
Uma proposta de arquitetura computacional
para autoria dinâmica de jogos digitais
educacionais com suporte a *Game Learning
Analytics*

João Gabriel de Matos Dairel



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Uberlândia
2025

João Gabriel de Matos Dairel

Uma proposta de arquitetura computacional
para autoria dinâmica de jogos digitais
educacionais com suporte a *Game Learning*
Analytics

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação da Faculdade de Computação da Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Área de concentração: Sistemas de Computação

Orientador: Rafael Dias Araújo

Coorientador: Renan Gonçalves Cattelan

Uberlândia

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

D134P Dairel, João Gabriel de Matos, 2000-
2025 Uma proposta de arquitetura computacional para autoria dinâmica de jogos digitais educacionais com suporte a *Game Learning Analytics* [recurso eletrônico] / João Gabriel de Matos Dairel. - 2025.

Orientador: Rafael Dias Araújo.

Coorientador: Renan Gonçalves Cattelan.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.di.2025.5150>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Computação. I. Araújo, Rafael Dias, 1986-, (Orient.). II. Cattelan, Renan Gonçalves, 1980-, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação. IV. Título.

CDU: 681.3

André Carlos Francisco
Bibliotecário-Documentalista - CRB-6/3408



ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Ciência da Computação				
Defesa de:	Dissertação, 51/2025, PPGCO				
Data:	27 de fevereiro de 2025	Hora de início:	13:30	Hora de encerramento:	16:05
Matrícula do Discente:	12212CCP012				
Nome do Discente:	João Gabriel de Matos Dairel				
Título do Trabalho:	Uma proposta de arquitetura computacional para autoria dinâmica de jogos digitais educacionais com suporte a Game Learning Analytics				
Área de concentração:	Ciência da Computação				
Linha de pesquisa:	Sistemas de Computação				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Construção de uma plataforma digital para autoria de jogos digitais educacionais com suporte a Learning Analytics.				

Reuniu-se por videoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, assim composta: Professores Doutores: Renan Gonçalves Cattelan (Coorientador) - FACOM/UFU, Diego Nunes Molinos - FACOM/UFU, Tadeu Moreira de Classe - UNIRIO/CCET e Rafael Dias Araújo - FACOM/UFU, orientador do candidato.

Os examinadores participaram desde as seguintes localidades: Tadeu Moreira de Classe - Rio de Janeiro/RJ e os outros membros da banca participaram da cidade de Uberlândia. O aluno João Gabriel de Matos Dairel participou de Coromandel/MG.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Prof. Dr. Rafael Dias Araújo, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos examinadores, que passaram a arguir ao candidato. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o candidato:

Aprovado

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação

interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Dias Araújo, Professor(a) do Magistério Superior**, em 28/02/2025, às 09:04, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Tadeu Moreira de Classe, Usuário Externo**, em 28/02/2025, às 09:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Diego Nunes Molinos, Professor(a) do Magistério Superior**, em 04/03/2025, às 09:55, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Renan Gonçalves Cattelan, Professor(a) do Magistério Superior**, em 05/03/2025, às 14:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **5955364** e o código CRC **D2392309**.

Dedico este trabalho, com todo o meu carinho e gratidão, aos meus pais, Cairon e Bárbara, por serem minha base, meu exemplo e minha maior motivação. Obrigado por cada palavra de incentivo, por cada sacrifício e por nunca deixarem de acreditar em mim, mesmo nos momentos mais desafiadores. Tudo que conquistei até aqui é reflexo do amor e do apoio que sempre me deram.

À minha irmã, Ana Laura, por estar sempre presente, tornando os dias mais leves e trazendo alegria ao meu caminho.

Aos meus amigos, que estiveram comigo nessa caminhada, compartilhando desafios, conquistas e momentos inesquecíveis. Seu apoio fez toda a diferença e tornou essa jornada muito mais leve.

Ao meu orientador e coorientador, por toda a paciência, dedicação e ensinamentos valiosos ao longo desse processo. Sua orientação foi essencial para que esse trabalho se tornasse realidade.

E a todos que, de alguma forma, contribuíram para essa conquista, meu mais sincero agradecimento.

Agradecimentos

Chegar até aqui não foi fácil, e ao longo dessa jornada, muitas pessoas foram essenciais. A cada uma delas, meu sincero agradecimento.

Primeiro, aos meus pais, Cairon e Bárbara, por todo o apoio, paciência e incentivo incondicional. Por sempre acreditarem em mim, mesmo nos momentos mais difíceis. Tudo que conquistei até aqui é reflexo do que aprendi com vocês. À minha irmã, Ana Laura, por estar sempre por perto, tornando o dia a dia mais leves.

Aos meus amigos, que estiveram comigo nessa caminhada, seja nos desafios, nos momentos de incerteza ou simplesmente dividindo boas risadas. O apoio de vocês fez toda a diferença.

Ao meu orientador e coorientador, por toda a paciência, dedicação e pelos ensinamentos valiosos que contribuíram para que este trabalho se tornasse realidade.

A todos os professores que, de alguma forma, deixaram sua marca na minha trajetória acadêmica, contribuindo para minha formação.

E à CAPES, pelo suporte e incentivo à pesquisa, que tornaram esse trabalho possível. A todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa jornada, meu muito obrigado.

“Aquele que luta com monstros deve acautelar-se para não tornar-se também um monstro. Quando se olha muito tempo para um abismo, o abismo olha para você”.
(Friedrich Nietzsche)

Resumo

No contexto da educação básica brasileira, muitos professores enfrentam dificuldades para incorporar jogos digitais em suas práticas pedagógicas por conta de recursos tecnológicos limitados e falta de ferramentas que permitam criar e adaptar conteúdos de forma autônoma e acessível. Para enfrentar essas limitações, esta dissertação propõe uma arquitetura computacional para autoria dinâmica de jogos digitais educacionais Web com suporte a *Game Learning Analytics* (GLA). A solução oferece recursos para a criação de jogos personalizados, com funcionamento em ambientes online e offline, além de ferramentas analíticas para monitorar o desempenho dos alunos e promover intervenções pedagógicas baseadas em evidências. Assim, busca-se ampliar a autonomia dos professores, na adoção de jogos digitais como instrumento de ensino. Esta dissertação seguiu uma metodologia de pesquisa aplicada exploratória, com métodos pautados em workshops de design participativo com professores para levantamento de requisitos, modelagem arquitetural e avaliação por meio de uma prova de conceito testada com grupos focais. O principal resultado foi o diagrama de blocos da arquitetura, estruturado em três grupos: visualização, acompanhamento e criação dinâmica de fases. Ele organiza os componentes da arquitetura, permitindo maior autonomia dos professores e acompanhamento dos alunos.

Palavras-chave: Jogos Digitais Educacionais. Game Learning Analytics. Arquitetura Computacional. Autoria de Jogos Digitais. Aprendizagem Ativa. Tecnologias Educacionais.

Abstract

In the context of Brazilian basic education, teachers face difficulties in incorporating digital games into their pedagogical practices due to limited technological resources and a lack of tools that allow them to create and adapt content autonomously and accessible. To address these limitations, this dissertation proposes a computational architecture for the dynamic authoring of web-based educational digital games with support for *Game Learning Analytics* (GLA). The solution provides resources for creating customized games that work in both online and offline environments, as well as analytical tools to monitor student performance and promote evidence-based pedagogical interventions. Thus, the goal is to enhance teachers' autonomy in adopting digital games as a teaching tool. This dissertation followed an exploratory applied research methodology, employing methods based on participatory design workshops with teachers to gather requirements, conduct architectural modeling, and evaluate the approach through a proof of concept tested with focus groups. It organizes these architecture components, allowing greater autonomy for teachers and monitoring of students.

Keywords: Educational Digital Games. Game Learning Analytics. Computational Architecture. Digital Games Authoring. Active Learning. Educational Technologies.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Visão geral da metodologia deste trabalho.	32
Figura 2 – Visão geral dos resultados do questionário de perfil de uso de tecnologias no contexto educacional.	38
Figura 3 – Confiança dos professores em selecionar softwares adequados para o ensino.	39
Figura 4 – Confiança dos professores no uso de e-mails para comunicação com os alunos.	39
Figura 5 – Aceitação dos professores quanto à integração de jogos digitais no ensino.	39
Figura 6 – Nuvem de palavras gerada a partir dos grupos focais.	40
Figura 7 – Opção 1 de interface apresentada aos participantes.	43
Figura 8 – Opção 2 de interface apresentada aos participantes.	44
Figura 9 – Diagrama de blocos modelado a partir dos requisitos levantados.	46
Figura 10 – Modelo de banco de dados utilizando modelos relacionais.	50
Figura 11 – Modelo de eventos capturados e armazenados.	50
Figura 12 – Estrutura JSON para organização dos dados de cada módulo.	51
Figura 13 – Estrutura JSON para organização dos dados de cada jogo.	52
Figura 14 – Imagem referente ao menu de módulos.	54
Figura 15 – Imagem referente ao carrossel de módulos.	54
Figura 16 – Imagem referente ao módulo Menu.	55
Figura 17 – Imagem referente ao módulo Balões.	56
Figura 18 – Imagem referente ao Airship.	56
Figura 19 – Exemplo de módulo de quiz.	57
Figura 20 – Imagem referente ao exemplo de Dashboard utilizado.	58
Figura 21 – Questionário de análise de perfil.	71
Figura 22 – Tabela de Requisitos levantados.	72

Lista de tabelas

Tabela 1 – Comparação dos trabalhos relacionados.	30
---	----

Lista de siglas

API Application Programming Interface

BI Inteligência de Negócios - do inglês, *Business Intelligence*

BNCC Base Nacional Comum Curricular

EDM Mineração de Dados Educacionais

GLA *Game Learning Analytics*

GBL Game Based Learning

INEP Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

JSON JavaScript Object Notation

LA *Learning Analytics*

LMS Sistemas de Gestão de Aprendizagem - do inglês, *Learning Management Systems*

PLN Processamento de Linguagem Natural

SQL Structured Query Language

TAM Modelo de Aceitação de Tecnologia - do inglês, *Technology Acceptance Model*

TCLE Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

XML Linguagem de Marcação Extensível - do inglês, *Extensible Markup Language*

Sumário

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Motivação	18
1.2	Objetivos e Desafios da Pesquisa	20
1.3	Contribuições	20
1.4	Etapas Metodológicas	21
1.5	Organização da Dissertação	22
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1	Conceitos Fundamentais	23
2.1.1	Jogos Digitais Educacionais	23
2.1.2	<i>Game Learning Analytics</i>	24
2.2	Trabalhos Relacionados	26
3	METODOLOGIA DE PESQUISA	31
3.1	Estudo para Definição de Requisitos	31
3.2	Workshop de design participativo	33
3.3	Modelagem	34
3.4	Prova de Conceito	34
3.5	Workshop de avaliação	35
4	ESTUDO PARA LEVANTAMENTO DE REQUISITOS . . .	36
4.1	Workshops de Design Participativo	36
4.2	Resultados	37
5	ARQUITETURA PROPOSTA	45
5.1	Prefabs	45
5.2	Visão Geral	46
5.3	Modelos de dados	49
5.3.1	Modelo Relacional	49

5.3.2	Registro de Eventos	49
5.3.3	Modelos Hierárquicos em JSON	50
6	WORKSHOP PARA AVALIAÇÃO	53
6.1	Prova de Conceito	53
6.2	Resultados	57
7	CONCLUSÃO	60
7.1	Principais Contribuições	61
7.2	Limitações	61
7.3	Trabalhos Futuros	62
7.4	Contribuições em Produção Bibliográfica	63
	Referências	64

APÊNDICES 69

APÊNDICE A	– QUESTIONÁRIO DE PERFIL	70
APÊNDICE B	– REQUISITOS	72

Introdução

Metodologias de aprendizagem são conjuntos de práticas e procedimentos que educadores, mentores e professores usam para auxiliar e enriquecer as jornadas de aprendizagem dos estudantes e os ajudam a atingir seus objetivos (McDowell e Sambell, 1999). Tradicionalmente, a aula expositiva permanece como a estratégia mais empregada por professores em todo o mundo, apesar das críticas (Carlos- Guzmán, 2021). Aprender é um processo que deve produzir mudanças desejadas no comportamento dos estudantes. Conseqüentemente, as situações de aprendizagem utilizadas nas salas de aula são importantes para a compreensão dos conceitos ensinados. A aprendizagem ocorre quando um *insight* é obtido, e quando os processos são compreendidos, em suma, quando a interação ocorre entre o professor e os alunos e entre alunos e seus pares (McDowell e Sambell, 1999).

Cada disciplina, sem dúvida, tem desafios únicos, bem como vantagens e oportunidades quando se trata de ensino inovador. O desenvolvimento do aprendizado do aluno no contexto do ensino e aprendizagem nas últimas décadas, tem sido uma causa global de preocupação. O aumento no tamanho das turmas impulsionou a adoção de metodologias centradas na exposição de conteúdos, especialmente por meio de palestras, o que reduziu significativamente a interação entre alunos e professores. Essa diminuição do contato direto compromete a qualidade do processo de aprendizagem (McDowell e Sambell, 1999). O que é necessário é um conceito centrado no aluno através da aquisição de habilidades de resolução de problemas ao invés de uma metodologia passiva que apenas sobrecarrega os alunos com informações.

Por outro lado, aprendizagem ativa (do inglês, *Active Learning*) é uma abordagem de instrução que envolve ativamente envolver os alunos com o material do curso por meio de discussões, resolução de problemas, estudos de caso, dramatizações e outros métodos (Kezar e Kinzie, 2006). As abordagens de aprendizagem ativa colocam um maior grau de responsabilidade no aluno do que as abordagens passivas, como palestras, mas a orientação do instrutor ainda é crucial na sala de aula de aprendizagem ativa. As atividades de aprendizagem ativa podem variar de alguns minutos a sessões de aula inteira ou podem ocorrer em várias sessões de aula.

