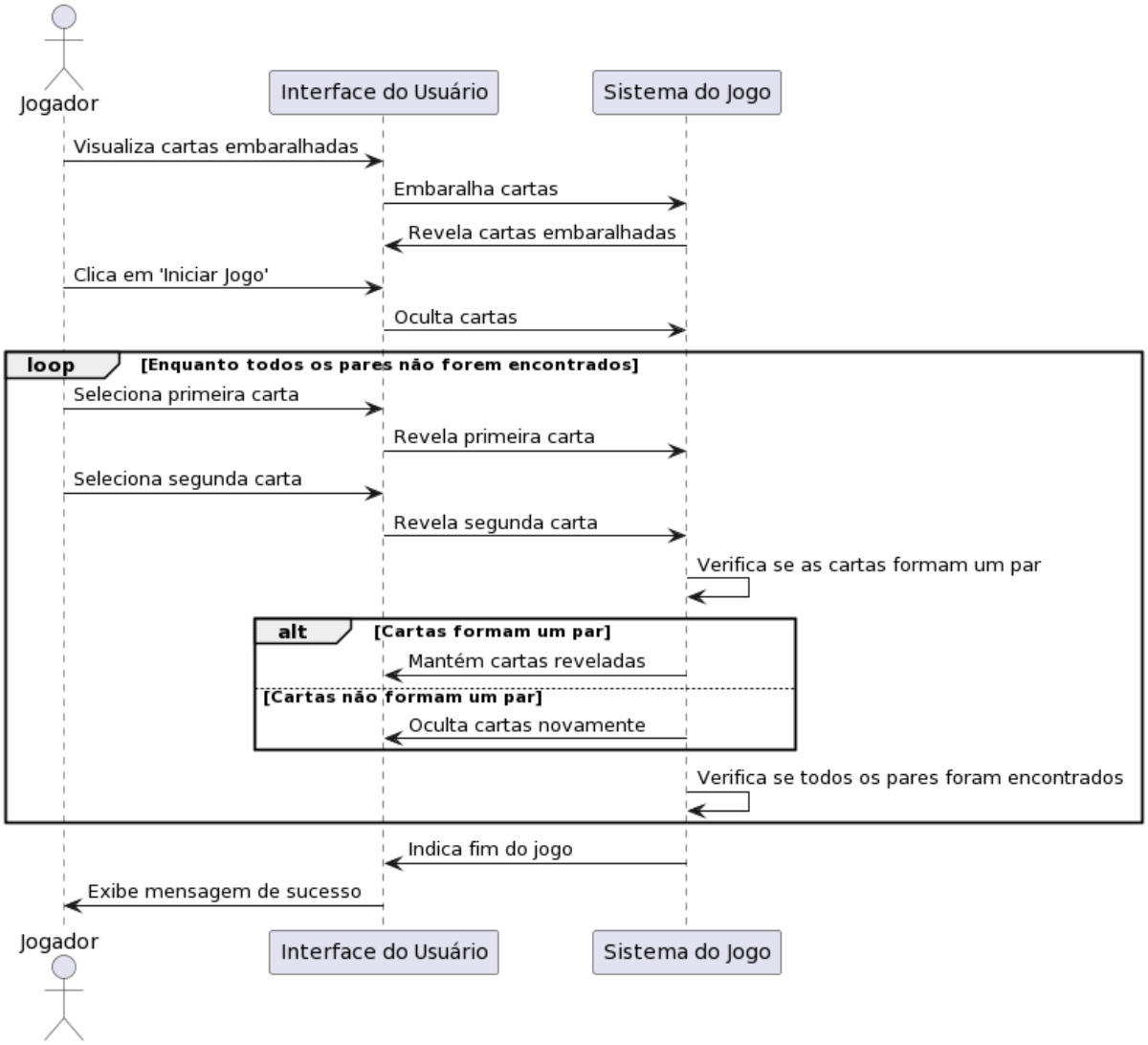
Uma vez que as cartas estiverem ocultas, o jogador verá uma mesma imagem no verso de todas as cartas; O jogador deve selecionar duas cartas, uma de cada vez;

Figura 18: Diagrama de Atividade de Controle dos Jogos



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 19: Diagrama de Sequência do Jogo da Memória criado para o Kukafit.



Fonte: Elaborada pelo autor.

se ele acertar, os pares permanecem desvirados; senão, voltam a ser ocultos. O jogo continuará até que todos os pares sejam encontrados.

Esse comportamento pode ser visualizado no diagrama de sequência da Figura 19.

3.8.1.4 Interface do Usuário

A interface apresentará o tabuleiro de cartas de forma clara e acessível. Células clicáveis para virar. O contador de movimentos estará ativado, mas o de tempo estará oculto para evitar a ansiedade do jogador em terminar em um tempo reduzido.

3.8.1.5 Experiência do Jogador

O Jogo da Memória oferece um desafio divertido e educativo, aprimorando a memória e a atenção dos jogadores.

3.8.1.6 Habilidades Cognitivas

Este jogo exige e desenvolve a memória de curto prazo e a atenção seletiva, correspondendo ao tópico 2.2.4.1 e 2.2.4.2. Os jogadores devem se lembrar da localização e da identidade das cartas, o que estimula a memória visual e espacial, correspondendo ao tópico 2.2.4.4.

3.8.1.7 Possibilidade de incremento de Temas

Além de imagens tradicionais, o jogo pode incluir temas variados, como cores, figuras ou símbolos, para agregar relações com habilidades cognitivas como atenção seletiva, flexibilidade cognitiva e compreensão visual. Temas variados podem tornar o jogo mais atraente para diferentes públicos e faixas etárias.

3.8.2 Sudoku

O jogo Sudoku também é conhecido em Inglês como Number Place, é um jogo de quebra-cabeça baseado em lógica e posicionamento de números. O objetivo do jogador é preencher uma grade 9x9 com números de forma que cada linha, cada coluna e cada uma das nove subgrades 3x3 contenham todos os números de 1 a 9.

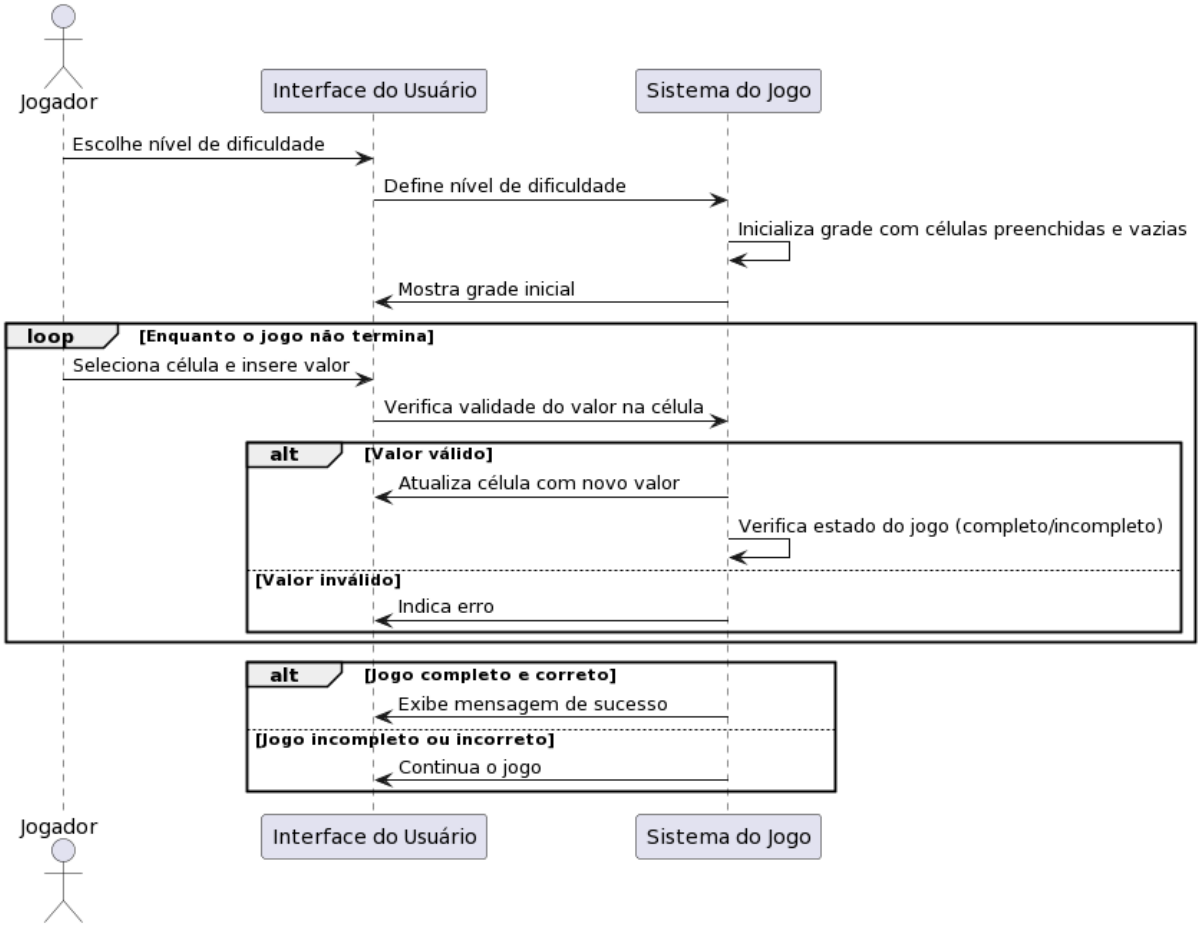
3.8.2.1 Mecânica do Jogo

O jogo utiliza uma grade(matriz) de 9 linhas por 9 colunas, formando uma grade de 81 células. Esta grade é subdividida em nove blocos de 3x3, respeitando a estrutura $n^2 \times n^2$. Em cada linha da grade, existem 9 células que devem conter valores únicos de 1 a 9, sem repetições na mesma linha. Da mesma forma, em cada coluna, existem 9 células que devem conter valores únicos de 1 a 9, sem repetições na mesma coluna. Além disso, em cada uma das nove subgrades 3x3, os valores de 1 a 9 também não se repetem. Esse comportamento pode ser visualizado no diagrama de sequência da Figura 20.

3.8.2.2 Estado Inicial do Jogo

O jogador escolherá o nível de dificuldade definindo assim a quantidade de células da grade reveladas; quanto menos células reveladas, mais difícil é o jogo, aumentando significativamente a complexidade e o desafio, exigindo mais raciocínio e estratégia do jogador. Considerando o público-alvo, deve-se sempre começar com o mínimo

Figura 20: Diagrama de Sequência do Sudoku.



Fonte: Elaborada pelo autor.

de células ocultas, em torno de 10%. As células da grade 9x9 serão preenchidas aleatoriamente com valores de 1 a 9 no início do jogo. As células restantes estarão vazias, aguardando a entrada do jogador.

3.8.2.3 Jogabilidade

O jogador deve preencher as células vazias com valores de 1 a 9. 1. Um número só pode ser colocado em uma célula se não estiver presente na mesma linha, coluna ou subgrade 3x3. 2. O jogador pode usar o processo de eliminação para determinar o valor correto para uma célula vazia.

3.8.2.4 Interface do Usuário

1. A interface apresentará a grade 9x9 de forma clara e acessível. 2. Células selecionáveis para a entrada de números. 3. Opções para desfazer movimentos, dicas e reiniciar o jogo. 4. Indicadores visuais para erros ou conflitos de números. 5. Seleção de nível de dificuldade antes de iniciar um novo jogo.

3.8.2.5 Experiência do Jogador

O Sudoku oferece um desafio mental, promovendo o raciocínio lógico e a habilidade de resolução de problemas. O jogo terá diferentes níveis de dificuldade, desde o iniciante até o avançado, adequando-se a uma ampla gama de habilidades dos jogadores.

3.8.2.6 Habilidades Cognitivas

Sudoku é um jogo que exige raciocínio lógico e habilidade para resolver problemas. Os jogadores devem usar a lógica para determinar quais números se encaixam em quais células, com base nas restrições de linha, coluna e subgrade. Inclui também a análise de padrões, a eliminação de possibilidades e a aplicação de estratégias para resolver a grade. O jogo desafia os jogadores a usar o pensamento crítico e a tomada de decisão para encontrar a solução correta, relacionando-se com os tópicos 2.2.4.6.2 e 2.2.4.6.3, raciocínio lógico e raciocínio matemático, respectivamente.

3.8.2.7 Possibilidade de incremento de Temas:

Como os 9 números que interagem com o usuário são imagens dos números, haverá a possibilidade de variar os nove números por uma sequência de 9 cores ou mesmo 9 figuras, desta forma o jogo agregará relações com habilidades cognitivas descritas nos tópicos 2.2.4.1, 2.2.4.2, 2.2.4.3, onde temos Atenção Seletiva, Flexibilidade Cognitiva, Compreensão Visual respectivamente.

3.8.3 Sequência de Sons e Cores (Simons)

O jogo "Sequência de Sons e Cores", também conhecido como "Simons", é um jogo eletrônico de memória rítmica que desafia os jogadores a lembrar e repetir sequências crescentes de luzes e sons.

3.8.3.1 Mecânica do Jogo

O jogo consiste em um dispositivo com quatro botões coloridos (vermelho, verde, azul, amarelo), cada um emitindo um som específico. A cada rodada, o jogo apresenta uma sequência de luzes e sons, começando com uma e aumentando progressivamente. O jogador deve repetir a sequência pressionando os botões na ordem correta. Acertos levam o jogador ao próximo nível com mais uma sequência de cor e som incrementada à sequência anterior; os erros oferecem uma nova tentativa.

3.8.3.2 Estado Inicial do Jogo

O jogador pode escolher entre diferentes níveis de dificuldade, influenciando a quantidade de sequências. O jogo começa com o limite até 5 sequências, mas o jogador pode aumentar como desejar. O jogo começa com uma única luz e som, aumentando em complexidade à medida que o jogador avança como demonstrado no diagrama da figura 21.

3.8.3.3 Jogabilidade

O jogador observa e escuta a sequência apresentada pelo jogo e, em seguida, repete a sequência usando os botões coloridos. A jogabilidade continua até que o jogador erre a sequência ou atinja o limite máximo de níveis.

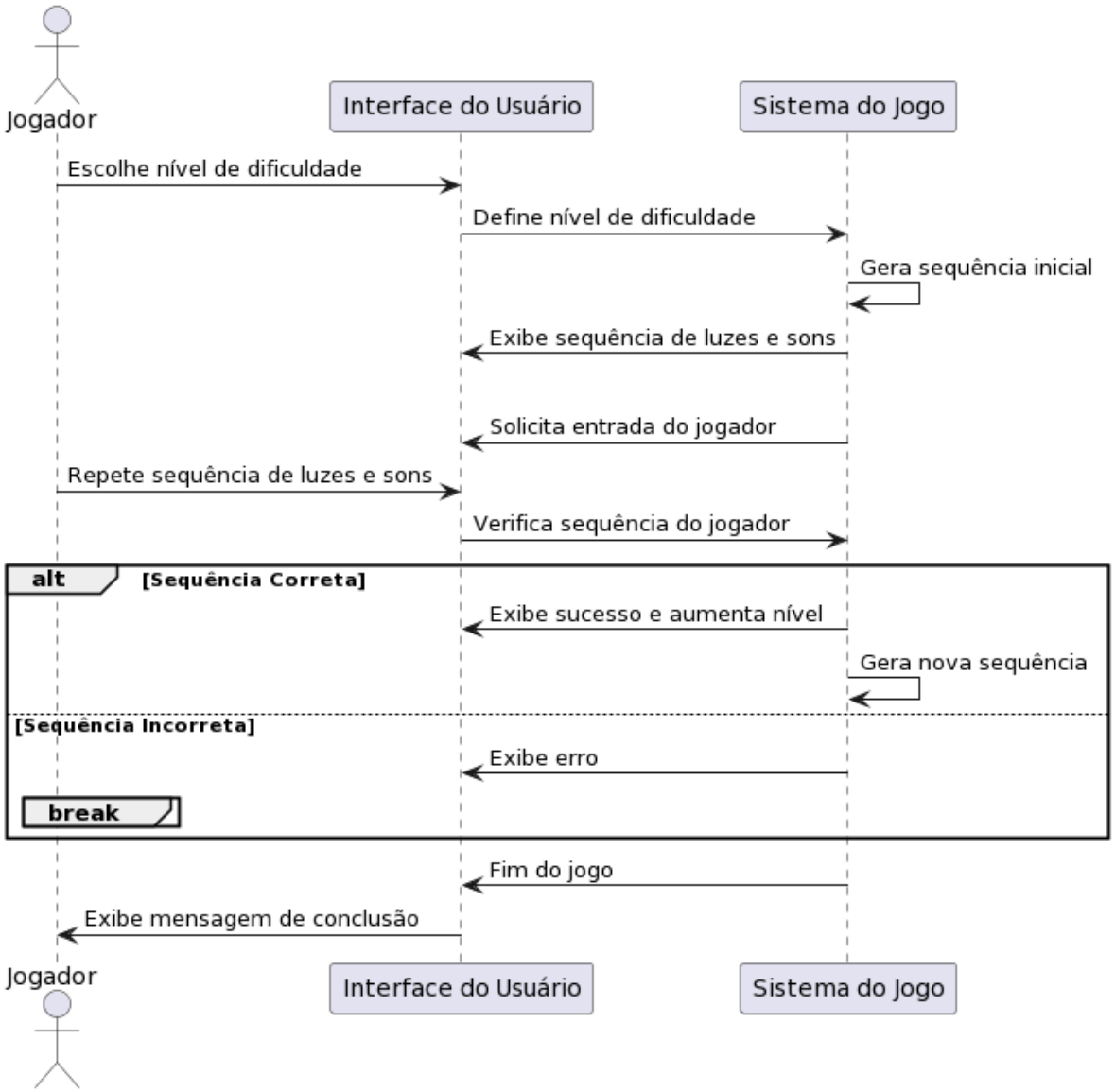
3.8.3.4 Interface do Usuário

A interface apresenta um dispositivo com botões coloridos e luminosos, com indicadores visuais e sonoros para cada botão. Uma tabela na interface permite ao jogador visualizar as sequências realizadas e a pontuação acumulada. Opções para reiniciar o jogo e ajustar configurações como volume e dificuldade estão disponíveis.

3.8.3.5 Experiência do Jogador

O jogo oferece um desafio de memória e coordenação, aprimorando habilidades cognitivas e de concentração. Diferentes níveis de dificuldade tornam o jogo acessível e desafiador para uma ampla gama de habilidades.

Figura 21: Sequência de Cores e Sons criado para o Kukafit.



Fonte: Elaborada pelo autor.

3.8.3.6 Habilidades Cognitivas

O jogo estimula a memória de curto prazo, atenção e habilidades de sequenciamento, correspondendo ao tópico 2.2.4.4 e 2.2.4.1 Desafia os jogadores a usar pensamento crítico e memória auditiva e visual para repetir as sequências corretamente, correspondendo ao tópico 2.2.4.6 e 2.2.4.4.

3.8.3.7 Possibilidade de incremento de Temas

O jogo pode ser adaptado com diferentes temas sonoros para manter o interesse dos jogadores e oferecer novos desafios.

3.8.4 Palavras Cruzadas

Palavras Cruzadas é um jogo clássico de quebra-cabeça de palavras, onde os jogadores preenchem uma grade com base em dicas para formar palavras que se cruzam vertical e horizontalmente.

3.8.4.1 Mecânica do Jogo

O jogo consiste em uma grade, geralmente retangular, com quadrados brancos e pretos. Os quadrados brancos são onde as letras são inseridas para formar palavras. Cada palavra na grade tem uma dica associada, listada separadamente por orientação (horizontal ou vertical). O objetivo é preencher todos os quadrados brancos com letras, formando palavras que se encaixam tanto nas dicas horizontais quanto verticais. Conforme demonstrado na figura 22.

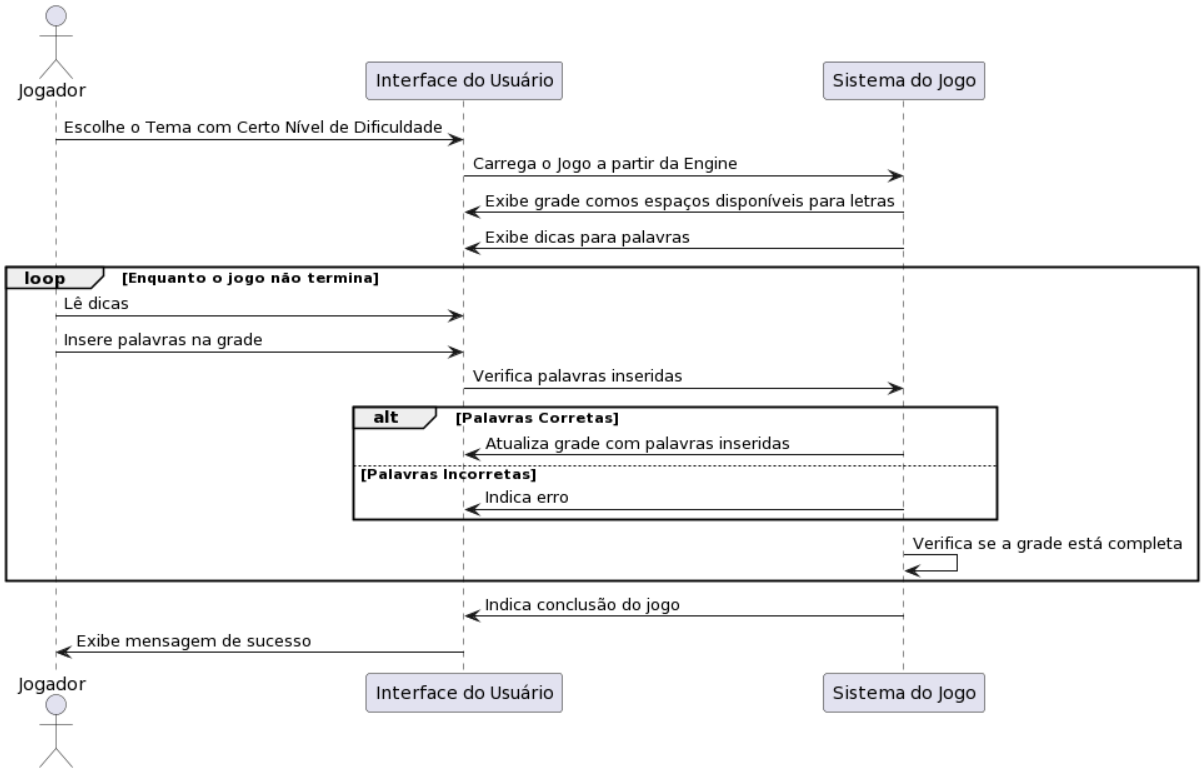
3.8.4.2 Estado Inicial do Jogo

A grade é apresentada com algumas letras já preenchidas para ajudar o jogador a começar, dependendo do nível de dificuldade. As dicas são listadas ao lado da grade, categorizadas por horizontal e vertical. O jogador pode escolher entre diferentes níveis de dificuldade, que influenciam o número de letras preenchidas inicialmente e a complexidade das dicas.

3.8.4.3 Jogabilidade

O jogador lê as dicas e tenta deduzir as palavras correspondentes. As palavras são inseridas na grade nos espaços correspondentes. O jogo continua até que todas as palavras sejam corretamente preenchidas na grade. A dificuldade aumenta conforme são solicitadas um número maior de palavras.

Figura 22: Diagrama de Sequência das Palavras Cruzadas.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.8.4.4 Interface do Usuário

A interface apresenta a grade de palavras-cruzadas de forma clara e acessível.
Um sistema de entrada para o jogador digitar as palavras.
Dicas são exibidas de forma organizada e fácil de navegar.
Opções para verificar respostas, revelar letras ou palavras e reiniciar o jogo.
Uma tabela de dicas é fornecida ao lado da grade, com dicas numeradas que correspondem aos espaços na grade.

3.8.4.5 Experiência do Jogador

Palavras Cruzadas oferecem um desafio intelectual, promovendo vocabulário, raciocínio lógico e habilidades de resolução de problemas. Diferentes níveis de dificuldade tornam o jogo acessível e desafiador para uma ampla gama de habilidades.

3.8.4.6 Habilidades Cognitivas

Este jogo estimula a memória, o vocabulário e a capacidade de resolver problemas, conforme o tópico 2.2.4.6 Desafia os jogadores a usar o pensamento crítico e a

compreensão de linguagem para decifrar as dicas e encontrar as palavras corretas, conforme o tópico 2.2.4.3.

4 RESULTADOS

4.1 PLATAFORMA KUKAFIT

Como resultado deste trabalho, foi desenvolvida a plataforma Kukafit, concebida para disponibilizar ao usuário um conjunto de microjogos cognitivos voltados à estimulação da memória, compreensão verbal, velocidade de processamento e organização perceptual. A plataforma atua como instrumento de apoio ao tratamento multidisciplinar de pacientes com Doença de Alzheimer (DA), permitindo a execução estruturada de atividades cognitivas mediadas por jogos digitais.

Além da oferta das atividades lúdicas, a Kukafit foi projetada para possibilitar a coleta sistemática de dados de uso, indo além da simples mensuração de desempenho nos jogos. O sistema incorpora um módulo paralelo de acompanhamento comportamental que registra, de forma contínua, informações relacionadas às interações do usuário, tais como data e horário das ações, tipo de ação executada, coordenadas cartesianas (x,y) dos cliques e identificação de cliques realizados sobre elementos interativos ou áreas vazias da tela. Esses registros constituem um histórico detalhado do comportamento do jogador durante o uso da plataforma, permitindo análises posteriores sobre padrões de interação e usabilidade.

No que se refere ao conteúdo visual e narrativo, optou-se pela utilização de microjogos com enredos neutros ou sem narrativa explícita. Essa decisão teve como objetivo minimizar possíveis rejeições ou desmotivação decorrentes de elementos visuais, simbólicos, culturais ou religiosos que pudessem conflitar com crenças centrais dos usuários ou evocar sentimentos negativos.

4.1.1 Fluxo Geral de Acesso à Plataforma

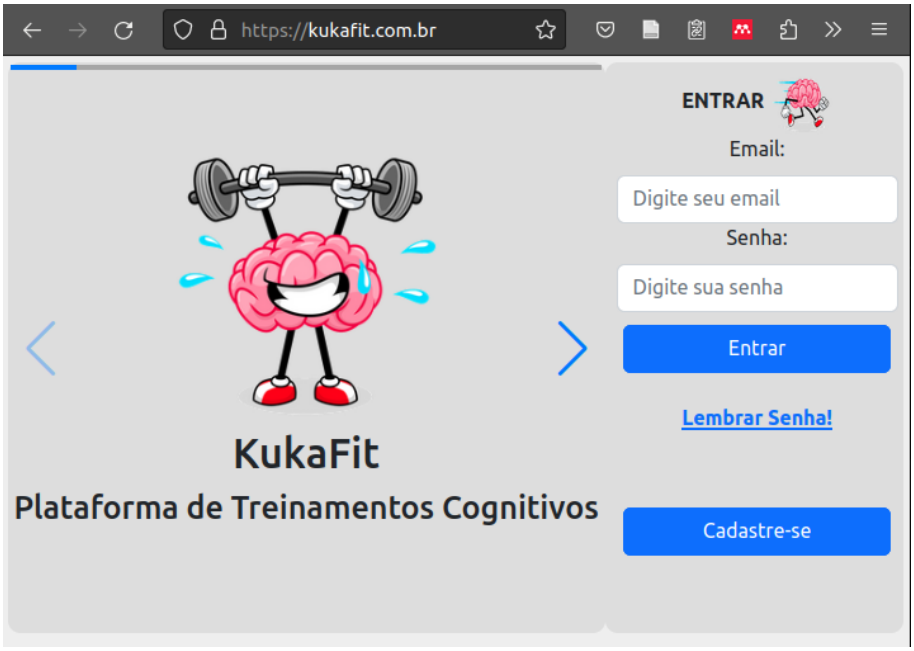
O fluxo de acesso à plataforma Kukafit inicia-se na Tela Inicial, a partir da qual o usuário pode realizar cadastro, autenticação ou recuperação de senha, além de obter informações gerais sobre a pesquisa e sobre as políticas de uso de dados.