Um exemplo de recurso de aprendizagem que pode ser utilizado nesse contexto de aprendizagem ativa são os jogos sérios, que estão sendo cada vez mais utilizados na educação como ferramenta de ensino e aprendizagem (Bado, 2022; Ullah et al., 2022). Esses jogos são projetados para serem educativos, proporcionando aos estudantes, além do entretenimento, oportunidades de aprender novos conceitos e habilidades, resolver problemas e tomar decisões em situações da vida real, de uma maneira lúdica. Além disso, a revisão sistemática conduzida por (Tsutsumi et al., 2020) mostrou que os estudos encontrados concluíram que há um efeito de aumentar o desempenho acadêmico dos estudantes ao utilizarem jogos educativos.

Learning Analytics (LA), ou análise de aprendizagem, é uma ferramenta poderosa para compreender e otimizar processos educacionais, coletando e analisando dados de desempenho e comportamento de estudantes para personalizar e aumentar a eficiência do aprendizado. No contexto de jogos educacionais, GLA expande essa abordagem, permitindo mapear como os jogadores interagem com o jogo, tomam decisões e aprendem em um ambiente dinâmico e envolvente.

O uso de LA tem possibilitado aos educadores identificar dificuldades específicas, adaptar conteúdos às necessidades individuais dos estudantes e prever seus resultados acadêmicos. No caso do GLA, são fornecidas informações detalhadas sobre como elementos de jogos, tais como desafios, recompensas e feedback, influenciam a aprendizagem. Assim, os jogos educacionais se tornam não apenas ferramentas de entretenimento, mas também recursos importantes para o ensino.

No cenário educacional atual, onde a tecnologia desempenha um papel importante no dia a dia dos alunos e professores, o LA e o GLA se destacam ao participar da transformação da educação em um processo mais interativo, inclusivo e significativo. A integração dessas ferramentas na arquitetura de jogos educacionais tem o potencial de não apenas aumentar o engajamento dos estudantes, mas também auxiliar no desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico e resolução de problemas (Fonseca et al., 2022).

O desenvolvimento de jogos é um processo complexo e demorado que requer uma combinação de habilidades técnicas e criativas. Enquanto alguns desenvolvedores de jogos têm formação em ciência da computação ou programação, outros vêm de uma formação mais criativa e podem não ter o mesmo nível de conhecimento técnico para programar um jogo. Esse processo normalmente envolve vários estágios, incluindo ideação, prototipagem, desenvolvimento, teste e implantação. Durante a fase de ideação, os desenvolvedores de jogos apresentam ideias para jogos, considerando fatores como tendências de mercado e público-alvo. A próxima etapa, prototipagem, envolve a criação de uma versão básica do jogo para testar o conceito e fazer as alterações necessárias. No estágio de desenvolvimento, os desenvolvedores de jogos constroem e refinam o jogo, trabalhando em tudo, desde os gráficos e efeitos sonoros até a mecânica de jogo e o enredo. Durante a fase de testes, os desenvolvedores verificam se há *bugs* no jogo e fazem as correções necessárias e,

na fase de implantação, o jogo é lançado ao público (Burroughs, 2017).

Um problema claro, nesse contexto, está relacionado com a escalabilidade do desenvolvimento dos jogos, visto que há uma forte dependência de pessoas que possuem formação/*background* de programação. Pessoas não desenvolvedoras (sem essa formação) podem não estar familiarizadas com algum software de autoria e as ferramentas usadas no desenvolvimento de jogos, ou podem não ter as habilidades técnicas para criar e programar jogos complexos. Isso pode levar a dificuldades na criação de jogos digitais educacionais para um domínio específico. Além disso, também há de se considerar a dificuldade de criar e gerenciar uma grande equipe de desenvolvedores. À medida que o processo de desenvolvimento do jogo se torna mais complexo, os não desenvolvedores podem ter dificuldades para gerenciar as muitas tarefas e responsabilidades envolvidas na criação de um jogo, como mencionado em Dairel, Gasparini e Araújo (2023). Por exemplo, eles podem não conseguir se comunicar efetivamente com a equipe de desenvolvimento, levando a falhas de comunicação e atrasos. Além disso, eles podem não ter recursos para contratar os membros certos da equipe ou fornecer suporte adequado, o que pode afetar negativamente a qualidade e a escalabilidade do jogo (Basawapatna, Koh e Repenning, 2010). Promover a autonomia de professores da educação básica para a criação de jogos digitais educacionais é um dos grandes desafios da pesquisa em jogos e entretenimento no Brasil para a década de 2020-2030 (Santos e Silva Hounsell, 2023).

Dessa forma, este trabalho visa responder às seguintes questões de pesquisa:

QP1: Quais requisitos são necessários para a criação dinâmica de jogos digitais educacionais Web com suporte a *Learning Analytics*?

QP2: Qual a percepção de professores acerca de uma ferramenta de autoria dinâmica de jogos digitais educacionais com suporte a *Learning Analytics*?

1.1 Motivação

De acordo com o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP) (INEP, 2024), os índices de indicação educacional são divididos em dois setores distintos, os indicadores referentes na educação básica (Adequação da Formação Docente, Complexidade de Gestão da Escola, Esforço Docente, Indicadores Financeiros, Educacionais, Média de Alunos por Turma, Média de Horas-aula diária, Nível Socioeconômico (Inse), Percentual de Docentes com Curso Superior, Regularidade do Corpo Docente, Remuneração Média dos Docentes, Taxas de Distorção Idade-série, Taxas de Não-resposta (TNR), Taxas de Rendimento, Taxas de Transição e Acesso à Informação), e os indicadores referentes à educação superior (Indicadores de Fluxo da Educação Superior, Indicadores de Qualidade da Educação Superior e Percentual de Docentes com Pós-Graduação *stricto sensu*). Neste trabalho, teremos como foco os indicadores da educação básica como referência.

O sistema educacional brasileiro enfrenta desafios significativos, como a redução no número de matrículas e as variações nas taxas de aprovação, que refletem as desigualdades regionais e estruturais. A análise dos dados educacionais revela não apenas o panorama atual, mas também a necessidade de soluções que atendam às demandas de diferentes contextos escolares.

No ano de 2019, foram registradas 47,9 milhões de matrículas nas 180,6 mil escolas de educação básica no Brasil, cerca de 582 mil matrículas a menos em comparação com 2018, o que corresponde a uma redução de aproximadamente 1,2%. Durante o mesmo ano, considerando uma taxa média entre escolas estaduais, municipais e privadas, no ensino fundamental 1, que abrange do 1º ao 5º ano, se teve uma taxa de aprovação média de 98,5% para o 1º ano, para o 2º ano se obteve uma taxa de 97,5%, 91,4% para o 3º ano, 94,1% para o 4º ano e para o 5º ano obtivemos uma taxa de aprovação de 94,7%. Considerando o ensino fundamental 2, que compreende do 6º ao 9º ano, obtivemos uma taxa de aprovação de 87,9%, para o 7º ano 89,1%, para o 8º ano 89,1%, e para o 9º ano 92,3%.

Já no ano de 2021, registraram-se 46,7 milhões de matrículas nas 178,4 mil escolas de educação básica no Brasil, cerca de 627 mil matrículas a menos em comparação com o ano de 2020, o que corresponde a uma redução de aproximadamente 1,3% no total, e cerca de 1 milhão e 205 mil matrículas a menos em comparação com o ano de 2019, o que corresponde a uma redução de aproximadamente 2,5% no total, no ensino fundamental 1, se teve uma taxa de aprovação média de 97,6% para o 1º ano, para o 2º ano se obteve uma taxa de 98,9%, 96,8% para o 3º ano, 97,2% para o 4º ano e para o 5º ano obtivemos uma taxa de aprovação de 97,1%. Considerando o ensino fundamental 2, obtivemos uma taxa de aprovação de 96,2% para o 6º ano, para o 7º ano 95,1%, para o 8º ano 95,6%, e para o 9º ano 96,1%.

Este trabalho é uma evolução de trabalho realizado anteriormente no qual o objetivo foi projetar uma arquitetura de software que permitisse a criação dinâmica de fases de jogos digitais, a partir de módulos previamente definidos, com o intuito de que usuários não técnicos pudessem escolher quais módulos fariam parte da fase de jogo criada, especificamente no contexto da disciplina de química por meio da utilização de um *framework* específico no processo de desenvolvimento dos módulos.

No decorrer da pesquisa foram encontrados diversos empecilhos e lacunas que não puderam ser solucionados, tais como a falta de teinamento relatada por diversos professores, e a limitação infraestrutural em diversas escolas, sendo principalmente as escolas de localidades mais afastadas e zonas rurais, além de serem descobertos novos desafios com a proposta. Tais desafios estão diretamente relacionados ao projeto de arquitetura, como no projeto de pesquisa citado anteriormente, foi proposto um modelo de arquitetura específico para o contexto da disciplina de Química, viu-se a oportunidade de projetar uma arquitetura genérica que possa ser utilizada em diversos contextos e disciplinas, de

modo que os usuários consigam tirar melhor proveito e que seja possível criar jogos por meio do sistema de modo que não seja necessário dominar um *framework* específico.

1.2 Objetivos e Desafios da Pesquisa

O **objetivo geral** deste trabalho é desenvolver um modelo arquitetural que permita a criação dinâmica de jogos digitais educacionais para plataformas Web com suporte a técnicas de análíticas de aprendizagem. Para atingir o objetivo geral, os seguintes **objetivos específicos** são necessários:

- ❑ Aprofundar no entendimento do funcionamento de *frameworks* específicos para desenvolvimento de jogos na Web;
- ❑ Identificar os requisitos necessários para implementação de técnicas de análíticas de aprendizagem em jogos;
- ❑ Realizar uma prova de conceito utilizando o modelo proposto.

A ideia da arquitetura para autoria dinâmica de jogos digitais educacionais é facilitar a criação e personalização desses jogos por professores sem formação técnica em programação, de forma a promover uma maior autonomia docente, incentivando o uso de jogos digitais no ambiente escolar. Espera-se que os jogos, desenvolvidos de forma dinâmica e adaptada às características de cada professor, proporcionem experiências educacionais mais envolventes, contribuindo para melhores resultados de aprendizagem.

Além disso, projetar a arquitetura à luz de técnicas de GLA permite a coleta e análise de dados educacionais em jogos de forma eficaz. Essa funcionalidade poderá demonstrar que a arquitetura não apenas facilita o acompanhamento do progresso dos estudantes, mas também oferece *insights* para melhorar continuamente os jogos educacionais e as estratégias pedagógicas.

1.3 Contribuições

A arquitetura funciona como um esqueleto flexível e modular para a criação de jogos digitais educacionais com suporte a GLA. Ela oferece uma base inicial para integrar coleta de dados, análise e visualização, permitindo personalizações e expansões conforme as necessidades educacionais. A abordagem modular facilita a criação de jogos digitais educacionais personalizados. A estrutura proposta é especialmente valiosa no contexto educacional, onde as necessidades variam amplamente entre disciplinas, faixas etárias e contextos regionais. A arquitetura fornece um arcabouço essencial para o desenvolvimento de jogos educacionais adaptáveis. Permite que educadores, desenvolvedores e outros stakeholders contribuam com suas próprias necessidades e especificações.

Cientificamente, esta pesquisa dá um passo relevante ao apresentar uma arquitetura modular e expansível voltada à criação de jogos educacionais. A arquitetura integra, os conceitos de GLA ao processo de autoria, contribuindo para o avanço teórico na interface entre jogos digitais e análise de dados na educação. Além disso, amplia o debate sobre acessibilidade tecnológica ao permitir que professores sem formação técnica desenvolvam conteúdos interativos, democratizando o uso dessas ferramentas na escola.

Na prática, a proposta se destaca por colocar o professor no centro da criação de jogos educacionais, sem a dependência de programadores ou equipes técnicas. A arquitetura modular permite montar os jogos conforme os objetivos de cada aula, o que garante flexibilidade ao contexto da sala de aula. A coleta e análise de dados fortalece a tomada de decisões pedagógicas, permitindo intervenções mais eficazes e baseadas em evidências concretas sobre o desempenho dos alunos.

Do ponto de vista social, a arquitetura ajuda a reduzir desigualdades educacionais ao considerar cenários com pouca infraestrutura como escolas públicas em áreas rurais ou periféricas. O suporte ao uso offline garante acesso mesmo sem conexão estável, promovendo inclusão digital de fato. Ao mesmo tempo, a proposta estimula o pensamento computacional nos alunos e valoriza o protagonismo dos professores, que passam a ser criadores ativos com apoio da tecnologia.

1.4 Etapas Metodológicas

A presente pesquisa foi conduzida por meio de uma abordagem aplicada e exploratória, estruturada em etapas sequenciais que permitiram a construção, validação e análise de uma proposta de arquitetura computacional voltada para a autoria dinâmica de jogos digitais educacionais com suporte a GLA.

Inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica aprofundada, com o objetivo de compreender o estado da arte sobre jogos digitais educacionais, técnicas de LA e GLA, bem como identificar lacunas e oportunidades de pesquisa existentes na literatura. Essa revisão também embasou a compreensão sobre metodologias de autoria digital e ferramentas tecnológicas utilizadas na educação básica.

Em seguida, desenvolveu-se o levantamento de trabalhos relacionados, com foco em identificar abordagens e soluções já existentes que se propõem a facilitar a criação de jogos educacionais. Essa análise permitiu comparar as principais características, limitações e potencialidades de diferentes propostas, servindo de referência para o delineamento da solução arquitetural proposta.

Com base nesse embasamento, foi elaborada a proposta de solução, na forma de uma arquitetura computacional modular e escalável, que visa permitir a criação e personalização de jogos digitais mesmo por usuários sem formação técnica. A modelagem da proposta considerou aspectos técnicos, pedagógicos e analíticos, com ênfase na integração

de técnicas de GLA e na usabilidade para o público docente.

A proposta foi então submetida a uma etapa de avaliação empírica, que consistiu em duas fases principais. A primeira envolveu workshops de design participativo com professores da educação básica, para levantamento de requisitos e validação inicial das ideias. A segunda etapa consistiu na construção de uma prova de conceito com base nos requisitos identificados, posteriormente apresentada em um workshop de validação com foco em obter feedback qualitativo sobre a solução.

Por fim, a pesquisa foi concluída com a análise dos resultados, a discussão das contribuições, as limitações identificadas e a sugestão de trabalhos futuros.