4.1.1.1 Tela Inicial

A Tela Inicial da plataforma Kukafit, apresentada na Figura 23, constitui o primeiro ponto de contato do usuário com o sistema. Seu principal objetivo é fornecer informações gerais sobre a plataforma, os jogos disponíveis, o contexto da pesquisa, bem como aspectos relacionados à política de aquisição, segurança e manutenção dos dados.

Além do conteúdo informativo, a tela integra os principais pontos de entrada do sistema, incluindo os painéis de cadastro de usuário, autenticação e recuperação de senha. Também são apresentados avisos referentes ao uso de dados armazenados

Figura 23: Tela Inicial



Fonte: Elaborada pelo autor.

localmente no dispositivo do usuário, como *cookies* e *localStorage*, bem como a solicitação de aceite dos Termos de Uso, condição necessária para a utilização da plataforma.

4.1.1.2 Painel de Cadastro de Usuário

O painel de cadastro permite a criação de uma conta de acesso à plataforma. Como resultado do processo de cadastro, a senha de acesso é enviada automaticamente para o endereço de e-mail informado, garantindo a validação do e-mail como identificador único do usuário no sistema.

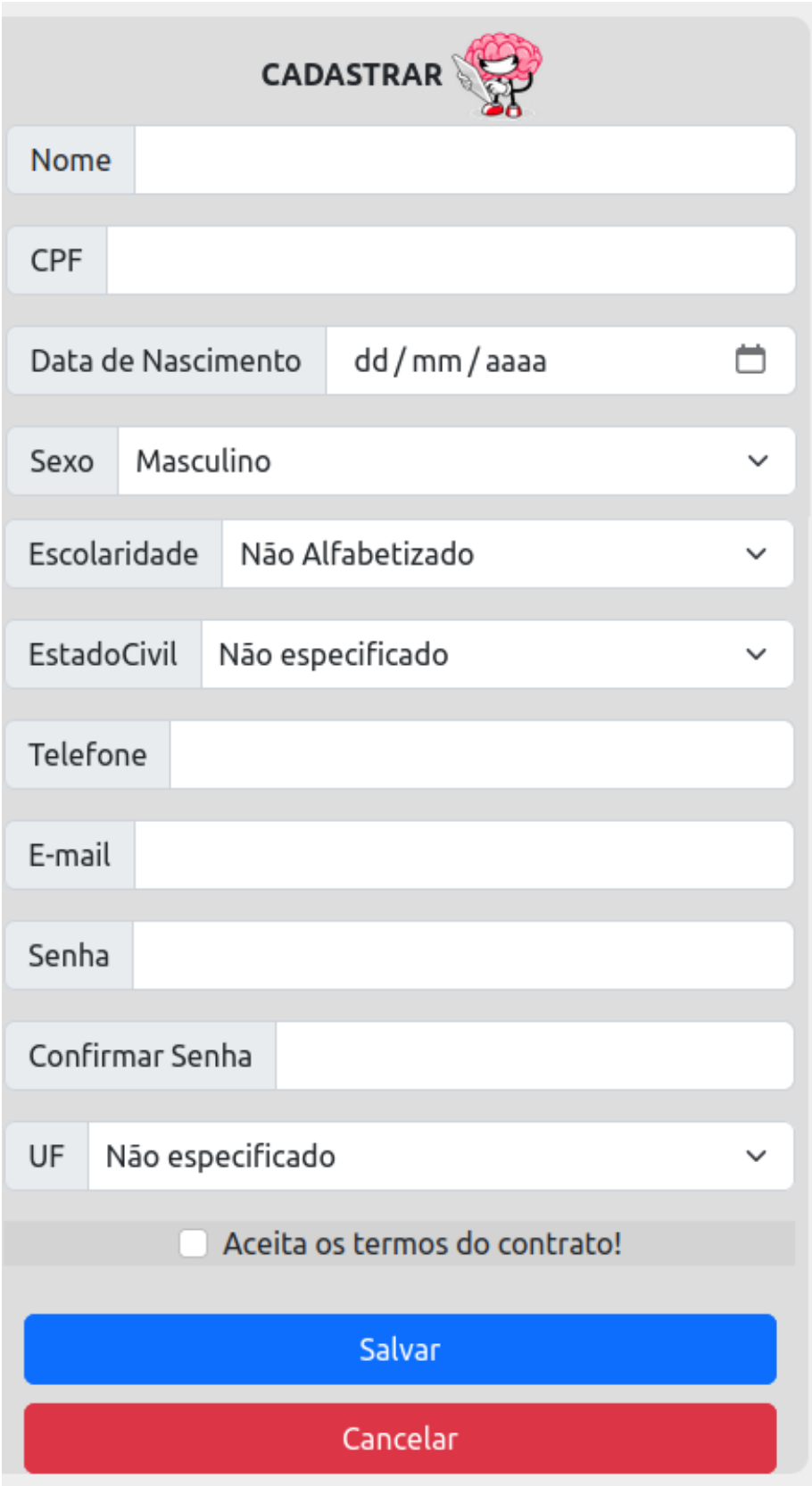
A interface correspondente ao cadastro é ilustrada na Figura 24.

4.1.1.3 Painel de Autenticação

O painel de autenticação permite o acesso às áreas privativas da plataforma mediante a inserção do e-mail e da senha previamente cadastrados. Em caso de autenticação bem-sucedida, o sistema cria uma sessão associada à chave de identificação do usuário, possibilitando que as demais áreas da plataforma reconheçam e validem o usuário autenticado.

Como funcionalidade adicional, pode ser solicitada a captura de um autorretrato no momento da autenticação, contribuindo para a validação visual do participante e reduzindo a possibilidade de acesso por terceiros.

Figura 24: Tela de Cadastro



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 25: Termo de Políticas de Uso



Fonte: Elaborada pelo autor.

4.1.1.4 Recuperação de Senha

A funcionalidade de recuperação de senha permite que usuários não autenticados solicitem uma nova senha informando apenas o endereço de e-mail cadastrado. Após a solicitação, o sistema gera uma nova senha e a envia automaticamente para o e-mail do usuário.

4.1.1.5 Áreas Privativas

As áreas privativas da Kukafit realizam verificações contínuas do estado de autenticação do usuário. Caso a sessão esteja ativa, o acesso é permitido normalmente; caso contrário, o usuário é redirecionado para a tela de autenticação, mantendo-se a referência da página de origem para posterior retorno.

4.1.2 Termos de Uso e Consentimento

Os Termos de Uso da plataforma, apresentados na Figura 25, formalizam o consentimento do usuário quanto ao armazenamento e utilização dos dados coletados para fins de pesquisa científica, incluindo dados de desempenho nos jogos, padrões de uso e informações de interação.

É garantido que todas as análises e publicações decorrentes do uso da plataforma preservem o anonimato dos participantes. A Kukafit é disponibilizada de forma gratuita, sem gerar ônus financeiro aos usuários.

4.1.3 Tela Principal e Funcionalidades do Jogador

Após a autenticação, o usuário é direcionado à Tela Principal, ambiente privativo que centraliza o acesso às funcionalidades da plataforma, incluindo perfil, listagem de

jogos e opções de customização.

4.1.3.1 Tela de Perfil do Usuário

A tela de perfil apresenta os jogos organizados por categorias, exibindo ícone, nome, data do último acesso, pontuação obtida e descrição resumida. O usuário pode acessar informações detalhadas e iniciar o jogo diretamente a partir dessa interface.

4.1.3.2 Jogos Customizados

Os jogos customizados passam a integrar a listagem padrão do usuário quando compartilhados pelo pesquisador ou desenvolvedor, por meio do atributo *shareEmails*. Cada microjogo possui regras e estruturas próprias, de modo que as possibilidades de customização são avaliadas individualmente.

4.1.3.3 Tela de Customização de Jogos

A customização dos jogos ocorre na visão do Jogador por meio da interface apresentada na Figura 26. Nessa tela, é possível editar recursos visuais e sonoros por meio do envio de arquivos codificados em Base64, permitindo a adaptação do conteúdo do jogo às preferências do usuário.

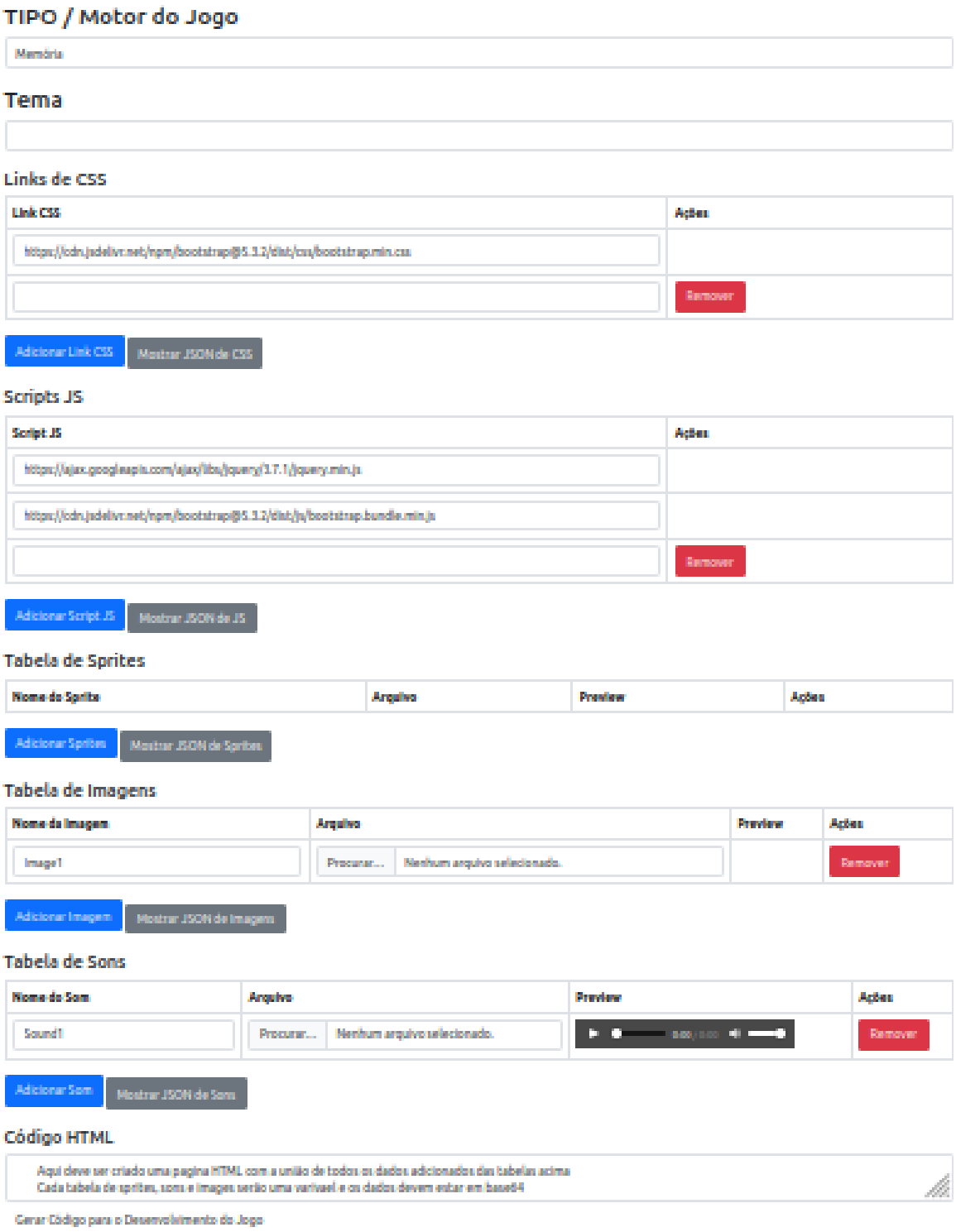
A arquitetura da plataforma diferencia o *jogoMotor*, desenvolvido pelo programador, da entidade *jogo*, que representa uma instância parametrizada desse motor. Em jogos com estrutura de parametrização simplificada, como Palavras Cruzadas, é apresentada uma interface específica de edição, conforme ilustrado na Figura 27.

4.2 JOGOS DESENVOLVIDOS

Como resultado da implementação da plataforma Kukafit, foram desenvolvidos quatro motores de microjogos, possibilitando a criação de múltiplas variações a partir de uma mesma base estrutural. Os jogos implementados foram: Jogo da Memória, Sudoku, Sequência de Sons e Cores (*Simon*) e Palavras Cruzadas. Cada motor foi concebido para materializar as mecânicas definidas na etapa de *game design*, contemplando interfaces de execução destinadas ao usuário final (Jogador) e, quando aplicável, interfaces administrativas de edição ou customização acessíveis a perfis autorizados, como o pesquisador ou administrador do sistema.

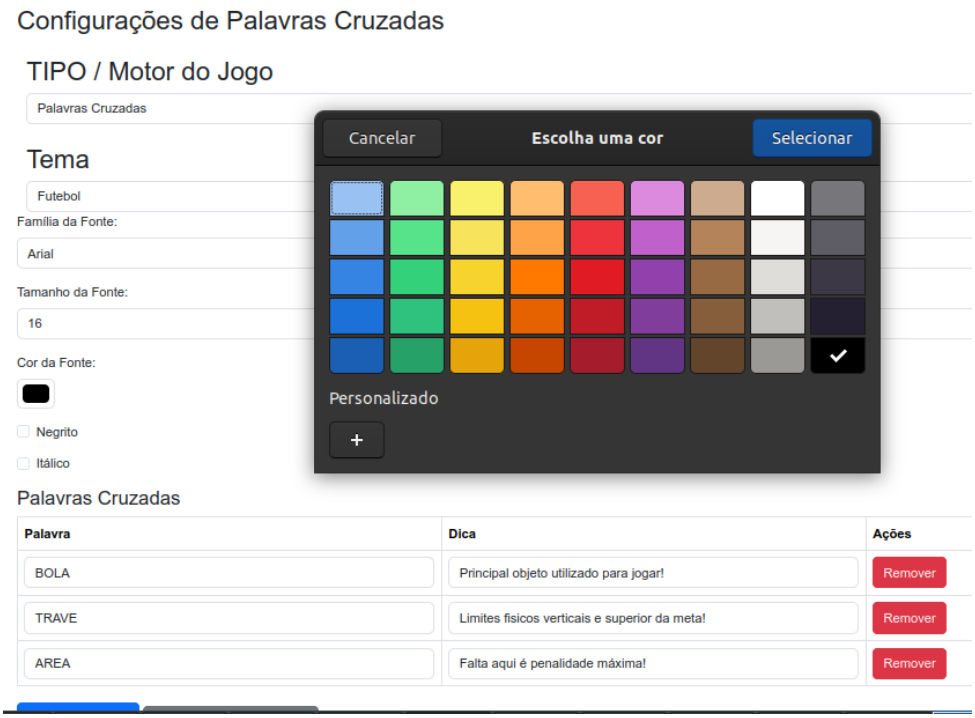
O Jogo da Memória, cuja interface de execução é apresentada na Figura 28, foi implementado de forma a materializar a mecânica de associação de pares por meio de um tabuleiro visualmente organizado e acessível. A disposição uniforme das cartas e a resposta visual imediata às interações do Jogador evidenciam a incorporação de estímulos voltados à memória de curto prazo, à atenção visual e à organização

Figura 26: Tela de Inserção de Jogos e Recursos em Base64



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 27: Tela de Edição de Palavras Cruzadas



Fonte: Elaborada pelo autor.

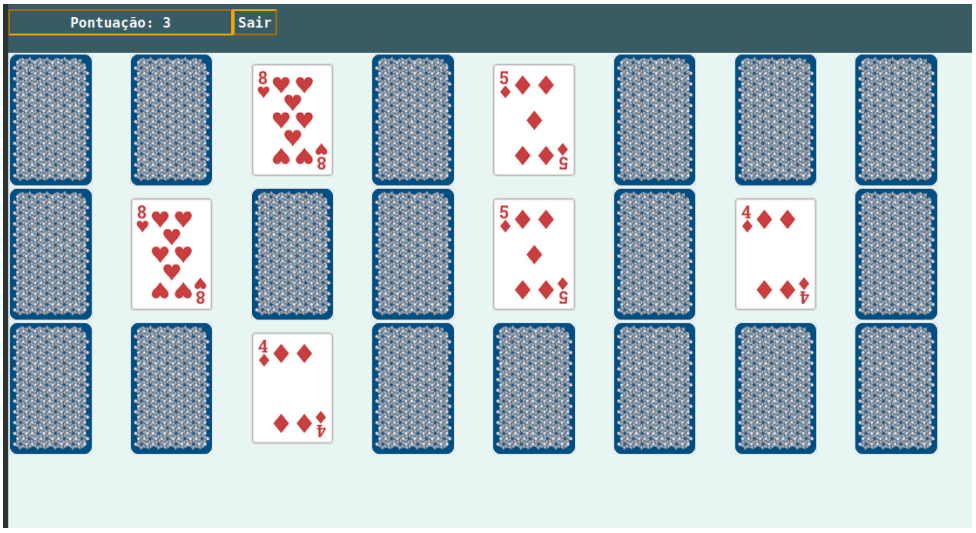
espacial. A ausência de restrições temporais durante a execução do jogo reflete a adequação do design ao público-alvo, especialmente usuários idosos.

A interface do jogo Sudoku, ilustrada na Figura 29, reflete diretamente a estrutura lógica definida no *game design*, apresentando uma grade 9x9 segmentada em subgrades 3x3. Os mecanismos de seleção e inserção de valores, aliados à organização visual das células, evidenciam a implementação de estímulos relacionados ao raciocínio lógico-matemático, à atenção seletiva e à tomada de decisão, permitindo ao Jogador concentrar-se na resolução progressiva do desafio proposto.

O jogo Sequência de Sons e Cores (*Simon*), cuja interface de execução é apresentada na Figura 30, implementa a mecânica de repetição progressiva de sequências por meio da ativação sincronizada de estímulos visuais e sonoros. A disposição dos botões coloridos e a apresentação incremental das sequências evidenciam o foco no treino da memória sequencial, da atenção sustentada e da coordenação entre estímulos auditivos e visuais, conforme os objetivos cognitivos definidos para esse motor de jogo.

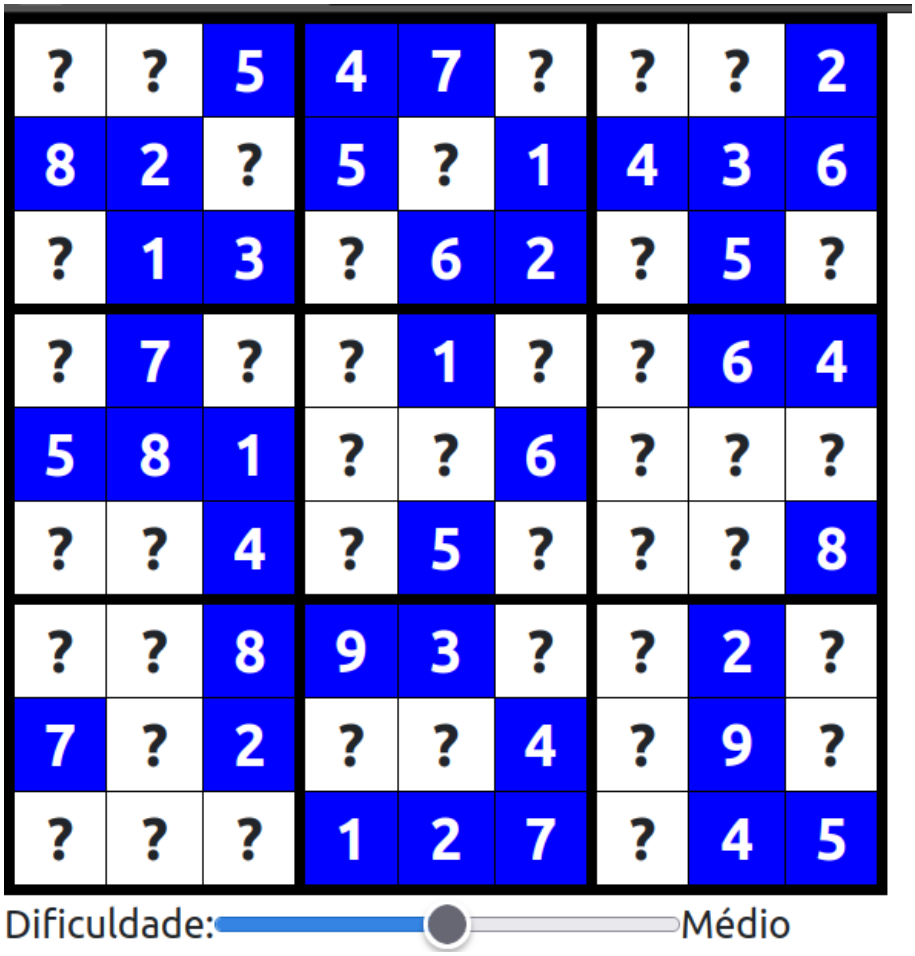
Diferentemente dos demais jogos, o jogo Palavras Cruzadas dispõe de uma interface administrativa específica de edição e customização, apresentada na Figura 31. Essa tela não corresponde à interface de execução do jogo pelo usuário final, mas sim a um ambiente de parametrização acessível a perfis autorizados, como o pesquisador ou administrador. Nessa interface são definidos elementos como

Figura 28: Tela do Jogo da Memória



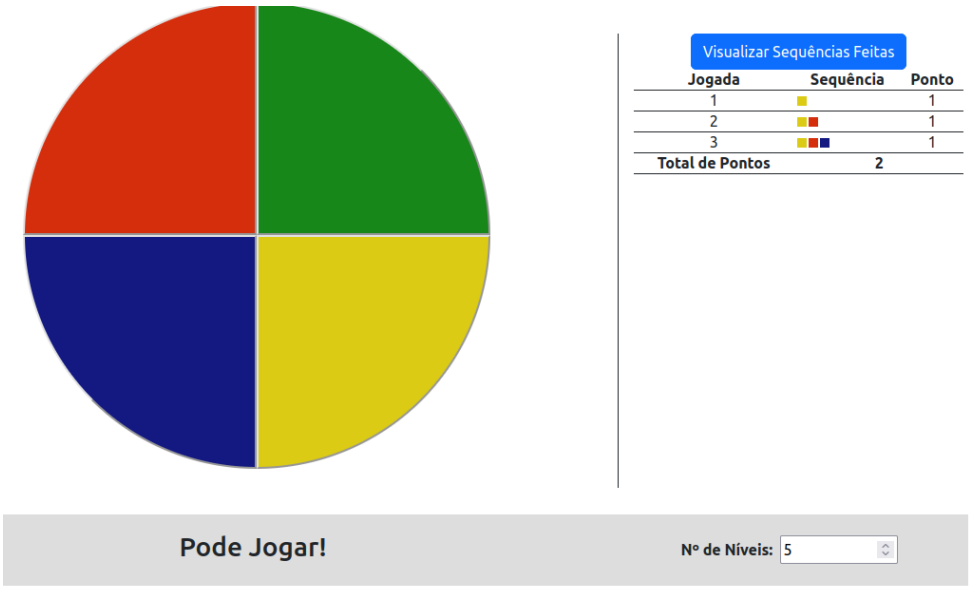
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 29: Tela do Sudoku criado para o Kukafit



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 30: Tela do Jogo de Sequência de Sons e Cores



Fonte: Elaborada pelo autor.

palavras, dicas e configurações visuais, materializando o modelo de parametrização adotado na plataforma. Essa abordagem permite a adaptação do conteúdo do jogo às necessidades do estudo sem a necessidade de alterações no código-base, preservando a coerência com o *game design* previamente definido.

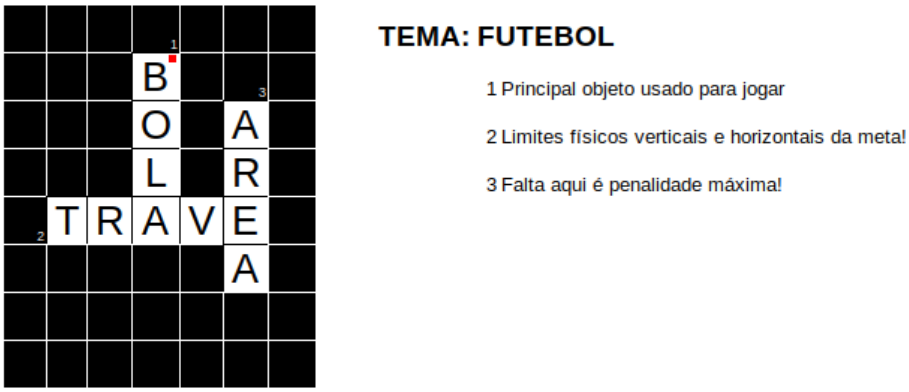
4.3 TESTES

Este tópico do trabalho apresenta os relatórios de testes realizados na plataforma Kukafit. O objetivo principal é validar as funcionalidades implementadas e garantir que atendam aos requisitos previamente estabelecidos. Foram conduzidos diferentes tipos de testes para cobrir aspectos distintos da qualidade do software, incluindo testes unitários, testes de integração, testes de segurança e testes funcionais. Foi também observado os critérios das normas NBR ISO/IEC 9126-1 e ISO/IEC 25010, que definem métricas de qualidade para software.

É importante destacar que o Kukafit é um protótipo de apresentação de modelo, desenvolvido para demonstrar as funcionalidades levantadas na revisão de literatura e propor um ambiente seguro, escalável e customizável para o desenvolvimento de uma plataforma de treinamento cognitivo para idosos com Alzheimer leve. Todos os requisitos foram levantados por meio da revisão da literatura presente neste documento, alinhando os requisitos com os anais da pesquisa acadêmica sobre o tema.

Os testes foram realizados ao longo do desenvolvimento, seguindo o modelo

Figura 31: Tela do Jogo de Palavras Cruzadas



Fonte: Elaborada pelo autor.

incremental de desenvolvimento de software. Esse modelo permitiu que os erros fossem corrigidos conforme cada unidade fosse desenvolvida, garantindo que as funcionalidades fossem testadas continuamente. Cada funcionalidade foi validada em ciclos iterativos, refinando e aprimorando o sistema antes da finalização de cada fase.

4.3.1 Testes Unitários

Testes unitários são testes automatizados responsáveis pela verificação comportamental das entradas e saídas de uma unidade de código. Essa unidade de código normalmente é uma função, método ou um arquivo ou classe. Eles devem ser empregados dentro da previsão do que deve ser gerado como retorno nas condições padrões de entradas de argumentos.

Este capítulo detalha os testes realizados nas classes de modelo e de controle do projeto. Serão realizados testes unitários, que são essenciais para validar a lógica de negócios individualmente em cada componente do sistema.

Os testes foram realizados seguindo a abordagem de testes unitários, utilizando o framework PHPUnit para a linguagem PHP. Esta abordagem permite testar cada parte do código isoladamente, garantindo que cada função e método funcione conforme esperado. Para cada classe do projeto, foram criados testes específicos que cobrem todos os métodos e cenários possíveis, incluindo casos de sucesso e falha. Vamos então exemplificar como realizar testes unitários para a classe Usuarios em PHP usando a biblioteca PHPUnit. Primeiro, vamos discutir o que precisa ser testado nesta classe e, em seguida, veremos como desenvolver os casos de teste. A classe Usuarios possui diversos métodos e funcionalidades, e é importante garantir que todos eles estejam funcionando corretamente. Aqui estão algumas das funcionalidades que precisam ser testadas:

1. Inserir um novo usuário no banco de dados.
2. Atualizar informações de um usuário existente.
3. Listar todos os usuários.
4. Listar um usuário específico com base em seu ID.
5. Excluir um usuário.
6. Verificar o login de um usuário.
7. Carregar informações de usuário a partir do banco de dados.
8. Redefinir a senha de um usuário e enviar um e-mail com a nova senha.

Vamos exemplificar como as classes de testes foram criadas a partir da classe com mais métodos, a classe Usuario, então uma nova classe UsuariosTest deve ser criada usando o PHPUnit, para isso vamos estender a classe TestCase. Onde todos os métodos públicos da classe Usuarios devem ter métodos correspondentes na classe teste UsuariosTest, exemplo de código presente no Apêndice A.