1.5 Organização da Dissertação

Esta dissertação está estruturada em sete capítulos. O Capítulo 1 apresenta a motivação, os objetivos e os desafios da pesquisa, fornecendo uma visão geral da proposta e das lacunas que ela busca preencher. O Capítulo 2 aborda a fundamentação teórica, discutindo conceitos-chave relacionados a jogos digitais educacionais, GLA e trabalhos correlatos que embasam a proposta. O Capítulo 3 detalha a metodologia utilizada, incluindo os métodos adotados para levantamento de requisitos, modelagem da arquitetura e validação por meio de workshops com professores. No Capítulo 4, são descritos os resultados obtidos no levantamento de requisitos, com destaque para as percepções e necessidades identificadas junto aos educadores. O Capítulo 5 apresenta a arquitetura proposta, discutindo seus componentes, funcionalidades e modelos de dados. O Capítulo 6 traz a análise dos experimentos realizados, avaliando a viabilidade e os desafios da implementação prática e suas limitações. Por fim, o Capítulo 7 conclui o trabalho, destacando as contribuições da pesquisa e possíveis direções para estudos futuros.

Revisão da Literatura

O desenvolvimento de jogos digitais educacionais tem se mostrado uma área em constante crescimento, sendo impulsionado por sua capacidade de engajar alunos e promover a aprendizagem ativa por meio de abordagens interativas e lúdicas. Diversos estudos e plataformas têm explorado diferentes metodologias e ferramentas para a autoria de jogos educacionais, com ênfase em simplificar o processo de criação e oferecer suporte aos objetivos pedagógicos. Neste capítulo, serão apresentados trabalhos relacionados que contribuíram para o avanço dessa área, abordando seus principais conceitos, metodologias e ferramentas desenvolvidas, de maneira sucinta. Além disso, será apresentada uma tabela comparativa, destacando os principais requisitos de cada proposta, de forma a evidenciar o contexto em que este trabalho se insere.

2.1 Conceitos Fundamentais

2.1.1 Jogos Digitais Educacionais

Segundo Salen e Zimmerman (2004), diversão e jogos têm sido historicamente estudados de inúmeras maneiras, e qualquer definição proposta de jogos dependeria do campo em que é destinado a ser usado. Como característica única do ser humano, a definição de um jogo, seja uso de qualquer tecnologia ou não, é citado no sentido mais amplo como “uma atividade regida por regras que envolvem vários graus de chance ou sorte, e um ou mais jogadores que cooperam e competem (consigo mesmo, com o jogo, uns com os outros ou com um computador) através do uso do conhecimento ou habilidade na tentativa de atingir um objetivo específico (Jaffe, 2007).

Os jogos, que garantem um elo entre o aprendizado teórico e suas aplicações, têm constituído uma parte significativa das estratégias educacionais modernas empregadas por professores em vários níveis, desde a educação infantil até as universidades, desde que as primeiras evidências científicas demonstram sua utilidade nas atividades de aprendizagem. Conforme relata Jaffe (2007), os jogos passaram a ser utilizados para atender objetivo de

promover a aprendizagem baseada na experiência que se tornou proeminente na década de 1950 e 1960, quando o foco teórico da aprendizagem mudou do instrutor para o aluno.

Com outra abordagem, Egenfeldt-Nielsen (2007) atribui implicitamente a uma transformação social e afirma que os métodos tradicionais de ensino não eram vistos como capazes de preparar os alunos para a aumento da complexidade na sociedade e as habilidades de aprendizagem necessárias na vida real, assim a natureza dos jogos que potencialmente preparam os alunos para as dificuldades da sociedade moderna foi visto como premissa do uso educacional de jogos. Com a digitalização cada vez maior do ambiente de aprendizagem, jogos que antes eram utilizados apenas como técnicas instrucionais de apoio, além de para o ensino convencional em sala de aula, passaram a ser vistos como uma abordagem completa a partir da segunda metade da década de 2010, para aprender como “jogo baseado em aprendizagem – Game Based Learning (GBL)”, que é definido como a utilização de tecnologia baseada em jogos para entregar, apoiar e melhorar o ensino, aprendizagem e avaliação (Vlachopoulos e Makri, 2017).

Embora a literatura nos apresenta uma miríade de estudos sobre os prós e contras dos jogos, a pesquisa sobre o uso jogos educativos ainda não está totalmente desenvolvido no sentido de sintetizar seu aspecto prático, e observa-se que a maioria dos os estudos supracitados e os existentes na literatura, são sobre o uso de jogos digitais jogados com o auxílio de computadores ou outras ferramentas eletrônicas, como mencionado por Ritzhaupt et al. (2014). E a pesquisa sobre o efeito de jogos não digitais ou aulas tradicionais com a utilização de jogos é antiquado ou limitado. Este fato é articulado também na literatura sobre o uso de jogos educativos; e nota-se que há revisões examinando vários aspectos significativos de jogos que promovem a aprendizagem, mas são bastante datados (Tomlinson e Masuhara, 2009), o que é um sinal do declínio da pesquisa em jogos educativos em favor da pesquisa sobre potencial dos jogos digitais (Egenfeldt-Nielsen, 2007). Em outras palavras, o papel de jogos não digitais inseridos no conceito pedagógico é muitas vezes dado como certo, e a pesquisa empírica a este respeito tem sido de certa forma “negligenciada”, e resultou em uma literatura cada vez mais isolada acumulando apenas em nome de jogos digitais

2.1.2 *Game Learning Analytics*

A análise de grandes conjuntos de dados de ações entre usuário e sistema tem experimentado um crescimento muito rápido nos últimos anos. Esse tópico se estende para os jogos digitais e jogos digitais educacionais, no qual cada área possui suas particularidades para análise de tais dados. Quando se trata de conteúdo educacional, o conjunto utilizado são as *Learning Analytics* (LA), e, quando se trata de jogos digitais, utilizamos as *Game Analytics*.

A definição de *Learning Analytics* é, de certo modo, subjetiva. Diversos autores propuseram definições, como no caso de Baker e Inventado (2014) que definem *Learning*

Analytics como a exploração intensiva dos dados de modo que beneficie o aprendizado e a "arte de aprender", de modo a enfatizar a visualização e interpretação humana dos dados, de modo que não utilize métodos tão intensivos e automatizados de mineração de dados. De acordo com Siemens e Long (2011), que afirmam que *Learning Analytics* é a métrica, coleção, análise e resultado daqueles que estão aprendendo no contexto que foi utilizada, para propósitos de entender e otimizar a aprendizagem o ambiente onde foi aplicada. Complementam propondo que a análise dessa coleção de dados pode ser considerada juntamente com a Mineração de Dados Educacionais (EDM).

Já em outra vertente, *Game analytics* é o termo usado pela indústria de jogos para aplicação de análise para desenvolvimento de jogos e pesquisa para melhor entender como os usuários jogam, encontrar erros, melhorar o jogo e a experiência ao jogar. Diferentemente do propósito de *Learning Analytics*, cujo objetivo é auxiliar na aprendizagem online, *Game Analytics* tem seu foco em crescimento dos jogos digitais focados em entretenimento.

Os dados utilizados em *Game Analytics* podem ser divididos em dois grupos, de acordo com aspectos do ciclo de desenvolvimento dos jogos. Um aspecto considerado mais técnico que consiste em dados relacionados a infraestrutura, inclusive métricas utilizadas durante o processo de desenvolvimento e o outro mais voltado a experiência do usuário, utilizando dados relacionados a ações e logs de utilização.

O *Game Learning Analytics*, conhecido comumente por GLA ou *Learning Analytics for Serious Games*, consiste na combinação das técnicas de *Learning Analytics* e *Game Analytics*, a qual contribui para uma melhor utilização dos serious games, o que pode ajudar uma aproximação mais educacional e proporcionar o entendimento de como o processo de aprendizagem ocorre.

Como citado em Freire, Serrano-Laguna et al. (2016), o processo de GLA necessita de entender como um jogador interage com o jogo, armazenando dados definidos e as modificações causadas por tais ações, e o processo de implantação de GLA segue 6 métricas para prover tais dados, são elas

- ❑ **Instrumentação:** Que consiste nos componentes necessários para armazenar periodicamente os dados de interações do usuário com o ambiente de jogo;
- ❑ **Armazenamento:** Consiste em um componente no lado do servidor, responsável por receber, classificar e armazenar as interações mencionadas anteriormente;
- ❑ **Análise em Tempo Real:** Essa análise prove dados em tempo real que permitem intervenções específicas em tempo de execução de um jogo, de modo que maximize a eficiência da aprendizagem;
- ❑ **Análise Agregada:** Baseada em análises mais complexas, permitem que os "stakeholders" tenham uma visão mais ampla do que acontece em diferentes sessões, o

que necessita que essa análise seja executada em todas as interações coletadas de cada sessão individual;

- ❑ **Indicadores de Performance Chave:** Termo proveniente da área de Inteligência de Negócios - do inglês, *Business Intelligence* (BI), no qual considera Notas, progressão e eficácia educacional como métricas chave, e o sistema de GLA deve tentar associar essas métricas chave a outros dados coletados anteriormente e formar associações;
- ❑ **Dashboard Analítica:** Consiste nos sistemas que utilizam de técnicas de visualização de dados utilizados pelos 'stakeholders', que prove uma visão geral dos indicadores chave, e as necessidades de cada usuário, como mencionado por Shneiderman (1996) "Uma boa interface deve prover uma visão geral, específica e filtros, além de se preocupar com detalhes sob demanda"

Entendendo as métricas de extração e utilização dos dados é possível traçar cenários em que a utilização de GLA se mostra possivelmente viável, um dos possíveis cenários é proposto em Freire, Blanco e Fernández-Manjón (2014) no qual o professor necessitaria dos dados em tempo real em dispositivos móveis, de modo que auxiliasse os alunos que de fato se esforçam com os jogos, e identificando aqueles que possuem maiores dificuldades e não conseguiram tirar proveito da utilização de *Serious Games*. O cenário em questão far utilização principalmente da métrica de análise em tempo real e indicadores de performance chave, os quais permitem que o professor consiga saber de fato o que está acontecendo na sala de aula, entender os pontos positivos e negativos e reforçar o aprendizado dos alunos com menor aproveitamento.

2.2 Trabalhos Relacionados

As ferramentas de autoria em jogos digitais ganharam popularidade significativa nos últimos anos, pois permitiram que indivíduos com pouco ou nenhum conhecimento de programação criassem *videogames*. Um dos modelos, conhecido por autoria de jogos digitais (*Digital Game Authorship* – DGA) refere-se a jogos digitais educacionais desenvolvidos por alunos (Y.-T. C. Yang e Chang, 2014) e que tem mostrado resultados promissores na motivação de estudo e na melhora do nível das habilidades cognitivas.

O trabalho de Y.-T. Yang e Chang (2013) busca entender como a autoria de jogos digitais pode ser usada para engajar estudantes no processo de aprendizado. Ele demonstra que, ao permitir que os alunos criem seus próprios jogos, há um aumento significativo na concentração e nas habilidades de pensamento crítico. Além disso, o estudo destaca como essa prática pode impactar positivamente o desempenho acadêmico, criando um ambiente onde os estudantes se sentem motivados a explorar conceitos educacionais de forma interativa.

O trabalho de Csapó, Lörincz e Molnár (2012) propõe tecnologias de avaliação voltadas para jogos educacionais. O foco principal é em estudantes jovens, com ênfase na criação de métodos que utilizam dados de interação dentro do jogo para avaliar o progresso do aprendizado de maneira dinâmica e adaptativa. A abordagem busca tornar a avaliação menos intrusiva e mais integrada ao processo de aprendizado.

O trabalho de Chung (2015) fornece diretrizes para o design e a implementação de sistemas de telemetria em jogos educacionais. Ele explora como dados de jogo podem ser capturados e utilizados para realizar análises detalhadas, ajudando a identificar padrões de comportamento e desempenho dos jogadores. As diretrizes são voltadas para desenvolvedores que desejam incorporar ferramentas robustas de coleta e análise de dados.

O trabalho de Pérez Colado et al. (2021) apresenta uma abordagem com utilização de ferramentas de GLA em jogos educacionais. Ele descreve como ferramentas modulares podem ser usadas para educar desenvolvedores e professores sobre as melhores práticas de integração de learning analytics em jogos, reduzindo a complexidade técnica e promovendo a adoção ampla dessas técnicas.

Por outro lado, Calvo-Morata et al. (2019) focam na facilitação do uso de jogos educacionais em sala de aula, destacando como análises de aprendizado podem ser integradas para apoiar professores. Ele oferece exemplos práticos de como os dados de interação dos alunos podem ser utilizados para adaptar o conteúdo do jogo e fornecer insights valiosos sobre o progresso educacional.

O trabalho de Freire, Calvo-Morata et al. (2023) propõe métodos econômicos e eficientes para a criação e validação de jogos educacionais, com um foco especial na integração de análises de aprendizado. Ele discute como ferramentas acessíveis podem ser usadas para prototipação rápida e validação prática, tornando mais viável a aplicação de jogos educacionais em diferentes contextos.

O trabalho de Rodrigues et al. (2021) foca na criação de jogos terapêuticos. O primeiro passo é a definição do público alvo e dos objetivos, seguido pelas mecânicas de jogo e a integração dos recursos da plataforma. O RUFUS, apesar de permitir a criação de jogos, é voltado exclusivamente ao nicho de saúde, sendo uma plataforma específica e voltada a objetivos e necessidades definidas.

O trabalho de Yessad, Labat e Kermorvant (2010) permite que os *game designers* configurem e adaptem jogos educacionais de acordo com os objetivos pedagógicos. Com o uso do SeGAE, é possível definir novas missões ou modificar as existentes, gerando em tempo real as especificações do instrutor. O ambiente de autoria permite ao professor controlar o cenário da missão, visualizando as mudanças no jogo e definindo condições de vitória e derrota para manter a motivação do jogador. O formato Linguagem de Marcação Extensível - do inglês, *Extensible Markup Language* (XML) é utilizado para troca de dados no jogo, facilitando a interação com o jogo desenvolvido em Flash. Os arquivos XML gerados pelo SeGAE podem ser utilizados em cada jogo sério, permitindo

a edição de características visuais e espaciais dos personagens e do avatar do jogador. Além disso, é possível adicionar mensagens, diálogos e adaptar o jogo com novas missões. A arquitetura do SeGAE integra *proxies* e mediadores para manipulação do modelo de dados e da interface gráfica dos objetos do jogo.