Após criada cada uma das classes, é possível verificar que o "mock object"é um objeto que irá emular um objeto real para testar; porém, os dados não passarão para as demais classes integradas, ficando só a critério da lógica isolada na própria classe.

Uma vez criada a classe de teste, é só rodar os testes utilizando o PHPUnit para garantir que a classe Usuarios funcione conforme o esperado. É necessário que o PHPUnit esteja instalado no projeto e se certificar de que o ambiente de teste esteja configurado corretamente.

Sugere-se que a cada classe desenvolvida já se desenvolva a classe de teste unitário, garantindo a conclusão testada de sua implementação antes de seguir a atenção a outros requisitos. Inicialmente, nem todos os testes unitários passaram conforme demonstrado na tabela 11; foram realizados testes classe a classe e, conforme foram aparecendo problemas, foram sendo ajustados de forma incremental. Desta forma, quando chegou-se na última classe da lista de classes, todos os testes unitários passaram com sucesso, garantindo assim a qualidade do software desenvolvido quanto à estrutura interna das classes. Conforme visto na tabela :

Tabela 11: Relatório de Testes Unitários

Classe Testada	Métodos Testados	Testes	Sucesso
AutenticacaoHist	populate, toArray, toJson, toString, save, listAll, listByFieldKey, delete	8	8

Tabela 11: Continuação da Tabela 11

Classe Testada	Métodos Testados	Testes	Sucesso
Escolaridades	populate, toArray, toJson, toString, save, listAll, listByFieldKey, delete	8	8
EstadosCivis	populate, toArray, toJson, toString, save, listAll, listByFieldKey, delete	8	8
Generos	populate, toArray, toJson, toString, save, listAll, listByFieldKey, delete	8	8
Jogadas	populate, toArray, toJson, toString, save, listAll, listByFieldKey, delete	8	8
Jogos	populate, toArray, toJson, toString, save, listAll, listByFieldKey, delete	8	8
JogosMotor	populate, toArray, toJson, toString, save, listAll, listByFieldKey, delete	8	8
JogosPostLikertAnswers	populate, toArray, toJson, toString, save, listAll, listByFieldKey, delete	8	8
JogosPostLikertQuestions	populate, toArray, toJson, toString, save, listAll, listByFieldKey, delete	8	8
NivelUsuarios	populate, toArray, toJson, toString, save, listAll, listByFieldKey, delete	8	8
Rastreabilidade	populate, toArray, toJson, toString, save, listAll, listByFieldKey, delete	8	8
Sexos	populate, toArray, toJson, toString, save, listAll, listByFieldKey, delete	8	8
UnidadesFederativas	populate, toArray, toJson, toString, save, listAll, listByFieldKey, delete	8	8

Tabela 11: Continuação da Tabela 11

Classe Testada	Métodos Testados	Testes	Sucesso
UploadedCtrl	populate, toArray, toJson, toString, save, listAll, listByFieldKey, delete	8	8
Usuarios	populate, toArray, toJson, toString, save, listAll, listByFieldKey, delete, checkLogin, loadFromDatabase, resetSenha, checkDatabaseEmailExists, setToSession, loadFromSessionInstance	16	16
CtrlAceiteTermos	get, post, put, delete, file	5	5
CtrlAutenticacaoHist	get, post, put, delete, file	5	5
CtrlEscolaridades	get, post, put, delete, file	5	5
CtrlEstadosCivis	get, post, put, delete, file	5	5
CtrlGeneros	get, post, put, delete, file	5	5
CtrlJogadas	post	1	1
CtrlJogos	get, post, put, delete, file	5	5
CtrlJogosMotor	get, post, put, delete, file	5	5
CtrlJogosPostLikertAnswers	get, post, put, delete, file	5	5
CtrlJogosPostLikertQuestions	get, post, put, delete, file	5	5
CtrlNivelUsuarios	get, post, put, delete, file	5	5
CtrlRastreabilidade	post	1	1
CtrlSexos	get, post, put, delete, file	5	5
CtrlTelaIncial	post, put, delete	3	3
CtrlUnidadesFederativas	get, post, put, delete, file	5	5
CtrlUploadedCtrl	get, post, put, delete, file	5	5
CtrlUsuarios	get, post, put, delete, file	5	5

Fonte: Elaborado pelo autor.

As demais classes de modelo também seguiram o padrão CRUD do Zait Tiny Framework e mantiveram, em sua maioria, o mesmo padrão de métodos populate(), toArray(), toJson(), toString(), save(), listAll(), listByFieldKey() e delete().

Por conta do modelo de arquitetura RestFull adotado, as classes de controle

possuiram estrutura simples de verificação, onde possuem até 5 métodos, sendo GET, POST, PUT, DELETE e FILE, necessitando, então, realizar o teste de integração.

4.3.2 Teste de Integração

Os testes de integração verificam a interação entre unidades de código. São utilizados na verificação das unidades de código na capacidade de se comunicarem e trabalharem a transferência de dados entr. No contexto de microsserviços, o teste de integração envolve garantir que os serviços separados funcionem corretamente quando interagem uns com os outros, o que inclui a comunicação através de APIs. O KukaFit é uma aplicação distribuída, onde o Jogo realiza o acoplamento ao modelo de arquitetura RestFull. Adotadas as classes de controles, possuíram estrutura simples de verificação onde possuem até 5 métodos, sendo GET, POST, PUT, DELETE e FILE, necessitando então realizar o teste de integração. Nessa etapa dos testes, será descrito os testes de integração realizados na tela de Requisição HTTP com AJAX e jQuery, a fim de verificar o correto funcionamento das operações GET, POST, PUT e DELETE.

4.3.2.1 Cenários de Teste de Integração

Primeiro verificou-se a segurança das rotas em routes.json presente o Zait Tiny Framework, e após isso utilizou-se a HttpRequestTester.php para submeter as requisições HTTP para cada controle.

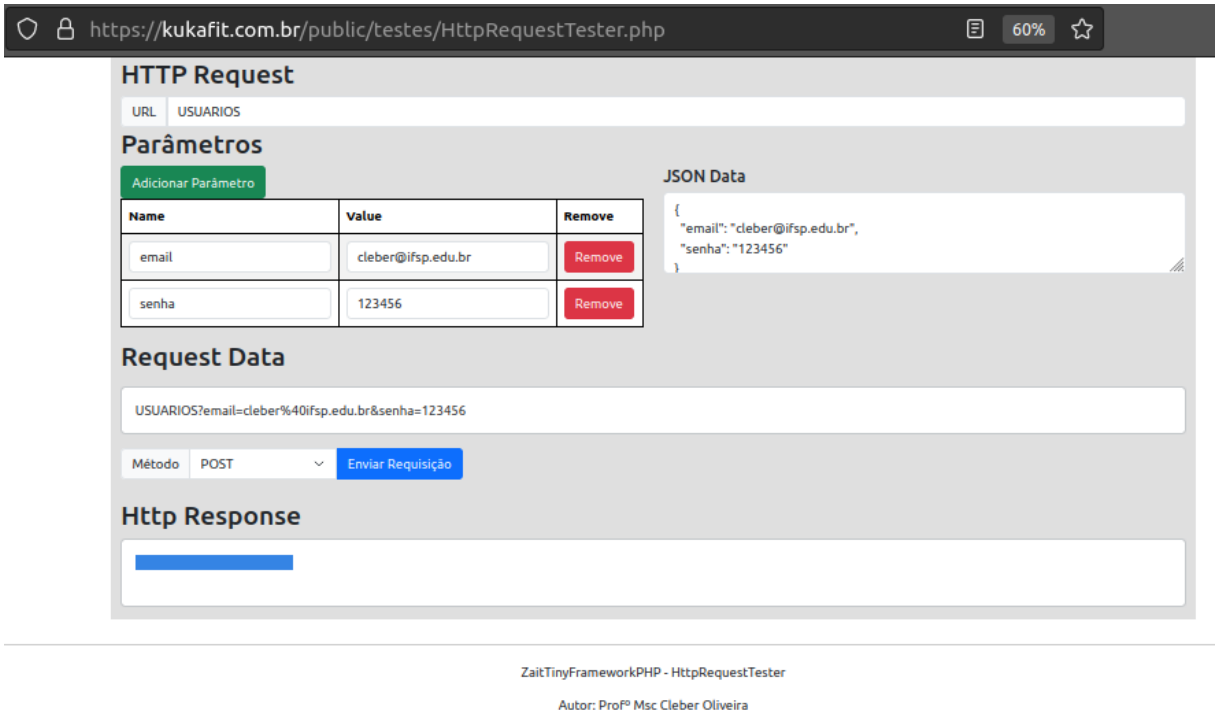
4.3.2.2 Requisições

Inicialmente deve-se entrar no arquivo de código fonte do controle que receberá a requisição HTTP. É importante sempre submeter a requisição à URI de apelido no mapeamento deste controle que está em `app/etc/routes.json`;

- Inserir uma URL válida no campo "URL".
- Selecionar o método "GET".
- Clicar no botão "Enviar Requisição".
- Resultados Esperados: A tela deve enviar uma requisição GET, POST, PUT U DELETE para a URI especificada.

A resposta da requisição deve ser exibida na área de "Http Response"como um Json, cada controle terá seu formato mas o padrão são dados de listagem da tabela para o GET e 0 para erro ou 1 para sucesso indicando se a inserção, atualização e exclusão foram executadas e registradas na tabela 12. A tela de Requisição HTTP com

Figura 32: Tela de testes Ajax de Requisições HTTP



Fonte: Elaborada pelo autor.

AJAX e jQuery foi testada com sucesso nos cenários de GET, POST, PUT e DELETE para cada um dos mapeamentos da routes.json. Desta forma foram verificados que todos os controles recebem e respondem às requisições corretamente e que o fluxo da ponta do usuário até o banco de dados está ocorrendo com sucesso.

Tabela 12: Teste de Integração

EndPoint	Métodos HTTP	Request	Response
aceiteTermos	GET, POST, PUT, DELETE	4	4
autenticacaoHist	GET, POST, PUT, DELETE	4	4
escolaridades	GET, POST, PUT, DELETE	4	4
estadosCivis	GET, POST, PUT, DELETE	4	4
generos	GET, POST, PUT, DELETE	4	4
jogadas	POST	1	1
jogos	GET, POST, PUT, DELETE	4	4
jogosmotor	GET, POST, PUT, DELETE	4	4
jogosPostLikertAnswers	GET, POST, PUT, DELETE	4	4
jogospostlikertquestions	GET, POST, PUT, DELETE	4	4
nivelUsuarios	GET, POST, PUT, DELETE	4	4
rastreabilidade	POST	1	1
sexos	GET, POST, PUT, DELETE	4	4

EndPoint	Métodos HTTP	Request	Response
telaincial	POST, PUT, DELETE	3	3
unidadesFederativas	GET, POST, PUT, DELETE	4	4
uploaded	GET, POST, PUT, DELETE	4	4
usuarios	GET, POST, PUT, DELETE	4	4

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.3 Teste de segurança.

O sistema foi colocado em HTTPS, garantindo assim a segurança na transmissão de dados sensíveis entre o usuário e o servidor. Isso significa que todas as informações trocadas entre o cliente e o servidor são criptografadas, tornando extremamente difícil para terceiros interceptarem ou modificarem esses dados durante a transmissão.

No mapeamento de todas as funcionalidades do Zait Tiny Framework, já garante no mapeamento de rotas se qualquer recurso possui a necessidade de autenticação ou não. Esse controle de acesso ajuda a garantir que apenas usuários autorizados tenham permissão para realizar ações específicas, protegendo os dados e funcionalidades sensíveis.

Todos os dados estão bloqueados de acesso direto pelas configurações do Servidor HTTP, onde todos os recursos, mesmo públicos, passarão pela classe Routes.php que fará todas as verificações e sanitizações de dados necessárias. Inclusive, foram implementadas na Routes.php medidas de segurança para prevenir ataques como code injection e SQL injection. O sistema foi projetado para filtrar e validar todas as entradas de dados dos usuários, evitando a execução de código malicioso e a manipulação indevida das consultas SQL. Essas medidas garantem a integridade dos dados e protegem contra ameaças de segurança.

Após revisar todas as estruturas, foi utilizada a HttpRequestTester para verificar cada controle em diversas situações de tentativa de entrada, assim como tentativas de roubo de sessão HTTP. Todos os testes foram realizados com sucesso.

4.3.4 Testes Funcionais

Os testes funcionais foram conduzidos utilizando um conjunto de casos de teste previamente definidos, garantindo que todas as funcionalidades fossem avaliadas de acordo com os critérios estabelecidos. O processo seguiu as seguintes etapas:

- Definição dos Casos de Teste: Cada funcionalidade foi testada individualmente com base nos requisitos especificados.

- Execução dos Testes: Foram realizados múltiplos ciclos de teste para garantir a estabilidade da aplicação.
- Correção de Erros: Qualquer falha identificada foi corrigida antes da revalidação.
- Revalidação: Após as correções, os testes foram repetidos para garantir a resolução do problema.
- Registro dos Resultados: Cada teste foi documentado com seus respectivos resultados e observações.

Os testes funcionais foram conduzidos utilizando um conjunto de casos de teste previamente definidos, garantindo que todas as funcionalidades fossem avaliadas de acordo com os critérios estabelecidos. O processo seguiu as seguintes etapas:

- Definição dos Casos de Teste: Cada funcionalidade foi testada individualmente com base nos requisitos especificados.
- Execução dos Testes: Foram realizados múltiplos ciclos de teste para garantir a estabilidade da aplicação.
- Correção de Erros: Qualquer falha identificada foi corrigida antes da revalidação.
- Revalidação: Após as correções, os testes foram repetidos para garantir a resolução do problema.

Registro dos Resultados: Cada teste foi documentado com seus respectivos resultados e observações.

Os testes foram também divididos em cenários específicos para validar diferentes aspectos da aplicação:

- Cadastro e autenticação: Verificação da criação de contas e login de usuários.
- Execução dos jogos: Teste das interações do usuário com os jogos disponíveis.
- Gerenciamento de progresso: Validação do registro de progresso e estatísticas dos jogadores.
- Interface e responsividade: Teste da adaptação da interface para diferentes dispositivos.
- Recuperação de credenciais: Verificação do processo de recuperação de senha via e-mail.

Além dos testes convencionais, foram realizados testes negativos para verificar como o sistema lida com entradas inválidas e situações inesperadas. Exemplos incluem:

- Tentativa de login com credenciais incorretas.
- Envio de formulários com campos obrigatórios vazios.
- Interrupção inesperada da conexão durante a execução do jogo.
- Tentativa de acesso não autorizado a funcionalidades restritas.

A tabela 13 a seguir apresenta um resumo completo dos testes funcionais realizados, garantindo a rastreabilidade de cada requisito validado:

Tabela 13: Testes Funcionais da Plataforma Kukafit

ID	Requisito Validado	Critério de Aceitação	Status
TF-001	Cadastro de Usuário	O sistema registra nome, e-mail e senha corretamente.	Aceito
TF-002	Autenticação de Usuário	Usuários autenticam-se corretamente no sistema.	Aceito
TF-003	Execução de Jogos	O usuário consegue iniciar e interagir com os jogos.	Aceito
TF-004	Registro de Progresso	O progresso do usuário é salvo corretamente.	Aceito
TF-005	Interface Responsiva	O sistema se adapta a diferentes dispositivos e resoluções.	Aceito
TF-006	Recuperação de Senha	O usuário recebe o e-mail de recuperação corretamente.	Aceito
TF-007	Listagem de Jogos	O usuário visualiza corretamente os jogos disponíveis.	Aceito
TF-008	Personalização de Jogos	O usuário consegue editar jogos e salvar personalizações.	Aceito
TF-009	Exportação de Logs	Logs de ações dos usuários são gerados corretamente.	Aceito
TF-010	Segurança de Acesso	O sistema impede acessos não autorizados.	Aceito
TF-011	Armazenamento de Perfil	Os Perfis do usuário são salvas corretamente.	Aceito

Continua na próxima página...

Tabela 13: Continuação da Tabela 13

ID	Requisito Validado	Critério de Aceitação	Status
TF-012	Notificações por E-mail	O sistema envia notificações corretamente para o e-mail cadastrado.	Aceito
TF-013	Análise de Desempenho do Usuário	O sistema gera relatórios sobre o progresso do usuário.	Aceito
TF-014	Tempo de Resposta do Sistema	O tempo de resposta para cada funcionalidade é inferior a 1 segundo.	Aceito
TF-015	Criptografia de Dados Sensíveis	Todos os dados sensíveis são armazenados de forma criptografada.	Aceito
TF-016	Compatibilidade com Navegadores	O sistema funciona corretamente nos navegadores modernos (Chrome, Firefox, Edge, Safari).	Aceito
TF-017	Escalabilidade do Banco de Dados	O banco de dados suporta até 10.000 usuários simultâneos sem perda de desempenho.	Aceito
TF-018	Redução de Erros no Login	O sistema evita múltiplas tentativas de login falhas consecutivas.	Aceito
TF-019	Integração com APIs Externas	A comunicação com serviços externos ocorre sem falhas.	Aceito

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.3.5 Validação do Software

Foram realizados diversos testes durante o desenvolvimento, e observou-se os critérios das normas NBR ISO/IEC 9126-1 e ISO/IEC 25010, para avaliar a qualidade de software. A análise foi dividida em categorias para diferentes aspectos do sistema, garantindo que a plataforma seja avaliada sob diversos critérios técnicos e operacionais.

4.3.5.1 Funcionalidade

A funcionalidade refere-se à capacidade do software de oferecer as funções especificadas e atender às necessidades dos usuários. Os critérios analisados incluem:

- Adequação Funcional: O sistema implementa corretamente todas as funcionalidades previstas.
- Exatidão: Os registros realizados pelos jogos e funcionalidades são funcionais.
- Interoperabilidade: O sistema permite integração com APIs externas.
- Segurança Funcional: Os acessos são restritos por autenticação e autorização de usuários.

Resultado: O sistema atende corretamente aos requisitos estabelecidos e foi validado nos testes funcionais.

4.3.5.2 Usabilidade

A usabilidade avalia a facilidade com que os usuários podem aprender e utilizar o sistema. Os critérios considerados incluem:

- Inteligibilidade: As interfaces são intuitivas.
- Aprendizado: O sistema possui interface simples e minimalista, não dando muitas opções de erro na navegação e uso.
- Operacionalidade: Todas as funções podem ser acessadas com facilidade, e os fluxos são bem definidos.
- Atratividade: O design da interface é simples e visualmente adequado.

Resultado: A interface do Kukafit atende aos requisitos de usabilidade.

4.3.5.3 Eficiência

A eficiência mede o desempenho do sistema em relação ao uso de recursos e tempo de resposta. Os critérios avaliados incluem:

- Comportamento Temporal: O tempo médio de resposta para ações é inferior a 1 segundo.
- Utilização de Recursos: O sistema opera de forma eficiente, sem sobrecarga de processamento ou memória.

Resultado: O sistema apresentou desempenho dentro dos limites aceitáveis nos testes.

4.3.5.4 Confiabilidade

A confiabilidade refere-se à capacidade do software de manter um nível aceitável de desempenho mesmo sob diferentes condições. Foram analisados:

- Maturidade: O sistema operou sem falhas durante os testes de estresse e carga.
- Tolerância a Falhas: Em caso de falhas, o sistema se recupera sem comprometer os dados.
- Recuperabilidade: O backup e a restauração de dados foram validados.

Resultado: A apresentou robustez e confiabilidade nos testes realizados.

4.3.5.5 Portabilidade

A portabilidade avalia a capacidade do software de ser utilizado em diferentes ambientes. Foram considerados:

- Adaptabilidade: O sistema funciona corretamente em diferentes navegadores e dispositivos móveis.
- Instalabilidade: O processo de implantação e atualização possui alguns critérios técnicos de compatibilidade com os servidores.
- Coexistência: Não há conflitos com outros sistemas executados simultaneamente.

Resultado: É compatível com múltiplos ambientes e navegadores modernos. Quanto ao lado servidor, é necessário atentar às dependências instaladas.

4.3.5.6 Manutenibilidade

A manutenibilidade avalia a facilidade de modificar, corrigir e evoluir o software ao longo do tempo. Foram analisados: Modularidade: O código-fonte segue um padrão modular, facilitando modificações futuras. Analisabilidade: O sistema permite rastrear e identificar falhas com facilidade. Testabilidade: Foram implementados testes automatizados para validar novas versões. Modificabilidade: Ajustes podem ser realizados sem comprometer outras áreas do sistema. Resultado: O sistema foi desenvolvido seguindo boas práticas de engenharia de software.

Analisando estes critérios da NBR ISO/IEC 9126-1 e ISO/IEC 25010, o Kukafit atende aos requisitos estabelecidos, demonstrando conformidade com padrões de funcionalidade, usabilidade, eficiência, confiabilidade, portabilidade e manutenibilidade.

4.4 PRODUÇÕES ACADÊMICAS E REGISTROS

4.4.1 Artigo Aceito

Os resultados desta pesquisa incluem a aceitação e apresentação de um artigo científico em evento internacionalmente reconhecido, além do registro oficial dos softwares desenvolvidos para a plataforma proposta. Publicação e Apresentação no CBEB 2024

Artigo "A Review on Cognitive Training Platforms for Elderly Patients with Alzheimer's Disease", aceito e apresentado no XXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica (CBEB 2024) da Sociedade Brasileira de Engenharia Biomédica (SBEB), e aceito e publicado na *Springer Book Series IFMBE Proceedings*, da *Springer Nature*. (Oliveira et al., 2024)

4.4.2 Participação em Artigos Aceitos

Abordagem diagnóstica de lesões cerebrais em imagens de ressonância magnética por IA(Tavares et al., 2024a)
Revista: Caderno Pedagógico
DOI: 10.54033/cadpedv21n13-199

Integração de redes neurais e inteligência artificial no diagnóstico de tumores cerebrais: convergência entre tecnologia e saúde (Tavares et al., 2024b)
Revista: Cuadernos de Educación
URL: Cuadernos de Educación - Artigo

4.4.3 Artigos Submetidos

A seguir, estão listados os artigos submetidos para publicação em periódicos científicos. As versões **blind to review** encontram-se em anexo. Título do Artigo: *Análise da Prevalência da Doença de Alzheimer no Brasil: Um Estudo Epidemiológico com Dados do Sistema de Informações sobre Mortalidade (SIM)*
Revista: Revista de Saúde Pública
ISSN (versão online): 1518-8787
URL: https://rsp.fsp.usp.br
Título do Artigo: *Tratamentos Cognitivos e sua Efetividade na Neuroplasticidade em Doença de Alzheimer e Comprometimento Cognitivo Leve: uma Revisão da Literatura*
Revista: Brazilian Archives of Biology and Technology
ISSN (versão online): 1678-4324

URL: https://www.scielo.br/j/babt/
Título do Artigo: *Treinamento Cognitivo em Ambiente Virtual de Jogos Digitais para Idosos com Alzheimer em Fase Inicial*
Revista: Brazilian Journal of Information
ISSN (versão online): 1678-4324
URL: https://www.scielo.br/j/babt/

4.5 REGISTRO DE SOFTWARE

Os sistemas desenvolvidos no âmbito desta pesquisa foram registrados no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), assegurando a proteção intelectual e a originalidade das soluções propostas.

Plataforma Kukafit (Oliveira; Bissaco, 2023a)
Certificado de Registro do Programa de Computador KukaFit
Processo Nº: BR512023003815-6
Data de Publicação: 27/09/2023

Framework ZaitTinyFramework (Oliveira; Bissaco, 2023b)
Certificado de Registro do Programa de Computador ZaitTinyFramework
Processo Nº: BR512023003674-9
Data de Publicação: 27/09/2023

5 DISCUSSÃO

O problema que motivou esta pesquisa, fundamentado nos dados epidemiológicos apresentados no Capítulo 1, evidenciou a necessidade de ampliar os recursos disponíveis para estudos em saúde voltados à Doença de Alzheimer, especialmente no contexto de intervenções não farmacológicas. O crescimento progressivo dos registros associados à doença reforça a demanda por abordagens que não se limitem à proposição de atividades cognitivas, mas que também permitam compreender, mensurar e analisar o comportamento dos usuários durante essas intervenções.

Os levantamentos realizados no Referencial Teórico, em especial aqueles consolidados na Seção 2.2.1, permitiram identificar como jogos cognitivos vêm sendo utilizados em pesquisas científicas e quais habilidades cognitivas são tradicionalmente associadas a essas atividades. A análise comparativa das plataformas e métodos descritos na literatura revelou que, embora existam propostas voltadas ao treinamento cognitivo, a maioria das soluções concentra-se no uso do jogo como ferramenta de estímulo, apresentando limitações quanto à personalização das atividades, à coleta estruturada de dados comportamentais e à explicitação de aspectos técnicos relacionados à segurança e à privacidade das informações.

Essas constatações foram determinantes para as decisões metodológicas adotadas neste trabalho, conforme estruturado no Capítulo 3. O método proposto não teve como objetivo a obtenção de resultados clínicos ou a avaliação terapêutica dos jogos, mas sim a criação de um modelo computacional capaz de viabilizar estudos futuros. Dessa forma, buscou-se estabelecer uma relação direta entre as demandas identificadas na literatura e a implementação de uma infraestrutura tecnológica adequada à pesquisa em saúde.

A relação entre teoria e método se materializa no modelo computacional desenvolvido, que preserva a associação entre jogos e habilidades cognitivas discutidas na Seção 2.2.1, ao mesmo tempo em que introduz mecanismos de coleta automatizada de dados comportamentais. Esses mecanismos foram descritos e testados conforme o planejamento metodológico, permitindo registrar informações que tradicionalmente não são exploradas em plataformas semelhantes, como padrões de interação e uso. Com isso, o jogo deixa de ser apenas um instrumento de estimulação e passa a assumir também o papel de fonte estruturada de dados para análise científica.

Os resultados apresentados no Capítulo 4 evidenciam que o modelo proposto foi implementado por meio de um protótipo funcional. As funcionalidades desenvolvidas e os testes realizados demonstram que a plataforma atende aos objetivos definidos, mesmo considerando que uma pequena parcela dos requisitos não tenha sido plenamente atendida. Esses resultados indicam que o modelo é tecnicamente viável e adequado como instrumento de apoio à pesquisa, reforçando o foco da investigação

na validação metodológica e computacional, e não na avaliação clínica de seus efeitos.

As dificuldades enfrentadas ao longo da pesquisa, especialmente aquelas relacionadas à pandemia da COVID-19, à indisponibilidade de profissionais da área da saúde e às limitações na captação de idosos para estudos experimentais, influenciaram diretamente o escopo dos resultados obtidos. Essas restrições justificam a opção por concentrar os esforços na construção e validação de um modelo de apoio à pesquisa, deixando a aplicação clínica e a avaliação dos efeitos do treinamento cognitivo como etapas posteriores.

Dessa forma, a discussão estabelece uma relação direta entre o problema apresentado na Introdução, os levantamentos teóricos consolidados nas Seções 2.2.1 e 2.2.2, o método adotado no Capítulo 3 e os resultados obtidos no Capítulo 4. O modelo desenvolvido contribui para a pesquisa em saúde ao oferecer uma infraestrutura tecnológica que amplia a capacidade de instrumentação, registro e análise de dados em estudos futuros sobre intervenções cognitivas.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo propor e implementar um modelo computacional voltado ao apoio de pesquisas em saúde relacionadas ao treinamento cognitivo de idosos com Doença de Alzheimer. Esse objetivo foi definido a partir do problema apresentado no Capítulo 1, fundamentado nos dados epidemiológicos disponíveis e na necessidade de ampliar os recursos tecnológicos capazes de apoiar investigações científicas sobre intervenções não farmacológicas.

A análise da literatura apresentada no Referencial Teórico, especialmente nas Seções 2.2.1 e 2.2.2, evidenciou que, embora existam plataformas voltadas ao treinamento cognitivo, ainda são limitadas as propostas que tratam o jogo como instrumento de pesquisa capaz de gerar dados comportamentais de forma estruturada. Essas lacunas orientaram a definição do método e dos requisitos adotados ao longo deste trabalho, direcionando a pesquisa para a construção de um modelo computacional com foco na instrumentação da pesquisa em saúde.