Liomas, Altanis e Retalis (2017) propõem uma ferramenta de autoria projetada para criar jogos de tabuleiro digitais de aprendizagem focados no desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais. A ferramenta fornece recursos e funcionalidades que permitem aos educadores e designers de jogos personalizar jogos de tabuleiro digitais para melhorar essas habilidades nos alunos. Com a flexibilidade de integrar elementos de jogos, como mecânicas e recursos visuais, os criadores podem projetar jogos alinhados aos objetivos de aprendizagem específicos e adaptáveis às necessidades dos alunos. Essa ferramenta de autoria oferece uma abordagem inovadora para a criação de jogos de tabuleiro digitais de aprendizagem, permitindo que educadores e designers explorem a potencialidade desses jogos no desenvolvimento de habilidades cognitivas e sociais. Ao capacitar os criadores a personalizarem os jogos de acordo com objetivos específicos, a ferramenta promove a criação de experiências de aprendizagem envolventes e interativas, alinhadas com as necessidades dos alunos. Isso resulta em uma abordagem eficaz para promover o desenvolvimento dessas habilidades de forma lúdica e estimulante.

Baldeon et al. (2018) apresentam uma plataforma de autoria desenvolvida para a criação de jogos educacionais. A plataforma oferece recursos e ferramentas que permitem aos usuários projetar e personalizar jogos de acordo com objetivos educacionais específicos. Com a plataforma, os autores podem criar experiências de aprendizagem envolventes, integrando elementos como desafios, *feedback* personalizado e recursos multimídia. A plataforma de autoria descrita no artigo proporciona uma abordagem acessível e flexível para a criação de jogos educacionais. Ela permite que educadores e designers criem jogos adaptados às necessidades dos alunos, incorporando conteúdo educacional relevante e promovendo o engajamento ativo. Através dessa plataforma, os autores podem projetar jogos interativos e dinâmicos, que apoiam o processo de aprendizagem e incentivam a participação dos alunos.

Thillainathan et al. (2013) descrevem uma linguagem de modelagem para a lógica e estrutura de jogos educacionais, que capacita os educadores a projetarem jogos educacionais de forma eficiente. A linguagem permite que os educadores especifiquem a lógica do jogo e sua estrutura, incluindo objetivos, regras, *feedback* e fluxo de jogo. Além disso, a linguagem suporta a criação de estruturas de narrativa, permitindo que os educadores projetem experiências de jogo imersivas e envolventes. Ao usar essa linguagem de modelagem, os educadores podem colaborar com desenvolvedores e designers de jogos para criar jogos educacionais personalizados e alinhados com os objetivos educacionais. A linguagem fornece uma abordagem visual e intuitiva, facilitando o processo de design do jogo, e permite que os educadores ajustem e iterem rapidamente a lógica e a estrutura do

jogo. Com essa ferramenta, os educadores têm a capacidade de criar jogos educacionais de forma eficaz, integrando teoria educacional com a experiência de jogo, para promover uma aprendizagem mais significativa e o engajamento dos alunos.

O trabalho de Galvão et al. (2025) apresenta um *framework* destinado a auxiliar no desenvolvimento de jogos empáticos, ou seja, jogos projetados para promover a empatia entre os jogadores. O estudo explora como os jogos podem ser utilizados como ferramentas poderosas para fomentar a compreensão emocional, abordando metodologias e diretrizes para a criação de experiências interativas que incentivem a empatia. O *framework* proposto oferece orientações para desenvolvedores na construção de narrativas e mecânicas de jogo que promovam conexões emocionais significativas entre jogadores e personagens ou situações representadas nos jogos.

Torres et al. (2022) descrevem uma plataforma que permite a criação de serious games de forma simplificada, sem exigir conhecimentos de programação. A proposta central é oferecer um ambiente em que professores ou designers educacionais possam criar jogos interativos e educativos por meio de componentes prontos e customizáveis, priorizando a usabilidade e a flexibilidade. A plataforma inclui funcionalidades para personalizar mecânicas de jogo, narrativas, elementos de gamificação e, em muitos casos, acompanhamento do desempenho do aluno, permitindo que se incorporem práticas pedagógicas de forma eficiente.

A Tabela 1 apresenta uma comparação entre diversos trabalhos relacionados à criação de jogos educacionais e sua aplicabilidade no contexto da educação básica. Nela, diferentes estudos foram analisados com base em nove critérios (A a I), que abrangem aspectos como a criação dinâmica de jogos, integração de técnicas de GLA, funcionamento online e offline, usabilidade para professores sem formação técnica, personalização de jogos conforme a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), acompanhamento do desempenho dos estudantes, repositório de jogos prontos, ferramentas de gamificação e *dashboards* analíticos.

A: Permitir a criação dinâmica de jogos através de módulos personalizáveis e reutilizáveis.

B: Integrar funcionalidades de GLA para coleta e armazenamento de dados relacionados ao progresso e desempenho dos alunos.

C: Funcionar tanto em modo offline quanto online, considerando limitações de infraestrutura em escolas.

D: Ter interface minimalista e intuitiva que permita a criação, edição e personalização de jogos por professores sem formação técnica.

E: Permitir a personalização dos jogos com base nas habilidades definidas pela BNCC.

F: Possibilitar o acompanhamento e desempenho dos alunos durante os partidas, com indicadores.

G: Incluir um repositório com jogos prontos, permitindo que os professores os reutili-

Tabela 1 – Comparação dos trabalhos relacionados.

Trabalhos	A	B	C	D	E	F	G	H	I
(Y.-T. Yang e Chang, 2013)					X				
(Csapó, Lőrincz e Molnár, 2012)		X				X			
(Chung, 2015)		X				X			
(Pérez Colado et al., 2021)									X
(Calvo-Morata et al., 2019)		X							
(Freire, Calvo-Morata et al., 2023)						X			
(Rodrigues et al., 2021)	X							X	
(Yessad, Labat e Kermorvant, 2010)							X		
(Liomas, Altanis e Retalis, 2017)								X	
(Baldeon et al., 2018)				X					
(Thillainathan et al., 2013)	X			X	X				
(Galvão et al., 2025)				X			X		
(Torres et al., 2022)	X			X			X	X	
Esta dissertação	X	X	X		X		X		X

Fonte: Autor.

zem e personalizem parâmetros conforme suas necessidades.

H: Oferecer ferramentas para incorporar elementos de gamificação.

I: Fornecer dashboards analíticos detalhados para professores, com insights sobre o desempenho dos alunos.

Metodologia de Pesquisa

A metodologia de pesquisa está pautada nos conceitos de pesquisa aplicada exploratória e de pesquisa empírica. O caráter exploratório acontece com o estudo da literatura para levantamento de requisitos para a modelagem de uma arquitetura computacional. Inicialmente, foi realizada a idealização do projeto, que envolveu a definição dos objetivos, escopo e requisitos arquiteturais iniciais para criação dinâmica de jogos. Em seguida, foi conduzida uma extensa pesquisa bibliográfica para explorar as melhores práticas, técnicas e abordagens utilizadas na área de criação de jogos e arquitetura de software. Nessa etapa, foram modelados diagramas para projetar, visualizar e documentar a arquitetura proposta, incluindo a identificação dos componentes-chave e as interações entre eles. Em seguida, como etapa de refinamento dos requisitos, foi realizado um *workshop* de design participativo com professores da educação básica de diferentes domínios de atuação, contemplando uma análise de perfil baseada na pesquisa conduzida por Papanastasiou e Angeli (2008), de modo a observar o quão confortável e confiante o professor se sente ao utilizar tecnologias interativas durante o ensino e quais os principais desafios quando relacionados à implementação de tais tecnologias. O caráter empírico aconteceu com a validação da prova de conceito construída por meio de grupos focais, também com professores, com a coleta de percepções por entrevistas e questionários. Este projeto foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas com Seres Humanos¹. A Figura 1 apresenta uma visão geral da metodologia seguida na pesquisa desta dissertação de mestrado. As subseções a seguir apresentam os detalhes de cada etapa metodológica.

3.1 Estudo para Definição de Requisitos

O desenvolvimento de uma arquitetura computacional voltada para jogos digitais educacionais exige um embasamento teórico robusto, que considere tanto os aspectos técnicos quanto pedagógicos. Arquiteturas nesse contexto precisam ser fundamentadas em princípios como modularidade e adaptabilidade, permitindo que o sistema atenda a diferentes

¹ CAAE 75063323.4.0000.5152

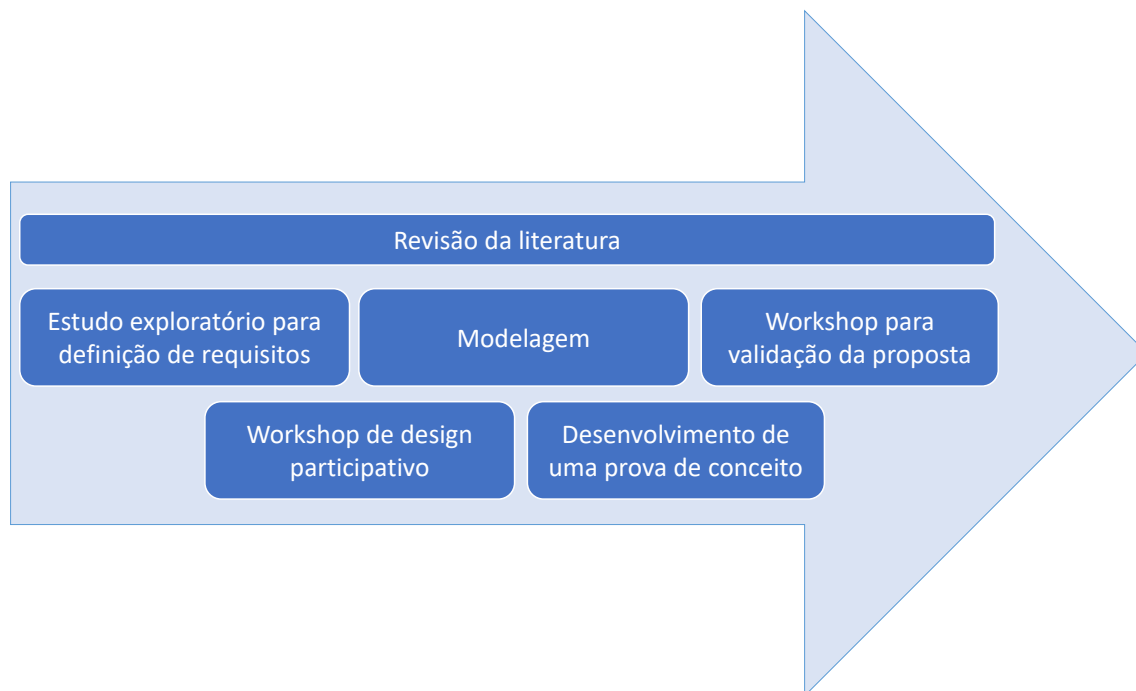


Figura 1 – Visão geral da metodologia deste trabalho.

demandas educacionais. Além disso, o uso de técnicas de GLA é indispensável, pois possibilita a coleta e análise de dados educacionais, fornecendo informações valiosas sobre o progresso dos alunos e a eficácia das práticas pedagógicas. Esses fundamentos são essenciais para a concepção de uma solução que ofereça suporte à personalização e ao acompanhamento educacional. Foi conduzido um estudo exploratório da literatura para entender o estado da arte e identificar o que tem sido utilizado em termos de tecnologias nesse contexto.

A construção teórica de uma arquitetura inicial deve levar em conta as melhores práticas de engenharia de software aplicadas ao campo educacional. Modelos arquiteturais baseados em camadas ou componentes modulares são amplamente recomendados, pois facilitam a flexibilidade e a escalabilidade do sistema. Adicionalmente, a adoção de padrões abertos, como JavaScript Object Notation (JSON) para estruturação de dados e Application Programming Interface (API)s RESTful para integração, viabiliza a interoperabilidade entre sistemas, o que é crucial para ambientes educacionais que precisam ser acessíveis e adaptáveis às diversas realidades escolares.

A interação humano-computador é um elemento central na concepção de arquiteturas para jogos educacionais. É necessário garantir que os sistemas sejam intuitivos e focados nos usuários, sejam eles professores ou estudantes. Por meio do design centrado no usuário, é possível criar interfaces que permitam aos professores utilizar o sistema sem a necessidade de formação técnica avançada. Além disso, a personalização de conteúdo e a visualização de dados analíticos, elementos alinhados aos princípios de GLA, são essenciais para promover o acompanhamento contínuo e a adaptação dos jogos às necessidades

educacionais específicas.

A escalabilidade e a sustentabilidade são pilares teóricos indispensáveis para o desenvolvimento de arquiteturas educacionais. Sistemas baseados em módulos devem ser projetados, considerando as limitações de infraestrutura em muitas escolas. Além disso, o design modular permite a evolução do sistema ao longo do tempo, possibilitando a adição de novas funcionalidades conforme as necessidades educacionais mudam.

3.2 Workshop de design participativo

Foi realizado um *workshop de design participativo* com professores da educação básica como etapa de refinamento dos requisitos, contemplando uma análise de perfil (Papanastasiou e Angeli, 2008), de modo a observar o quão confortável e confiante o professor se sente ao utilizar tecnologias interativas durante o ensino. Para isso, os participantes foram convidados a responder um questionário para avaliar 14 afirmativas sobre o uso de tecnologia em suas práticas de ensino, com duração estimada de 8 minutos. Além disso, com vistas a explorar e comparar conceitos de design antes da implementação da tecnologia em si, foi utilizado o método de design chamado de *Speed Dating* (Davidoff et al., 2007).

Esse workshop foi realizado com base em uma estrutura de grupos focais com entrevista semiestruturada, ou seja, o moderador apresentou propostas de design e seguiu uma lista de sete perguntas pré-definidas com possibilidade de explorar, de forma mais detalhada, as respostas dos participantes com novas perguntas, com duração total estimada de uma hora. Essa abordagem propõe um processo colaborativo, no qual os usuários finais são ativamente envolvidos desde as fases iniciais do projeto (Preece, Sharp e Rogers, 2019). Foram realizados dois grupos focais, sendo cada um de forma a contemplar, ao menos, um participante de cada domínio: Português, Matemática, Química, Física, Biologia, História, Geografia. Dessa forma, o total de participantes no workshop de design participativo foi de 10 pessoas, ou seja, cada grupo focal com 6 e 4 pessoas respectivamente (Pizzol, 2004; Preece, Sharp e Rogers, 2019).

A análise dos dados coletados foi conduzida de forma qualitativa, permitindo uma interpretação aprofundada das contribuições dos participantes. As respostas foram organizadas e categorizadas para identificar padrões, percepções e sugestões relevantes ao desenvolvimento do projeto. A partir dos relatos obtidos nos grupos focais, foi possível extrair insights sobre necessidades, dificuldades e expectativas dos usuários, garantindo que as decisões de design estivessem alinhadas com suas demandas. Além disso, foram analisadas recorrências temáticas e relações entre os dados, possibilitando uma compreensão mais ampla do impacto das propostas apresentadas.

3.3 Modelagem

Foram modelados diagramas com o propósito de projetar, visualizar e documentar a arquitetura proposta (Bezerra, 2007), assegurando a identificação precisa dos componentes-chave e das interações que compõem a proposta. Essa abordagem buscou oferecer uma visão estruturada e detalhada, possibilitando que as funcionalidades sejam claramente compreendidas e alinhadas às necessidades identificadas. O processo de modelagem também considera a integração de elementos técnicos e pedagógicos, visando atender de forma abrangente os requisitos levantados. Além disso, o *feedback* obtido durante o workshop de design participativo foi analisado minuciosamente e incorporado na modelagem, reforçando o empenho com a construção de uma solução alinhada às expectativas dos professores participantes e ao contexto educacional abordado.

O diagrama de fluxo e o diagrama de classes foram essenciais para refinar os requisitos refletidos na proposta. O diagrama de fluxo ajudou a mapear as interações do usuário dentro do jogo, detalhando como cada ação leva a diferentes estados do sistema. Ele garantiu que a transição entre módulos, fases e eventos ocorresse de forma estruturada e coerente, permitindo identificar pontos críticos onde decisões importantes são tomadas. Com essa modelagem, foi possível visualizar como os jogadores interagem com os elementos do jogo e como os dados são coletados e processados ao longo da experiência.

Já o diagrama de classes foi fundamental para definir a estrutura interna do software, organizando as entidades principais e suas relações. Ele detalhou a lógica do sistema, garantindo que cada componente tivesse suas funções bem definidas e possibilitando uma organização modular do código. A partir dessas definições, foi possível consolidar o diagrama de blocos, que sintetiza toda a arquitetura em três grandes grupos: visualização, acompanhamento e criação dinâmica de fases. Dessa forma, o diagrama final não apenas reflete a estrutura do sistema, mas também facilita futuras expansões e adaptações, garantindo que o desenvolvimento esteja alinhado com as necessidades levantadas durante os workshops (Bezerra, 2007).

3.4 Prova de Conceito

A construção da prova de conceito foi realizada com o propósito de avaliar a arquitetura proposta, transformando os requisitos levantados e modelados em uma solução prática e funcional que pudesse ser testada em um ambiente controlado. Esse processo começou com a seleção dos componentes essenciais identificados nos diagramas modelados, priorizando as funcionalidades mais relevantes para o contexto educacional, como a criação modular de jogos, a coleta de dados para análises educacionais e a interação com uma interface intuitiva. Cada elemento foi implementado de maneira incremental, utilizando tecnologias compatíveis com a necessidade de escalabilidade e adaptabilidade do sistema.

A implementação da prova de conceito também buscou refletir o *feedback* recebido durante o workshop de design participativo, garantindo que a solução estivesse alinhada às expectativas e necessidades práticas dos professores participantes. O objetivo principal da construção da prova de conceito foi avaliar a viabilidade técnica e prática da arquitetura em um estágio inicial, permitindo identificar falhas ou lacunas no design e no desenvolvimento antes de avançar para etapas mais amplas de validação.

3.5 Workshop de avaliação

Com um protótipo de alta fidelidade construído, foi realizado um novo workshop para avaliação da proposta e obtenção de *insights* e *feedback* mais aprofundados. Esse segundo workshop também seguiu o formato de grupos focais com professores da educação básica de diferentes domínios de atuação, voltados às ciências exatas para apresentação de um protótipo da proposta de sistema. Após a aplicação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), o moderador fez uma apresentação do protótipo para os participantes, fazendo perguntas semiestruturadas para coleta de dados qualitativos sobre a proposta. No final, foi utilizado o instrumento Modelo de Aceitação de Tecnologia - do inglês, *Technology Acceptance Model* (TAM) (Davis, 1989) para avaliar percepções quanto a utilidade, facilidade de uso e aceitação, também respondido de forma on-line, com nove afirmativas sobre aceitação e uso da tecnologia proposta e três questões discursivas para indicar as dificuldades, melhorias e experiência com a tecnologia proposta, com duração média de 20 minutos. Nesse workshop, foram realizados 3 grupos focais, com três, dois e três participantes respectivamente, (professores de diferentes disciplinas do domínio de ciências exatas), totalizando 8 pessoas.

O workshop de validação foi analisado de forma qualitativa, utilizando entrevistas semiestruturadas e o TAM para avaliar a percepção dos professores sobre a ferramenta. As respostas foram transcritas e categorizadas, identificando padrões e recorrências nas interações com o sistema. Além disso, os questionários online mensuraram aspectos como facilidade de uso e utilidade percebida. A análise dos dados coletados entre entrevistas, questionários e observações garantiu uma avaliação mais detalhada, permitindo entender a aceitação da arquitetura e sua aplicabilidade.

Estudo para Levantamento de Requisitos

Com duração total de uma hora, o *workshop* foi realizado com base em uma estrutura de grupos focais com entrevista semiestruturada, ou seja, o moderador apresentava propostas de design e seguia uma lista de sete perguntas pré-definidas com possibilidade de explorar, de forma mais detalhada, as respostas dos participantes com novas perguntas. Essa abordagem propõe um processo colaborativo, no qual os usuários finais são ativamente envolvidos desde as fases iniciais do projeto (Preece, Sharp e Rogers, 2019). Foram realizados dois grupos focais, em que foram contemplados participantes de diferentes domínios: Português, Matemática, Química, Inglês, Geografia e História em ambas as sessões. No total, 10 professores participaram do estudo, ou seja, cada grupo focal contemplou 5 participantes. Segundo trabalhos da literatura e livros especializados da área de Interação Humano-Computador, o número cada grupo focal deve ter entre 5 a 15 pessoas para permitir a participação efetiva dos participantes e a discussão adequada dos temas (Pizzol, 2004; Preece, Sharp e Rogers, 2019).

4.1 Workshops de Design Participativo

As sessões foram gravadas e transcritas. A análise dos dados foi feita por meio de processamento de linguagem natural, em que os dados transcritos foram agrupados e tratados com remoções de *stopwords* para, assim, identificar os termos mais relevantes mencionados pelos professores durante o *workshop* por meio de uma nuvem de palavras, técnica utilizada para identificar palavras mais frequentes em um texto, implementada um algoritmo em Python, em que foi realizado um pré-processamento dos textos transcritos utilizando técnicas de recuperação da informação com Processamento de Linguagem Natural (PLN). Tais passos consistem na remoção de *stopwords*, *tokenização*, lematização e processamento, sendo o primeiro passo é a *tokenização*, que envolve a divisão de um texto em unidades menores chamadas *tokens*. Esses *tokens* podem ser palavras individu-

ais, frases ou até mesmo caracteres, esses *tokens* são utilizados para realizar a remoção das *stopwords*, que consistem em palavras que podem ser consideradas irrelevantes para o entendimento do sentido de um texto, ou seja, palavras semanticamente irrelevantes, como proposições e artigos. Após a remoção das *stopwords*, foi feita a lematização do texto, que consiste basicamente na remoção do sufixo ou prefixo de conjugação, a partir do lemma. O *feedback* obtido no *workshop* de design participativo foi, por meio da análise realizada, incorporado na modelagem da proposta de modelo arquitetural.

A segunda etapa de experimentação contempla uma prova de conceito desenvolvida a partir dos dados obtidos dos workshops de design participativo, e modelagem da arquitetura,

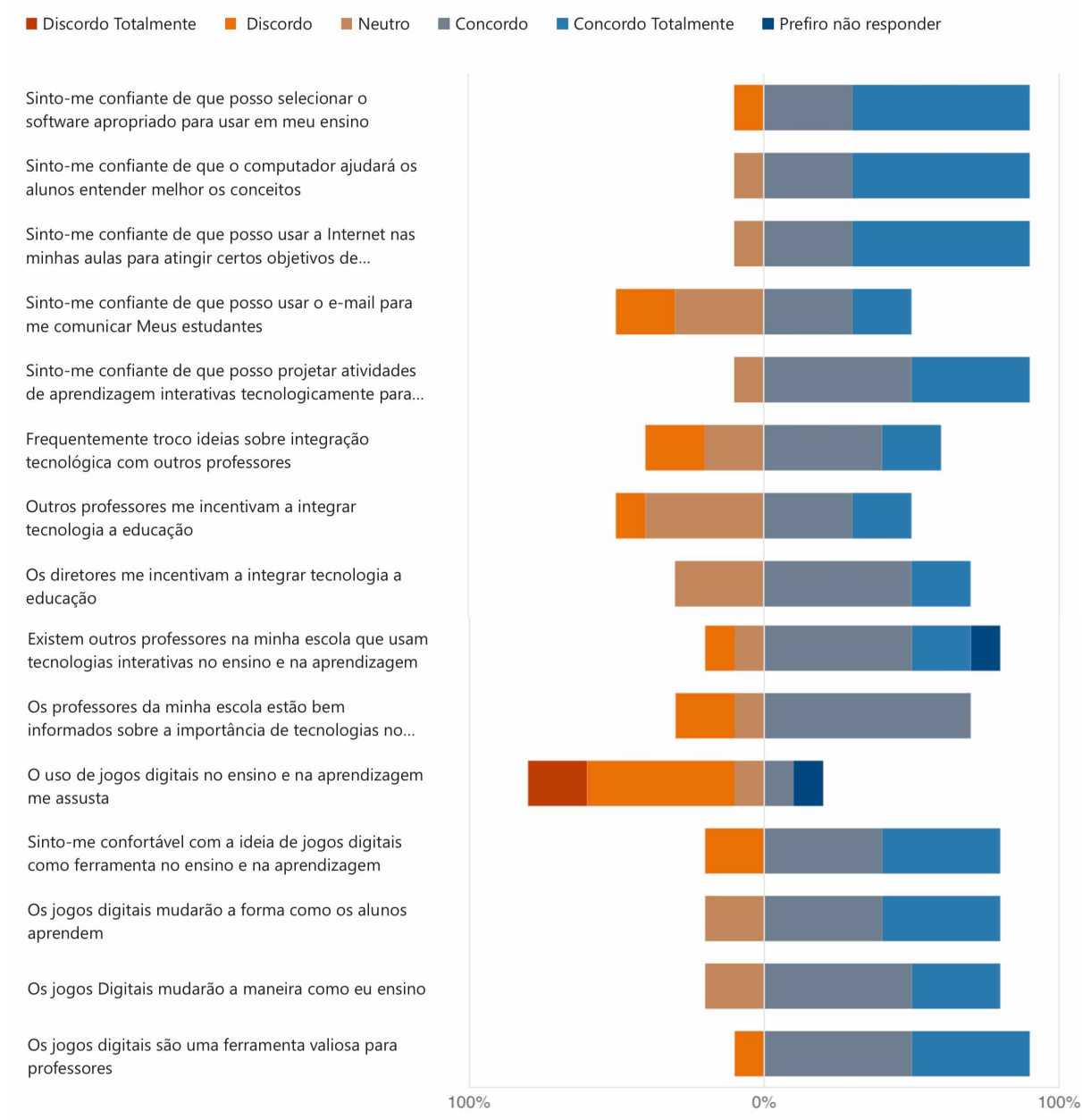
Foram coletados dados de perfil dos participantes quanto ao uso de tecnologia no contexto educacional. A Figura 2 mostra uma consolidação das avaliações de concordância dos participantes com relação às afirmativas apresentadas. No geral, nota-se que os participantes são adeptos ao uso de tecnologia como suporte ao processo de ensino e aprendizagem. Cerca de 87,5% dos professores se sentem confiantes que podem selecionar os softwares adequados para utilizar no ensino em sala de aula. Todos eles afirmaram que se sentem confortáveis em utilizar a internet para atingir objetivos de aprendizagem com seus alunos, entretanto, 25% dos professores discordaram de que se sentem confiantes em relação a utilização de e-mail para comunicação com os estudantes e outros 25% afirmaram ser indiferentes. Um dos pontos mencionados durante os grupos focais é que eles preferem utilizar o aplicativo WhatsApp pela facilidade e disponibilidade a alunos de renda mais baixa e moradores da zona rural, pois em sua maioria não possuem computador em suas residências.

Já em relação a atividades interativas, todos afirmaram que se sentem confiantes em pesquisar e aplicar atividades interativas no geral, mas não costumam trocar ideias sobre a utilização e integração de tecnologias na educação entre eles, o que pode estar relacionado com o pouco incentivo (informação e treinamento) proveniente dos diretores e superiores. Do ponto de vista da utilização de jogos digitais no processo de ensino e aprendizagem, apenas 12,5% dos professores afirmaram que se sentem intimidados e desafiados com sua utilização, enquanto 12,5% disseram ser indiferentes e 75% discordaram que os assusta, o que se mostra inversamente proporcional às respostas para as afirmações que se sentem confortáveis na utilização desse tipo de ferramenta, que é uma valiosa ferramenta para professores, e que jogos vão impactar positivamente no ensino.