Os resultados obtidos demonstram que o modelo proposto foi implementado por meio do protótipo Kukafit, apresentado no Capítulo 4. A plataforma desenvolvida possibilita a execução de jogos cognitivos associados a habilidades específicas e permite a coleta automatizada de dados comportamentais decorrentes da interação do usuário. Os testes técnicos realizados indicam que o sistema é funcional e atende aos objetivos definidos, validando o modelo como ferramenta de apoio metodológico à pesquisa científica. Ressalta-se que esta pesquisa não teve como finalidade a avaliação clínica dos jogos ou de seus efeitos terapêuticos.

A principal contribuição científica deste trabalho consiste na proposição de um modelo computacional que integra jogos cognitivos, mecanismos de aquisição estruturada de dados e cuidados relacionados à segurança e à privacidade da informação. Ao tratar o jogo não apenas como recurso de estímulo cognitivo, mas como fonte de dados para análise científica, o modelo amplia as possibilidades metodológicas para estudos futuros nas áreas de saúde digital e neurociência aplicada.

Como contribuição adicional, a documentação produzida ao longo do desenvolvimento, incluindo a definição do modelo computacional, a descrição da arquitetura do sistema, os diagramas e os testes realizados, constitui um referencial técnico passível de reutilização e adaptação por outros pesquisadores. Esse conjunto de artefatos contribui para a reprodutibilidade das pesquisas e favorece o desenvolvimento de estudos interdisciplinares envolvendo computação e saúde.

As limitações enfrentadas durante a execução deste trabalho, especialmente aquelas relacionadas à pandemia da COVID-19, à indisponibilidade de profissionais da área da saúde e às dificuldades na captação de idosos para estudos experimentais, restringiram a realização de avaliações clínicas. Essas limitações reforçam o caráter

metodológico da pesquisa e a necessidade de continuidade dos estudos em contextos colaborativos.

Como trabalhos futuros, prevê-se a aplicação do modelo desenvolvido em estudos clínicos reais em parceria com profissionais da área da saúde e instituições de pesquisa. A continuidade desta pesquisa inclui a ampliação da plataforma Kukafit, a incorporação de novos jogos e estratégias de treinamento cognitivo e a realização de análises clínicas que permitam investigar de forma sistemática o uso do treinamento cognitivo no acompanhamento de idosos com Doença de Alzheimer.

Conclui-se que o modelo computacional e o protótipo implementado estabelecem uma base técnica e metodológica consistente para apoiar pesquisas futuras, contribuindo para o avanço da instrumentação computacional aplicada ao estudo de intervenções cognitivas na área da saúde.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAZ. **Sobre Alzheimer**. 2018. Disponível em: <https://abraz.org.br/2020/2020/sobre-alzheimer/>. 15

ABT, C. C. **Serious Games**. New York: Viking Press, 1970. A obra apresenta a definição do termo S̈erious Games¨, discutindo o uso de jogos com propósitos educacionais e sociais além do entretenimento. Disponível em: <https://archive.org/details/seriousgames0000abtc>. 27

ADAMS, E.; ROLLINGS, A. **Andrew Rollings and Ernest Adams on Game Design**. Indianapolis, IN: New Riders Games, 2003. ISBN 978-1592730018. 48, 54

ALVAREZ, J.; DJAOUTI, D. An introduction to serious games. **Serious Games and Edutainment Applications**, Springer, p. 1–16, 2011. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4471-2161-9_1>. 28

ASSOCIATION, A. **O Cérebro**. 2022. Disponível em: <https://www.alz.org/brain_portuguese/13.asp>. 15, 22

BALLESTEROS, S.; VOELCKER-REHAGE, C.; BHERER, L. Cognitive and brain plasticity induced by physical exercise, cognitive training, video games, and combined interventions. **Frontiers in human neuroscience**, v. 12, p. 169, 2018. Publisher: Frontiers. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2018.00169/full>. 17

BENíTEZ, J. B. Programa de estimulación cognitiva en un paciente con Enfermedad de Alzheimer. jan. 2020. Accepted: 2020-04-22T06:38:51Z Publisher: Universitat Oberta de Catalunya (UOC). Disponível em: <https://openaccess.uoc.edu/handle/10609/113386>. 33, 34, 35, 40, 41

BHARDWAJ, D. et al. Alzheimer's Disease-Current Status and Future Directions. **Journal of Medicinal Food**, v. 20, n. 12, p. 1141–1151, dez. 2017. ISSN 1557-7600. 23

BOVOLATO, A. L. d. C. Biossensor para identificação da doença de alzheimer. out. 2021. Accepted: 2021-11-08T14:10:00Z Publisher: Universidade Estadual Paulista (Unesp). Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/215025>. 23

BRODATY, H.; DONKIN, M. Family caregivers of people with dementia. **Dialogues in Clinical Neuroscience**, abr. 2022. Publisher: Taylor & Francis. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.31887/DCNS.2009.11.2/hbrodaty>. 17

CAMINO-PONTES, B. et al. One-year prediction of cognitive decline following cognitive-stimulation from real-world data. **Journal of Neuropsychology**, v. 17, n. 2, p. 302–318, jun. 2023. ISSN 1748-6645, 1748-6653. Disponível em: <https://bpspsychub.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jnp.12307>. 34, 35, 40, 41

CARVALHO, D. M. L.; GOMES, F. J. L. Simple game design document focused on gameplay features. In: **Proceedings of SBGames**. [S.l.: s.n.], 2016. 58, 59

CASTIBLANCO, M. C. et al. Systematic Mapping of Literature About the Early Diagnosis of Alzheimer's Disease Through the Use of Video Games. In: BOTTO-TOBAR, M. et al. (Ed.). **Trends in Artificial Intelligence and Computer Engineering**. Cham: Springer International Publishing, 2022. (Lecture Notes in Networks and Systems), p. 139–153. ISBN 978-3-030-96147-3. 15, 27, 32, 40

CSIKSZENTMIHALYI, M. [BOOK REVIEW] Flow, the psychology of optimal experience. **American Journal of Psychotherapy**, v. 45, p. 142–143, 1991. Publisher: Association for the Advancement of Psychotherapy. 57

DAMY, A. J. D. C. **Perfil multidimensional e avaliação da capacidade funcional em idosos de baixa renda**. Tese (Doutorado em Educação e Saúde) — Universidade de São Paulo, São Paulo, jul. 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/5/5169/tde-31082010-165624/>. 17

DJAOUTI, D.; ALVAREZ, J.; JESSEL, J.-P. Classifying serious games: The g/p/s model. **International Journal of Computer Games Technology**, Hindawi, v. 2011, p. 1–12, 2011. 28

DJAOUTI, D.; ALVAREZ, J.; JESSEL, J.-P. Origins of serious games. **Serious Games and Edutainment Applications**, Springer, p. 25–43, 2011. Disponível em: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4471-2161-9>. 27

DORMANS, J. **Game Mechanics: Advanced Game Design**. Berkeley, CA: New Riders, 2012. ISBN 978-0321820273. 50, 52, 53

DUARA, R.; BARKER, W. Heterogeneity in Alzheimer's Disease Diagnosis and Progression Rates: Implications for Therapeutic Trials. **Neurotherapeutics**, p. 1–18, 2022. Publisher: Springer. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35084721/>. 17

DUARTE, C. et al. **Jogos Sérios para a Saúde: Estimulação Cognitiva e Reabilitação**. Coimbra, Portugal: Editora Universitária, 2015. ISBN 978-9892600000. 48, 49, 55

DUARTE, F. M. L. Jogos Sérios para a Saúde: Estimulação Cognitiva em Doentes com a Demência Alzheimer com recurso ao Delaying Alzheimer. jul. 2015. Accepted: 2022-09-10T14:22:58Z. Disponível em: <https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/107854>. 37, 38, 40, 41

EICHHORN, C. et al. Combining Motivating Strategies with Design Concepts for Mobile Apps to Increase Usability for the Elderly and Alzheimer Patients. In: GAO, Q.; ZHOU, J. (Ed.). **Human Aspects of IT for the Aged Population. Healthy and Active Aging**. Cham: Springer International Publishing, 2020. (Lecture Notes in Computer Science), p. 47–66. ISBN 978-3-030-50249-2. 28, 30, 31, 34, 35, 38, 40, 41

FARIAS, B. S. S.; LANDIM, P. da C. Legibilidade para a Terceira Idade. In: **Anais do Congresso Internacional de Design da Informação**. Blucher, 2018. Disponível em: <https://pdf.blucher.com.br/designproceedings/ped2018/4.3_ACO_30.pdf>. 55, 56

FARIAS, B. S. S.; LANDIM, P. da C. Design Gráfico Inclusivo para Terceira Idade. **Human Factors in Design**, v. 8, n. 15, p. 035–048, mar. 2019. ISSN 2316-7963. Number: 15. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/hfd/article/view/2316796308152019035>. 55, 56

FARIAS, B. S. S.; LANDIM, P. da C. Legibilidade para a Terceira Idade. In: **Blucher Design Proceedings**. Joinville, Brasil: Editora Blucher, 2019. p. 3953–3965. Disponível em: <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/30236>. 55, 56

FIGUEIREDO, V. L. M. d.; VIDAL, F. A. S.; NASCIMENTO, E. d. A quarta edição do teste WAIS. **Avaliação Psicológica**, v. 14, n. 3, p. 413–416, 2015. Publisher: Instituto Brasileiro de Avaliação Psicológica. UFRGS. Disponível em: <http://pepsic.bvsalud.org/pdf/avp/v14n3/v14n3a14.pdf>. 26

FREITAS, A. H. d. A. "O Bom do Alzheimer": aprendizagens, afetações e tensões de uma experiência pública midiatizada. mar. 2022. Accepted: 2022-08-29T12:46:29Z Publisher: Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <https://locus.ufv.br//handle/123456789/29780>. 53

FREITAS, S. de; MAHARG, P. **Digital Games and Learning**. London: Bloomsbury Academic, 2011. 48, 49, 53, 54, 55

GAMBELLA, E. et al. An integrated intervention of computerized cognitive training and physical exercise in virtual reality for people with Alzheimer's disease: The jDome study protocol. **Frontiers in Neurology**, v. 13, 2022. ISSN 1664-2295. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fneur.2022.964454>. 35, 40

GERONTOLOGIA, S. B. de Geriatria e. **Em Dia Mundial do Alzheimer, dados ainda são subestimados, apesar de avanços no diagnóstico e tratamento da doença**. 2019. Disponível em: <https://sbgg.org.br/em-dia-mundial-do-alzheimer-dados-ainda-sao-subestimados-apesar-de-avancos-no-diagnostic>. 16, 23

GIROUX, S. et al. Pervasive behavior tracking for cognitive assistance. In: **Proceedings of the 1st international conference on PErvasive Technologies Related to Assistive Environments**. Athens Greece: ACM, 2008. p. 1–7. ISBN 978-1-60558-067-8. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1389586.1389684>. 62, 63

GOMES, M. L. F. d. M. **A utilização de jogos educativos no desenvolvimento cognitivo em idosos**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso, Centro Universitário UNDB. Disponível em: <http://repositorio.undb.edu.br/handle/areas/626>. 53, 54

GRAAFLAND, M.; SCHRAAGEN, J. M. C.; SCHIJVEN, M. P. Systematic review of serious games for medical education and surgical skills training. **British Journal of Surgery**, Wiley Online Library, v. 99, n. 10, p. 1322–1330, 2012. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22961509/>. 27

GRAHAM, S. A. et al. Artificial intelligence approaches to predicting and detecting cognitive decline in older adults: A conceptual review. **Psychiatry**

Research, v. 284, p. 112732, fev. 2020. ISSN 01651781. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0165178119320839>. 63

HUIZINGA, J. **Homo Ludens: o jogo como elemento da cultura**. 4ª edição, reimpressão. ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 2000. (Coleção Estudos). ISBN 9788527303613. 27

IBGE. **Projeção da população**. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/apps/populacao/projecao/index.html>. 16

IMBEAULT, F.; BOUCHARD, B.; BOUZOUANE, A. Serious games in cognitive training for Alzheimer's patients. In: **2011 IEEE 1st International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)**. [S.l.: s.n.], 2011. p. 1–8. 27, 35, 36

JAHN, H. Memory loss in Alzheimer's disease. **Dialogues in clinical neuroscience**, 2022. Publisher: Taylor & Francis. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.31887/DCNS.2013.15.4/hjahn>. 15

JARVINEN, A. **Games without Frontiers: Methods for Game Studies and Design**. [S.l.]: McFarland & Company, 2008. 52, 58

JOVANELLI, M. C. Projeto de aplicativo para apoio à prevenção à Doença de Alzheimer. 2016. Publisher: Universidade Estadual Paulista (UNESP). Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/156040>. 18, 38, 40

JUUL, J. **A Casual Revolution: Reinventing Video Games and Their Players**. Cambridge, MA: MIT Press, 2010. Disponível em: <https://mitpress.mit.edu/9780262517393/a-casual-revolution/>. 54

KEAN, B. **Best Memory Games for Alzheimer's Disease**. 2021. Disponível em: <https://www.everydayhealth.com/senior-health/alzheimers-disease/12-fun-brain-games-adults/>. 33

KEAN, B. **Memory Games That Exercise the Mind for People With Alzheimer's**. 2021. Disponível em: <https://www.everydayhealth.com/senior-health/alzheimers-disease/12-fun-brain-games-adults/>. 33

Kirsten. **Using Video Games To Detect (And Protect) Those At Risk For Alzheimer's Disease**. 2019. Disponível em: <https://mind.uci.edu/using-video-games-to-detect-and-protect-those-at-risk-for-alzheimers-disease/>. 32, 40, 41

KRAEPELIN, E. **Psychiatrie: Ein Lehrbuch für Studirende und Ärzte**. 8. ed. Leipzig: J.A. Barth, 1927. v. 3. 22

KRAMARZEWSKI, A.; NUCCI, E. D. **Practical Game Design: A Modern Approach to Video Game Design**. Birmingham, UK: Packt Publishing, 2018. ISBN 978-1787121799. 48, 49, 52, 58

KUMAR, A. et al. **Alzheimer Disease (Nursing)**. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL), 2021. Disponível em: <http://europepmc.org/books/NBK568805>. 23

LICHTENBERGER, E. O.; KAUFMAN, A. S. **Essentials of WAIS-IV assessment**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2009. v. 50. 25

LIU, Y.; TAMURA, R. Application of game therapy in the health of future elderly: an experience design perspective. In: **International Conference on Human-Computer Interaction**. [S.l.]: Springer, 2020. p. 608–625. 18

MANERA, V. et al. Recommendations for the use of serious games in neurodegenerative disorders: 2016 Delphi Panel. **Frontiers in psychology**, v. 8, p. 1243, 2017. Publisher: Frontiers. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5524915/>. 18

MARCONI, M. d. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de Metodologia Científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017. 65

MICHAEL, D. R.; CHEN, S. L. **Serious games: Games that educate, train, and inform**. [S.l.]: Muska & Lipman/Premier-Trade, 2005. 27

MIRALLES, I. et al. Smartphone Apps for the Treatment of Mental Disorders: Systematic Review. **JMIR mHealth and uHealth**, v. 8, n. 4, p. e14897, abr. 2020. ISSN 2291-5222. 63

MOTTA, R. L.; JUNIOR, J. T. Short game design document. In: **Proceedings of SBGames**. [S.l.: s.n.], 2013. 58, 59

NASCIMENTO, E. D.; FIGUEIREDO, V. L. M. D. WISC-III e WAIS-III: alterações nas versões originais americanas decorrentes das adaptações para uso no Brasil. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 15, n. 3, p. 603–612, 2002. ISSN 0102-7972. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-79722002000300014&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt>. 44

NGUYEN, L.; MURPHY, K.; ANDREWS, G. Cognitive and neural plasticity in old age: A systematic review of evidence from executive functions cognitive training. **Ageing Research Reviews**, v. 53, p. 100912, ago. 2019. ISSN 1872-9649. 18

NUNES, C.; MELO, F. C. d.; BONINI, J. S. Prospecção Tecnológica de Estimulação Cognitiva para Idosos com Doença de Alzheimer. **Cadernos de Prospecção**, v. 16, n. 1, p. 278–294, jan. 2023. ISSN 2317-0026. Number: 1. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/49634>. 30, 40, 41

OKAMOTO, I. H.; BERTOLUCCI, P. H. F. Exame neuropsicológico no diagnóstico diferencial das demências primárias. **Revista Neurociências**, v. 6, n. 3, p. 119–125, 1998. 23, 24

OLIVEIRA, C. et al. A review on cognitive training platforms for elderly patients with alzheimer's disease. In: SPRINGER. **Brazilian Congress on Biomedical Engineering**. [S.l.], 2024. p. 112–121. 42, 137

OLIVEIRA, C. S. d.; BISSACO, M. A. S. **Certificado de Registro do Programa de Computador KukaFit**. 2023. Processo Nº: BR512023003815-6. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/jsp/programas/ProgramaSearchBasico.jsp>. 138

OLIVEIRA, C. S. d.; BISSACO, M. A. S. **Certificado de Registro do Programa de Computador ZaitTinyFramework**. 2023. Processo Nº: BR512023003674-9. Disponível em: <https://busca.inpi.gov.br/pePI/jsp/programas/ProgramaSearchBasico.jsp>. 138

OPENDATASUS. **SIM - Sistema de Informação sobre Mortalidade**. Gov Brasil, 2025. Disponível em: <https://opendatasus.saude.gov.br/dataset/sim>. 16

ORGANIZATION, W. H. **Dementia**. 2022. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/dementia>. 15, 23

PANCCIONI, B. M. **Ambiente virtual para auxiliar no estímulo cognitivo de idosos com Alzheimer em fase inicial**. Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) — Universidade de Mogi das Cruzes, 2017. 18, 19, 24, 28, 39, 40, 42, 44

PAPPAS, M. A.; DRIGAS, A. S. Computerized Training for Neuroplasticity and Cognitive Improvement. **Int. J. Eng. Pedagog.**, v. 9, n. 4, p. 50–62, 2019. Disponível em: <https://bmjopen.bmj.com/content/9/8/e028536>. 17

PARK, D. C.; BISCHOF, G. N. The aging mind: neuroplasticity in response to cognitive training. **Dialogues in Clinical Neuroscience**, v. 15, n. 1, p. 109–119, mar. 2013. ISSN null. Publisher: Taylor & Francis _eprint: https://doi.org/10.31887/DCNS.2013.15.1/dpark. Disponível em: <https://doi.org/10.31887/DCNS.2013.15.1/dpark>. 18, 19

PEREIRA, S. M. M. R. et al. Utilização de Dispositivos Móveis por Idosos de um Programa de Extensão Universitária. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 17, n. 3, p. 92–101, dez. 2019. ISSN 1679-1916. Number: 3. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/99430>. 17

PERROT, A.; MAILLOT, P.; HARTLEY, A. Cognitive training game versus action videogame: effects on cognitive functions in older adults. **Games for health journal**, v. 8, n. 1, p. 35–40, 2019. Publisher: Mary Ann Liebert, Inc., publishers 140 Huguenot Street, 3rd Floor New .... Disponível em: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/g4h.2018.0010>. 18

PESSOA, A. O. et al. Os benefícios da Gameterapia na Doença de Alzheimer. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. e456101523053–e456101523053, 2021. 18

PINTO, N. P.; GARCIA, A. C. B. Uso de Chatbots para Diagnóstico e Tratamento de Portadores de Mal de Alzheimer. In: **Anais Estendidos do Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos (SBSC)**. SBC, 2019. p. 99–104. ISSN: 0000-0000. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbsc_estendido/article/view/8359>. 32, 40, 41

PORTO, C. F.; REZENDE, E. J. C. Terceira idade, design universal e aging-in-place. Third age, universal design and aging-in-place. v. 24, n. 1, 2016. 55, 56

PSICOLOGIA, C. F. d. **Resolução do Exercício Profissional nº 31/2022**. 2022. Published: Conselho Federal de Psicologia. Disponível em: <https://atosoficiais.com.br/cfp/

resolucao-do-exercicio-profissional-n-31-2022-estabelece-diretrizes-para-a-realizacao-de-avalia
origin=instituicao&q=31/2022>. 26

QAISI, I. A. **User Behavior Analysis for User Profile Prediction**. Tese (Doutorado) — Rochester Institute of Technology, 2022. Disponível em: <https://scholarworks.rit.edu/theses/11412>. 63

RAMOS, A. P. **Pesquisa no Japão mostra que ler pelo smartphone reduz a capacidade de compreensão em comparação ao papel**. 2022. Disponível em: <https://things-out.com/pt/japao/pesquisa-no-japao-mostra-que-ler-pelo-smartphone-reduz-a-capacidade-de-compreensao-em-
>. 36, 41

RATAN, R.; RITTERFELD, U. Behavior change through serious games. **Games for Health Journal**, v. 5, n. 5, p. 295–298, 2016. 28, 29

ROBERT, P. et al. Recommendations for the use of Serious Games in people with Alzheimer's Disease, related disorders and frailty. **Frontiers in Aging Neuroscience**, v. 6, 2014. ISSN 1663-4365. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnagi.2014.00054>. 31, 34, 35, 38, 40, 41

SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. **Rules of Play: Game Design Fundamentals**. Cambridge, MA: MIT Press, 2004. ISBN 978-0262240451. 48, 49, 58

SANTOS, D. d. S. C. d.; SILVA, I. A. M. d.; BARBOSA, L. I. Pandemia, isolamento social e os impactos psicológicos nos idosos. jun. 2021. Accepted: 2021-10-28T21:36:12Z Publisher: 029. Disponível em: <http://ric.cps.sp.gov.br/handle/123456789/6119>. 18

SANTOS, M. F. R. dos et al. Perspectivas da Aplicação de Novas Tecnologias Digitais como Medida Não Farmacológica no Tratamento de Pacientes com Alzheimer. dez. 2020. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/73579>. 28, 31, 34, 35, 38, 40, 41

SMITH, C. J. Why Test for Risks of Alzheimer's Disease? **Ethics & Medics**, v. 48, n. 6, p. 1–3, 2023. ISSN 1071-3778. Disponível em: <http://www.pdcnet.org/oom/service?url_ver=Z39.88-2004&rft_val_fmt=&rft.imuse_id=em_2023_0048_0006_0001_0003&svc_id=info:www.pdcnet.org/collection>. 28, 32, 38, 40, 41

SOUZA, G. R.; TREVISAN, D. G. Estudo investigativo sobre idosos, jogos e sua motivações. **Cadernos de Informática**, v. 8, n. 3, p. 35–40, out. 2014. ISSN 1519-132X. Number: 3. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/cadernosdeinformatica/article/view/v8n3p35-40>. 55, 57

TANG, X. et al. IntentSearch: Capturing User Intention for One-Click Internet Image Search. **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**, v. 34, n. 7, p. 1342–1353, jul. 2012. ISSN 0162-8828, 2160-9292. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6104063/>. 63

TAVARES, A. R. et al. Abordagem diagnóstica de lesões cerebrais em imagens de ressonância magnética por ia. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 13, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.54033/cadpedv21n13-199>. 137

TAVARES, A. R. et al. Integração de redes neurais e inteligência artificial no diagnóstico de tumores cerebrais: convergência entre tecnologia e saúde. **Cuadernos de Educación y Desarrollo**, v. 16, n. 13, p. e7065, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/cuadv16n13-154>. 137

TEIXEIRA, G.; RODRIGUES, M. A. F. Uma Plataforma de Jogos Transformacionais para Estimulo Cognitivo em Casos de Transtorno Neurocognitivo Maior. 2019. 18

VASCONCELLOS, M. S.; CARVALHO, F. G. Gdd-sério: uma proposta de gdd para jogos sérios. In: **Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames)**. [S.l.: s.n.], 2022. 58

VASCONCELOS, R. B. de. Mavoc: Um método descritivo formal de mecânicas de jogos sérios. **Revista Brasileira de Games**, v. 3, n. 2, p. 45–60, 2014. 48, 49

WANG, K.; VARMA, D. S.; PROSPERI, M. A systematic review of the effectiveness of mobile apps for monitoring and management of mental health symptoms or disorders. **Journal of Psychiatric Research**, v. 107, p. 73–78, dez. 2018. ISSN 1879-1379. 63

WATTANASOONTORN, V. et al. Serious games for health. **Entertainment Computing**, v. 4, n. 4, p. 231–247, 2013. 28

WECHSLER, D. **WAIS-3., WMS-3: Wechsler adult intelligence scale, Wechsler memory scale: Technical manual**. [S.l.]: Psychological Corporation, 1997. 26, 44

APÊNDICES

A EXEMPLO DE IMPLEMENTAÇÃO DE TESTES UNITÁRIOS COM PHPUNIT

```
1  use PHPUnit\Framework\TestCase;
2  use models\Usuarios;
3  use core\database\DBQuery;
4
5  class UsuariosTest extends TestCase
6  {
7      private $usuario;
8      private $mockDBQuery;
9
10     protected function setUp(): void
11     {
12         $this->usuario = new Usuarios();
13         $this->mockDBQuery = $this->createMock(DBQuery::class);
14         $this->usuario->setDBQuery($this->mockDBQuery);
15     }
16
17     public function testInserirUsuario()
18     {
19         $this->mockDBQuery->expects($this->once())
20             ->method('insert')
21             ->willReturn(true);
22
23         $resultado = $this->usuario->save();
24         $this->assertTrue($resultado);
25     }
26
27     public function testAtualizarUsuario()
28     {
29         $this->mockDBQuery->expects($this->once())
30             ->method('update')
31             ->willReturn(true);
32
33         $resultado = $this->usuario->save();
34         $this->assertTrue($resultado);
35     }
36
```

```
37      public function testListarUsuarios()
38      {
39          $this->mockDBQuery->expects($this->once())
40              ->method('select')
41              ->willReturn([]);
42
43          $resultado = $this->usuario->listAll();
44          $this->assertEquals([], $resultado);
45      }
46
47      public function testListarUsuarioPorID()
48      {
49          $idUsuario = 1;
50          $resultadoEsperado = [
51              'idUsuario' => $idUsuario,
52              'nome' => 'Nome do Usuário'
53          ];
54
55          $this->mockDBQuery->expects($this->once())
56              ->method('selectWhere')
57              ->willReturn([$resultadoEsperado]);
58
59          $resultado = $this->usuario->listByFieldKey($idUsuario);
60          $this->assertEquals([$resultadoEsperado], $resultado);
61      }
62
63      public function testExcluirUsuario()
64      {
65          $this->mockDBQuery->expects($this->once())
66              ->method('delete')
67              ->willReturn(true);
68
69          $resultado = $this->usuario->delete();
70          $this->assertTrue($resultado);
71      }
72
73      public function testVerificarLogin()
74      {
75          $this->usuario->setEmail('usuario@example.com');
```

```
76          $this->usuario->setSenha('senha');
77
78          $resultadoEsperado = [
79              'idUsuario' => 1,
80              'nome' => 'Nome do Usuário',
81              'email' => 'usuario@example.com',
82              'senha' => 'senha',
83          ];
84
85          $this->mockDBQuery->expects($this->once())
86              ->method('selectFiltered')
87              ->willReturn([$resultadoEsperado]);
88
89          $resultado = $this->usuario->checkLogin();
90          $this->assertTrue($resultado);
91      }
92
93      public function testRedefinirSenha()
94      {
95          $email = 'usuario@example.com';
96          $this->usuario->setEmail($email);
97
98          $this->mockDBQuery->expects($this->once())
99              ->method('selectFiltered')
100             ->willReturn([['email' => $email]]);
101
102         $this->mockDBQuery->expects($this->once())
103             ->method('getConn')
104             ->willReturn($this->createMock(PDO::class));
105
106         $this->mockDBQuery->getConn()
107             ->expects($this->once())
108             ->method('query')
109             ->willReturn(true);
110
111         $resultado = $this->usuario->resetSenha($email);
112         $this->assertFalse($resultado['erro']);
113     }
114 }
```