4.2 Resultados

Após a realização dos grupos focais, os dados foram transcritos e houve a geração de uma nuvem de palavras, com uma etapa de pré-processamento que foi detalhada na seção anterior. Os termos mais relevantes foram as palavras “jogo, habilidade, exemplo,

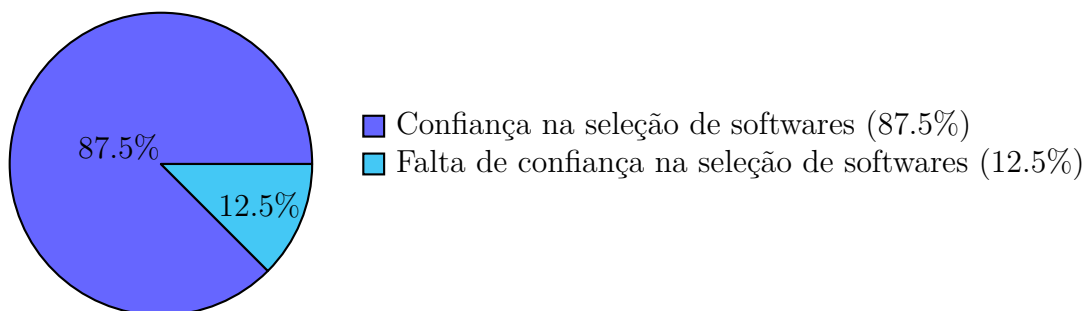
Figura 2 – Visão geral dos resultados do questionário de perfil de uso de tecnologias no contexto educacional.



Fonte: Autor.

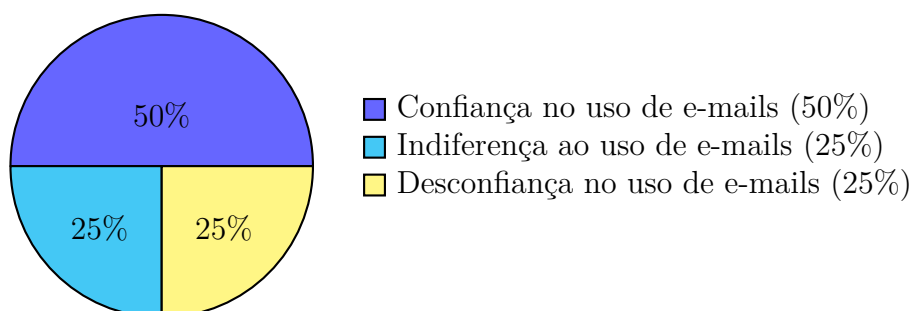
aluno, computador, interessante, módulo, *quiz*”, as quais cada uma se refere a como os docentes enxergam o potencial do projeto na educação. As palavras “jogo e habilidade” estão relacionadas, onde os docentes relataram a ausência de jogos que contemplam habilidades exigidas para avaliação do nível de conhecimento dos alunos, e a ausência de jogos prontos que atendam suas necessidades, enquanto “exemplo, aluno, e computador” se relacionam com a utilização de meios tecnológicos por parte dos alunos, dando ênfase nas principais dificuldades dos alunos quanto a utilização e interpretação do que deve ser feito, juntamente com a palavra “interesse” que se relaciona ao interesse dos alunos

Figura 3 – Confiança dos professores em selecionar softwares adequados para o ensino.



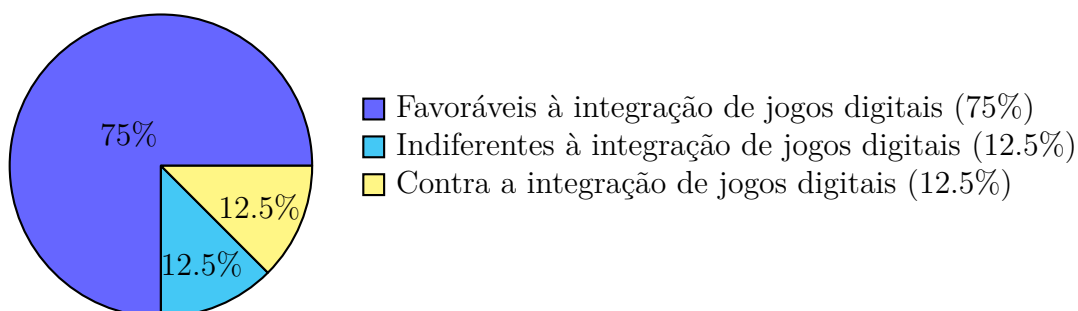
Fonte: Autor.

Figura 4 – Confiança dos professores no uso de e-mails para comunicação com os alunos.



Fonte: Autor.

Figura 5 – Aceitação dos professores quanto à integração de jogos digitais no ensino.



Fonte: Autor.

a utilizar “apenas” para recreação, e pelos docentes como ferramenta que demonstraria relevância pois apresentaria um cenário onde poderiam aplicar recursos que são cobrados e hoje não possuem amparo, já as palavras “módulo e *quiz*” se relacionam a criação do jogo e discussão sobre como os docentes veem que seria importante a coleta dos metadados dentro de cada módulo, utilizando o *quiz* como algo mais palpável devido a sua familiaridade e simplicidade.

Durante as sessões, o modelo proposto foi apresentado aos professores, com a expli-

suem as opções de personalização e adaptação que poderiam se adequar à necessidade do professor e da turma. No entanto, muitos demonstraram grande interesse em aplicar jogos como metodologia de apoio ao ensino. Por fim, alguns professores mencionaram a utilização de aplicativos, como o Kahoot¹, para “chamar a atenção” dos estudantes.

Os professores foram questionados sobre os principais desafios encontrados na aplicação de jogos digitais educacionais em sala de aula, bem como sobre softwares para criação de jogos digitais educacionais, levando em conta os pontos já levantados previamente. O principal empecilho relatado foi a ausência de jogos “prontos”. Além disso, foi citado também que uma das principais dificuldades deve-se à falta de amparo em relação à tecnologia, tal como treinamento, infraestrutura de qualidade, materiais de apoio pedagógico para implementação e sugestões de utilização. Devido a essa dificuldade quanto ao uso de tecnologias, acabam ficando em sua “zona de conforto”, fazendo com que o uso de metodologias baseadas em tecnologia seja limitado.

Outro ponto citado com grande ênfase foi em relação ao nível de conhecimento dos próprios alunos em relação a utilização de computadores. Os professores relataram que muitos estudantes possuem dificuldade até mesmo com funções básicas, como ligar um computador. Eles mencionaram que é perceptível que o contato maior dos estudantes é com celulares e videogames, especialmente para uso recreativo. Atualmente, o uso de aplicativos como YouTube, TikTok e Candy Crush são comuns entre os estudantes e, em geral, atividades orais ou visuais chamam mais atenção e conseguem prender o foco deles. Foi destacada também a carência na leitura de instruções. Segundo a fala de um professor: *“eu acho muito engraçado, que só a formatação do computador está escrito assim, tecle F1 para continuar. Professor, o computador está quebrado. Você leu aí o que está escrito. Ou seja, ele não sabe clicar lá no F1, para o F12, para continuar. Por incrível que pareça, é uma geração que eles querem tudo muito falado, muito visual.”*

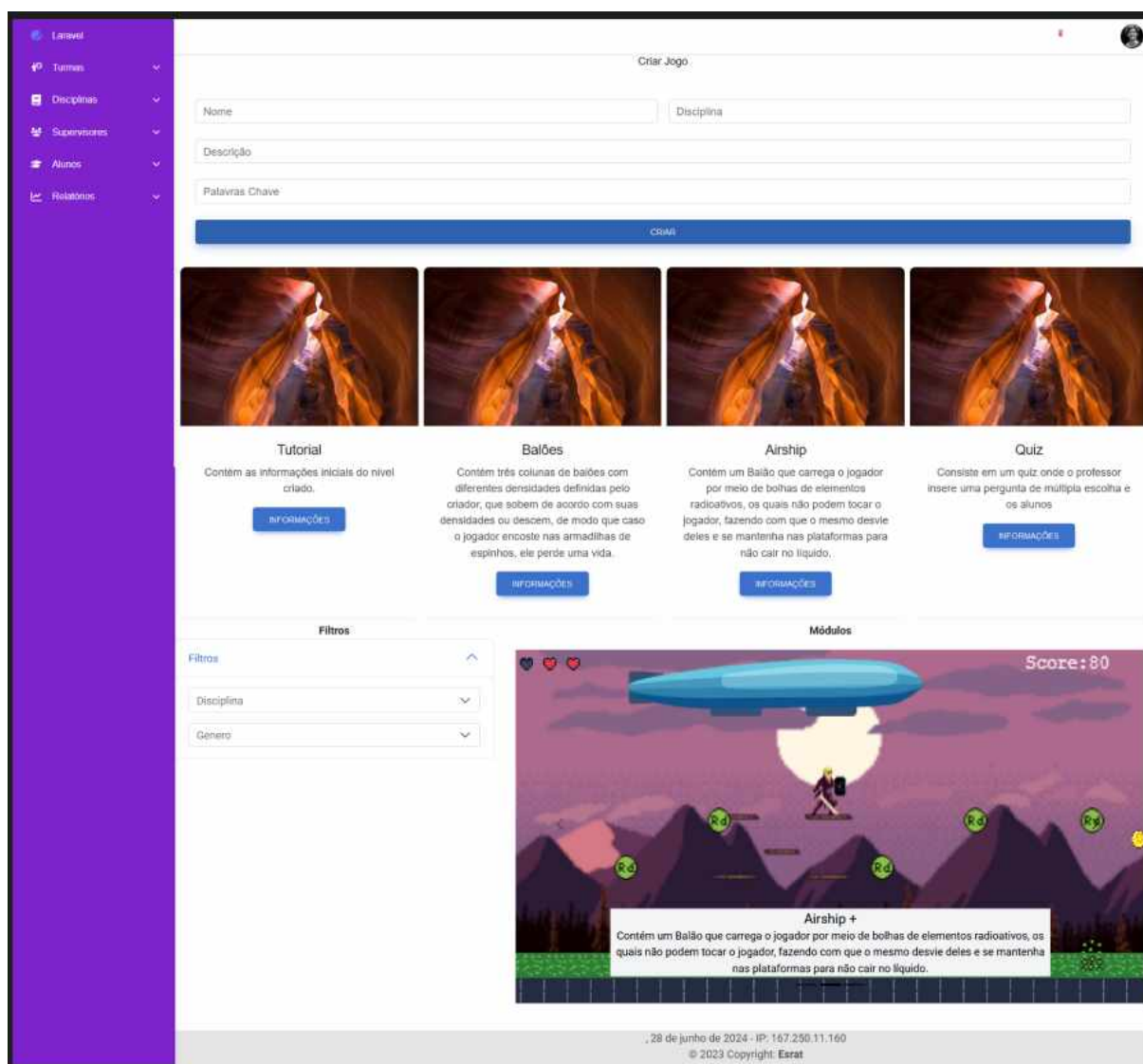
Quando foi questionado sobre quais funcionalidades seriam importantes para se ter em um software como aquele aqui proposto, foram citados novamente os problemas e dificuldades de infraestrutura e conexão, o que reforça a necessidade de uma ferramenta *offline*, principalmente para uso em dispositivos móveis. Os professores também ressaltaram a necessidade que têm em avaliar constantemente certas habilidades dos estudantes, definidas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), e que são desenvolvidas ao longo do ensino fundamental e médio. Essa avaliação atualmente é feita por meio de trabalhos e seminários, sendo que os professores não possuem uma base de questões e trabalhos que contemplem as habilidades e, por isso, sempre gastam muito tempo para pesquisar e elaborar esse tipo de atividade avaliativa. Assim, uma plataforma como a proposta poderia ser um recurso para apoiar nesse aspecto, tendo sido sugerido que essas habilidades possam ser um parâmetro na criação das fases de jogo e que possam, depois, serem utilizadas para escolher os jogos.

¹ <https://kahoot.com>

Foram apresentadas duas propostas de interface (Figura 7 e Figura 8), para as seguintes ações: navegação na página, interação com elementos principais, tais como carrossel para selecionar os módulos, menus de seleção (*dropdown*) para explorar possibilidades de apresentação de filtros, modais com objetivo de explorar uma interface minimalista e mais amigável e listas do tipo *draggable* para ordenar os módulos de uma fase mais intuitivamente. A segunda proposta (Figura 8) foi a que os professores mais gostaram, pois relataram sentir mais familiaridade com a interface, mencionando que o primeiro modelo (Figura 7) apresentou uma interface mais complexa e fora do que eles estão acostumados, enquanto o segundo modelo utiliza de métodos mais tradicionais como listas auto-ordenadas, maior facilidade na seleção dos módulos e reordenação, e também que manipulação dos dados são mais intuitivos. Com relação a possíveis métricas a serem consideradas para acompanhamento dos estudantes, foi mencionado o tempo de resposta às perguntas e tempo de conclusão de cada fase e predição de “chutes”. Também destacaram a importância de randomizar a ordem das perguntas e respostas nos *quizzes*.

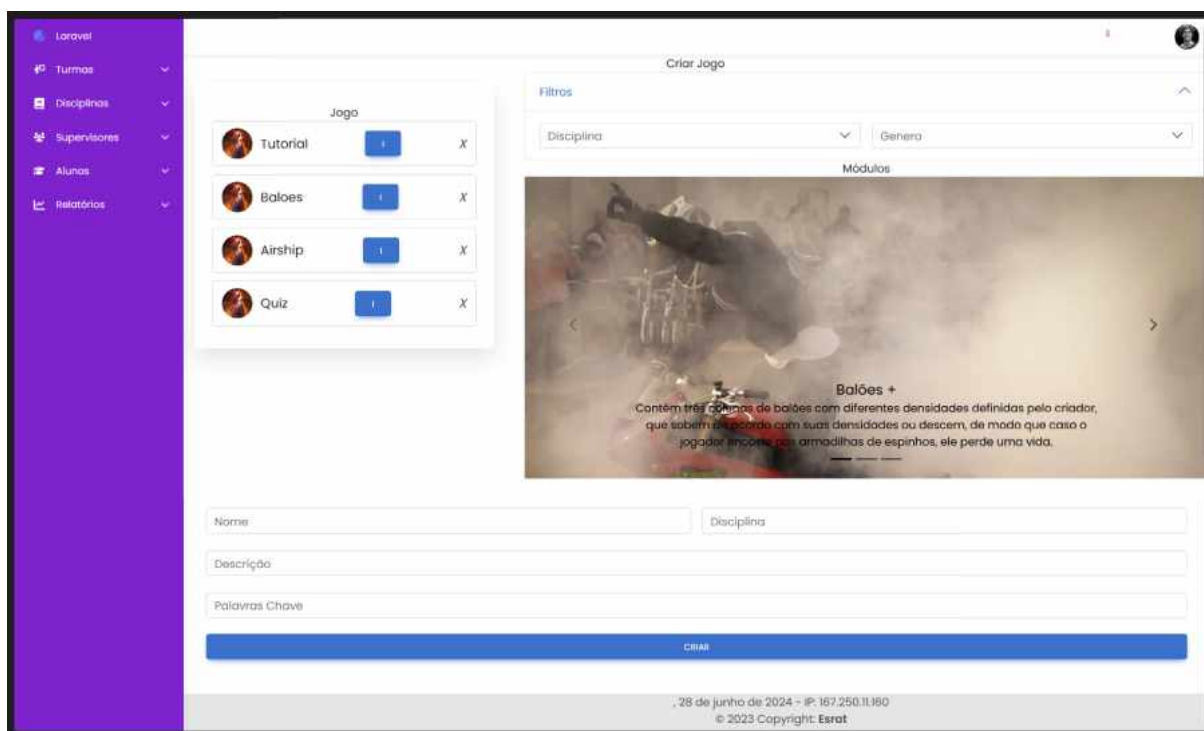
Na visão geral, os professores afirmaram que acham muito viável a implementação de um software como o proposto, mas com ênfase novamente nos problemas relatados em relação a internet e dificuldade técnica dos professores e alunos em relação à utilização de tecnologias e métricas por grupo, como exemplo turmas, séries etc. Pontuaram novamente que seria de grande valia a implementação e utilização de softwares como o proposto, pois o deficit na educação é muito grande em relação a incentivo, treinamento e materiais. Foram ainda citadas diferenças entre os alunos de rede privada e rede pública, onde os professores mencionaram que os alunos da rede pública da zona rural possuem maior interesse relacionado a meios tecnológicos no contexto da aprendizagem, enquanto alunos da rede pública da zona urbana não demonstram tanto interesse, já os alunos da rede privada demonstram maior interesse em utilizar meios tecnológicos apenas como entretenimento.

Figura 7 – Opção 1 de interface apresentada aos participantes.



Fonte: Autor.

Figura 8 – Opção 2 de interface apresentada aos participantes.



Fonte: Autor.

Arquitetura Proposta

Com base na revisão da literatura e nos dados coletados durante as sessões de grupos focais, criou-se uma proposta de modelo arquitetural para contemplar a autoria dinâmica de jogos educacionais Web com suporte a GLA. Os principais requisitos levantados durante o *workshop* foram: (i) suporte a um ambiente tanto online quanto offline; (ii) interface com filtros onde os módulos podem ser ordenados por turmas, disciplinas, habilidades contempladas e tempo aproximado de conclusão; (iii) uma aba específica onde outros professores podem reutilizar jogos prontos, alterando apenas os parâmetros base; (iv) definição de parâmetros das fases, como tempo de conclusão, pontos de dificuldade.

5.1 Prefabs

O Phaser.js é um framework open-source baseado em JavaScript, amplamente utilizado para o desenvolvimento de jogos 2D voltados para a Web. Ele oferece uma infraestrutura robusta para gerenciamento de cenas, sprites, animações, física e interações, sendo especialmente eficaz para jogos educacionais que demandam interatividade e leveza. Por sua compatibilidade com navegadores modernos e facilidade de integração com bibliotecas externas, o Phaser se destaca como uma ferramenta acessível para desenvolvedores e educadores que desejam criar experiências de aprendizagem gamificadas, responsivas e multiplataforma.

A modelagem da arquitetura proposta foi desenvolvida com base no uso do framework Phaser.js, uma biblioteca JavaScript voltada para criação de jogos 2D para a Web. O uso dessa tecnologia permitiu estruturar o sistema de forma modular, viabilizando a criação de jogos educacionais compostos por fases dinâmicas, integradas a partir de módulos reutilizáveis. Cada módulo do jogo (como quizzes, desafios interativos e menus) foi tratado como uma entidade independente, com lógica e interface próprias, permitindo que os professores possam compor diferentes fases a partir da seleção e ordenação desses elementos.

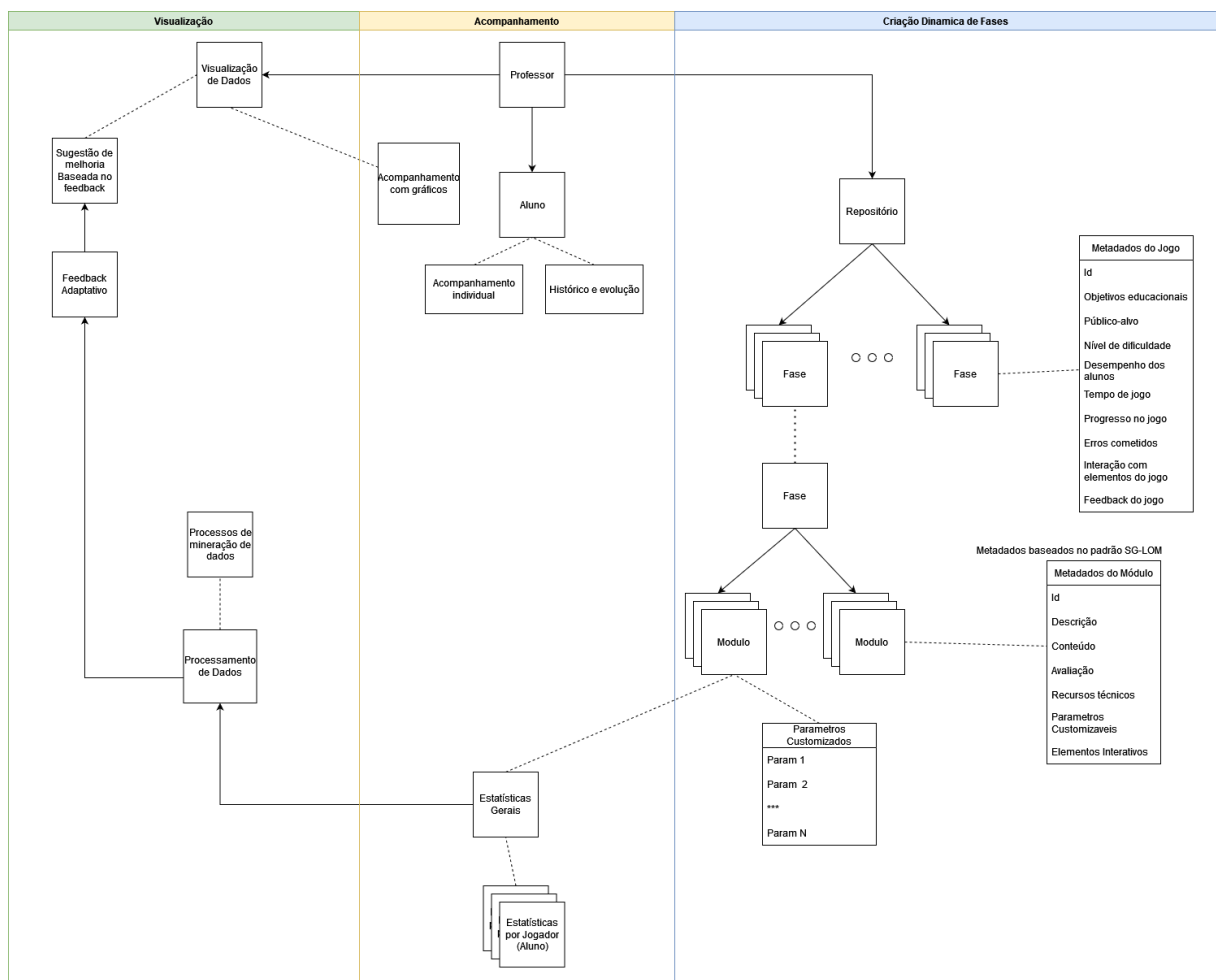
Esses módulos foram implementados como prefabs no Phaser, ou seja, como componentes reutilizáveis e parametrizáveis que encapsulam funcionalidades específicas dentro

do jogo. Cada prefab foi projetado para aceitar parâmetros personalizados, como textos, respostas corretas, densidades, elementos químicos, entre outros, garantindo flexibilidade e adaptabilidade aos objetivos pedagógicos. Isso permite que, sem a necessidade de programação, o professor possa configurar fases com diferentes níveis de complexidade e conteúdo, adequando o jogo à realidade de sua disciplina e de sua turma.

5.2 Visão Geral

A Figura 9 mostra um diagrama de blocos que contempla uma visão geral das entidades e componentes envolvidos, separados em três grupos principais: Visualização, relacionada com o processo de *feedback* aos estudantes e professores dos resultados da aplicação de técnicas de GLA; Acompanhamento, relacionado com histórico do percurso de aprendizagem e estatísticas gerais; e, Criação dinâmica de fases, relacionado com a estrutura de um repositório de jogos e módulos que permitirá a criação dinâmica de novas fases.

Figura 9 – Diagrama de blocos modelado a partir dos requisitos levantados.



Fonte: Autor.

O grupo de **Visualização** (indicado em verde na Figura 9) foca na coleta e análise de dados das interações dos usuários no jogo para melhorar a experiência de aprendizagem e possui os seguintes componentes:

- ❑ *Processamento de Dados*: Os dados coletados das interações dos alunos são processados para gerar estatísticas gerais e específicas por jogador.
- ❑ *Processos de Mineração de Dados*: Técnicas de mineração de dados são aplicadas para extrair padrões e informações relevantes dos dados processados.
- ❑ *Visualização de Dados*: Os dados processados são visualizados, permitindo que professores e alunos acompanhem o desempenho.
- ❑ *Feedback Adaptativo*: Baseado nos dados analisados, são sugeridas melhorias adaptativas para o jogo, oferecendo uma experiência personalizada aos alunos.
- ❑ *Sugestão de Melhoria Baseada no Feedback*: O feedback recebido dos usuários é usado para sugerir melhorias contínuas no sistema.

O grupo **Acompanhamento** (indicado em amarelo na Figura 9) trata da comunicação e acompanhamento do progresso dos alunos, utilizando os dados processados e visualizados e destaca os seguintes componentes:

- ❑ *Visualização de Dados*: Os dados são apresentados em formas gráficas para facilitar a compreensão do desempenho e progresso.
- ❑ *Acompanhamento com Gráficos*: Professores utilizam gráficos para monitorar e avaliar o desempenho dos alunos ao longo do tempo.
- ❑ *Acompanhamento Individual*: Cada aluno tem seu progresso individual acompanhado, proporcionando um histórico detalhado de evolução.
- ❑ *Histórico e Evolução*: Dados históricos são mantidos para avaliar a evolução do aluno ao longo do tempo.

O grupo **Criação Dinâmica de Fases** (indicado em azul na Figura 9) lida com a criação dinâmica e personalizada das fases do jogo, com base em metadados e parâmetros específicos, por parte dos professores. Esse grupo contempla os seguintes componentes:

- ❑ *Repositório*: Armazena todas as fases do jogo com seus respectivos metadados.
- ❑ *Metadados do Jogo*: Incluem informações como objetivos educacionais, público-alvo, nível de dificuldade, desempenho dos alunos, tempo de jogo, progresso no jogo, erros cometidos, interação com elementos do jogo e feedback do jogo.
- ❑ *Fases*: As fases do jogo são criadas dinamicamente e armazenadas no repositório.

- ❑ *Metadados dos Módulos*: Cada módulo dentro de uma fase tem metadados específicos, como id, descrição, conteúdo, avaliação, recursos técnicos, parâmetros customizáveis e elementos interativos.
- ❑ *Parâmetros Customizados*: Permitem a personalização das fases e módulos de acordo com as necessidades dos alunos.

O modelo arquitetural proposto foi construído a partir da revisão da literatura e refinado a partir das discussões originadas em sessões de grupo focal realizadas com professores da educação básica, nas quais foram discutidos principalmente os requisitos e dados relevantes para a criação de jogos digitais educacionais. Durante essas sessões, foram identificados quais dados são prioritários para coleta, quais habilidades são consideradas mais importantes do ponto de vista dos professores, e quais informações seriam valiosas para visualização e análise. Essas informações são destinadas a serem apresentadas tanto a professores quanto a alunos, visando um acompanhamento mais preciso.

A arquitetura proposta foi concebida para operar de forma eficaz tanto em ambientes online quanto offline, considerando as limitações infraestruturais observadas em diferentes contextos escolares. A utilização do framework Phaser.js permite a execução dos jogos diretamente no navegador, com o carregamento dinâmico de módulos definidos em arquivos JSON, o que viabiliza a criação de experiências educacionais mesmo sem conexão com a internet. Desse modo, todos os ativos gráficos, scripts e dados de configuração são armazenados localmente, permitindo que o conteúdo seja acessado e utilizado integralmente pelo aluno. As interações realizadas durante a execução do jogo são registradas no próprio dispositivo, por meio de recursos como localStorage ou IndexedDB, e podem ser sincronizadas com o servidor assim que uma conexão estiver disponível, garantindo a integridade dos dados de aprendizagem.

No modo online, a arquitetura se beneficia da integração com uma camada de backend que permite o armazenamento e a análise dos dados em tempo real, por meio da aplicação de técnicas de GLA. As ações do jogador são registradas em formato de eventos, organizadas conforme os modelos estruturais definidos, e enviadas periodicamente ao servidor, alimentando painéis analíticos (dashboards) voltados aos professores e gestores. Dessa forma, é possível acompanhar o progresso dos alunos, identificar dificuldades específicas e propor intervenções pedagógicas com base em dados concretos. Essa abordagem híbrida amplia a acessibilidade da solução, garantindo sua aplicabilidade em escolas com diferentes níveis de infraestrutura tecnológica e promovendo a personalização e a efetividade do processo de ensino-aprendizagem.

5.3 Modelos de dados

O desenvolvimento de jogos digitais educacionais com suporte a GLA, requer a implementação de modelos de dados eficientes para capturar, armazenar e analisar as interações dos jogadores, de modo que a escolha adequada desses modelos é parte fundamental para o fornecimento de insights valiosos sobre o processo de aprendizagem e a eficácia dos jogos. Sendo amplamente utilizados, três modelos de dados principais no contexto de GLA: modelos relacionais tradicionais, modelos baseados em eventos e modelos hierárquicos em JSON.

5.3.1 Modelo Relacional

Os modelos relacionais utilizam tabelas interligadas para armazenar dados estruturados, sendo amplamente adotados em sistemas de gerenciamento de banco de dados. No contexto de GLA, esses modelos são aplicados para registrar informações como Perfis de usuários (alunos, professores), Progresso individual em jogos e níveis e Resultados de quizzes e avaliações.

A Figura 10 mostra o modelo de dados proposto. Tabelas como *Usuarios*, *Fases*, *Interacoes* e *Resultados* podem ser criadas, estabelecendo relações por meio de chaves primárias e estrangeiras, onde as relações permitem consultas para analisar o comportamento dos jogadores.

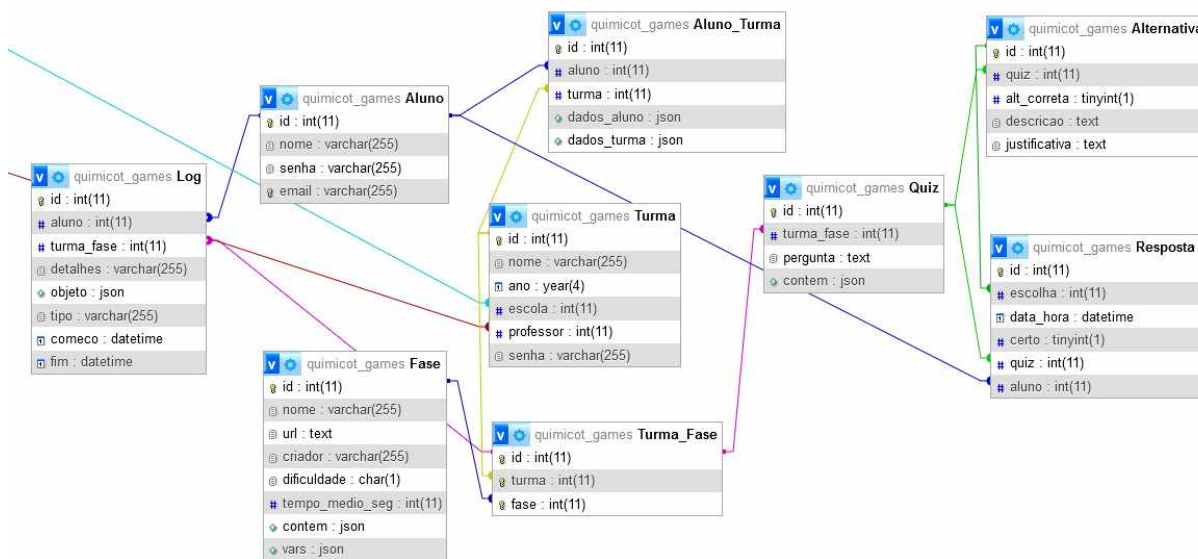
As principais vantagens contemplam a estabilidade e a ampla aceitação dos bancos de dados relacionais tornam-nos uma escolha confiável. Ferramentas como MySQL e PostgreSQL oferecem suporte a consultas Structured Query Language (SQL), ideais para relatórios detalhados. Onde pode se estruturar o banco de dados com tabelas representando entidades principais do jogo, como *Usuarios* e *Fases*, e criar relações entre elas.

5.3.2 Registro de Eventos

Os modelos baseados em eventos capturam interações e atividades em tempo real, registrando cada evento gerado durante o jogo. Cada evento é armazenado com informações como identificador do jogador, momento e local exato da interação, e tipo de evento (movimento, resposta correta, erro, interação com objeto), como mostra a Figura 11.

A tabela apresentada na Figura 11 mostra um modelo de eventos capturados e armazenados pelo jogo, onde cada linha representa um evento específico associado a um aluno, turma e fase do jogo. O campo "objeto" contém um JSON que registra informações detalhadas sobre a jogabilidade, como coordenadas espaciais (X, Y), status de coleta de itens (Coins), se determinada placa foi lida (LeuPlaca) e a posição onde ocorreu a derrota (loc_morte). Esses dados estruturados permitem uma análise precisa do comportamento do jogador, ajudando a identificar padrões, dificuldades e tomadas de decisão durante a

Figura 10 – Modelo de banco de dados utilizando modelos relacionais.



Fonte: Autor.

partida. Além desse modelo, o objeto varia de acordo com o jogo e os eventos capturados, adaptando-se dinamicamente para armazenar diferentes tipos de informações conforme a mecânica do jogo. Esse formato flexível é essencial para sistemas que utilizam GLA, garantindo que cada interação do jogador seja registrada de forma estruturada e permitindo ajustes no design do jogo para aprimorar a experiência educacional.

Figura 11 – Modelo de eventos capturados e armazenados.

id	aluno	turma_fase	detalhes	objeto	tipo	comeco	fim
1	1	2	Fim de jogo: Vitória	{"Coins": [{"x": 152, "y": 168}, {"x": 184, "y": 1...}	Vitória	2022-05-16 00:22:11	2022-05-16 00:23:13
2	1	2	Fim de jogo: Derrota	{"Coins": [], "LeuPlaca": false, "loc_morte": {"x": ...}	Derrota	2022-07-03 19:22:47	2022-07-03 19:23:04
3	1	2	Fim de jogo: Derrota	{"Coins": [], "LeuPlaca": false, "loc_morte": {"x": ...}	Derrota	2022-07-27 22:40:19	2022-07-27 22:41:54
4	1	2	Fim de jogo: Derrota	{"Coins": [{"x": 520, "y": 88}], "LeuPlaca": false...}	Derrota	2022-11-09 14:27:53	2022-11-09 14:28:23
5	1	2	Fim de jogo: Derrota	{"Coins": [], "LeuPlaca": false, "loc_morte": {"x": ...}	Derrota	2022-11-09 14:28:25	2022-11-09 14:29:01

Fonte: Autor.

Esse modelo é útil para análises temporais e detecção de padrões em atividades específicas dos jogadores, permitindo análises detalhadas do comportamento do jogador e visualização de sua jornada em tempo real. É ideal para avaliar o impacto de decisões pedagógicas no design do jogo, pois cada evento é registrado como uma entrada em uma tabela ou arquivo de log.

5.3.3 Modelos Hierárquicos em JSON

O formato JSON é amplamente utilizado para representar dados hierárquicos e é compatível com aplicações Web. É particularmente adequado para armazenar configurações

de fases, resultados de quizzes e metadados sobre interações, principalmente por permitir flexibilidade na organização dos dados e compatibilidade com arquitetura baseada em APIs RESTful, e modelos não definidos previamente. Modelos JSON podem ser facilmente manipulados no lado cliente ou servidor, onde se pode estruturar os dados de forma hierárquica para refletir elementos do jogo, tais como configurações dos módulos ou das fases criadas.

A Figura 12 representa metadados que definem as características únicas de um módulo dentro de um jogo educacional digital baseado em um modelo pré-definido. Eles incluem informações essenciais como o nome do módulo, o arquivo correspondente ao módulo, o ícone representativo e um conjunto de variáveis que personalizam o comportamento do jogo, como elementos, velocidades e textos. Além disso, há um espaço para variáveis customizadas e um campo de informações detalhadas, que descreve o propósito do módulo, os desafios enfrentados pelo jogador e os elementos de apoio disponíveis. Esses metadados permitem a criação dinâmica e parametrizável de jogos educacionais, garantindo a flexibilidade necessária para adaptar a experiência de aprendizagem aos objetivos desejados.

Figura 12 – Estrutura JSON para organização dos dados de cada módulo.

```
{
  "id": 2,
  "nome": "Balões",
  "modulo": "Level1",
  "arquivo": "baloes.js",
  "icone": "baloes.png",
  "variaveis": {
    "elementos": ["he", "ne", "xx"],
    "velocidades": [10, 15, -5],
    "texto": "textoDefault"
  },
  "customVars": {
    "elementos": 0,
    "velocidades": 0,
    "texto": 0
  },
  "informacoes": {
    "descricao": "Este módulo contempla uma seção onde o jogador precisa pular sobre 3 balões para prosseguir, onde o professor define 3 atributos, sendo a densidade de cada balão. Posteriormente possui um barco voador que o jogador precisa desviar de elementos que borbulham para prosseguir.",
    "metadados": "",
    "cvars": 0,
    "variaveis": {
      "elementos": "Textos dos elementos químicos presentes nos balões",
      "velocidades": "Densidade de cada balão",
      "texto": "Texto de ajuda que será apresentado na placa para o jogador"
    }
  }
},
```

Fonte: Autor.

A Figura 13 define a estrutura de um jogo educacional digital, organizando metadados essenciais para sua configuração e funcionamento. O jogo possui um identificador único, um nome e um criador, além de estar associado a uma ou mais disciplinas, permitindo a categorização do conteúdo. Ele é composto por diferentes módulos, como um menu e um quiz, que estruturam a experiência interativa do usuário.

Figura 13 – Estrutura JSON para organização dos dados de cada jogo.

```
{
  "id": 2,
  "jogo": {
    "nome": "jogo1",
    "criador": "Criador",
    "disciplinas": ["Portugues"],
    "modulos": ["menu.js", "quiz.js"],
    "params": [
      [],
      {
        "pergunta": "uma pergunta?",
        "respostas": ["r1", "r3", "r6"],
        "correta": "1"
      }
    ],
    "classes": ["Menu", "Quiz"]
  }
},
```

Fonte: Autor.

Dentro do jogo, há um conjunto de parâmetros, representado pelo objeto *params* que contém perguntas e suas respectivas respostas, além da indicação da resposta correta. Além disso, o JSON também permite a definição de variáveis personalizadas específicas para cada jogo, garantindo que cada instância tenha características próprias, como configurações exclusivas, parâmetros de dificuldade ou regras adicionais. As classes definem as categorias do jogo, possibilitando sua organização em diferentes seções. Esse modelo de metadados possibilita a personalização e reutilização dos componentes do jogo, promovendo flexibilidade na criação e adaptação de experiências educacionais

Essa arquitetura foi projetada para permitir a personalização dos jogos pelos professores, além de coletar e estruturar dados para análise, sobre o aprendizado dos alunos. Para isso, foram definidos modelos de dados estruturados, um sistema de registro de eventos e uma organização hierárquica em JSON para armazenar informações dos jogos. Com essa base, no próximo capítulo, essa arquitetura foi utilizada para a prototipação de uma prova de conceito, que serviu como base para um workshop de validação com professores.

Workshop para avaliação

Após o primeiro workshop focado no levantamento de requisitos, foram coletadas as necessidades e expectativas dos participantes em relação à proposta. Com base nas informações obtidas, foi desenvolvida uma prova de conceito que seguiu as melhores práticas de programação e design de interfaces. O objetivo foi garantir que a arquitetura atendesse tanto às demandas técnicas quanto pedagógicas, proporcionando uma experiência eficiente e intuitiva para os educadores e alunos. As próximas seções apresentam os detalhes da prova de conceito construída bem como os resultados obtidos no workshop conduzido.

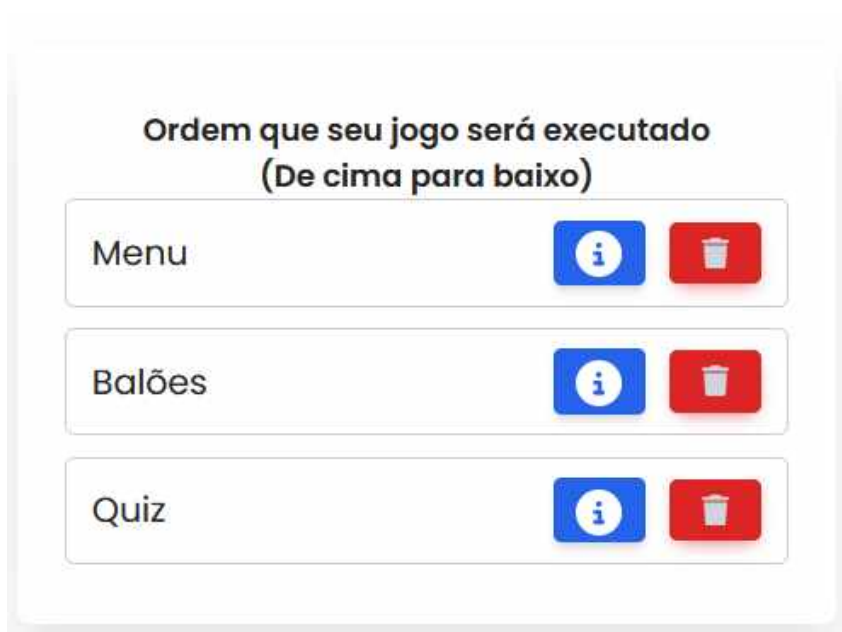
6.1 Prova de Conceito

A prova de conceito foi apresentada em um segundo workshop, dedicado à avaliação da solução desenvolvida. Durante o encontro, os participantes tiveram a oportunidade de observar as funcionalidades implementadas e avaliar se os requisitos levantados foram adequadamente atendidos. A interação e os *feedback* recebidos foram fundamentais para obter evidências da viabilidade da arquitetura e identificar ajustes necessários, reforçando o alinhamento entre a proposta tecnológica e as necessidades práticas do contexto educacional.

Os componentes-chave da prova de conceito que representam a arquitetura são o menu de criação da fase, e o carrossel de seleção de módulos e customização. O menu de criação de uma fase, mostrado na Figura 14, funciona de modo que cada módulo inserido seja adicionado como elemento arrastável, na ordem quem que foi inserido, seguindo o padrão de uma fila, de modo que o usuário possa arrastar e reordenar posteriormente para uma melhor experiência. Existe, também, um ícone em azul onde o usuário clica e um modal com as características de cada módulo em particular é exibida tal como os parâmetros editáveis e um texto explicativo de como cada parâmetro funciona em cada módulo.

O carrossel de módulos, mostrado na Figura 15, funciona de modo que o usuário possa filtrar apenas módulos correspondentes a disciplinas definidas nos filtros acima do mesmo. Após filtrar, o usuário tem acesso aos módulos referentes às disciplinas selecionadas, onde

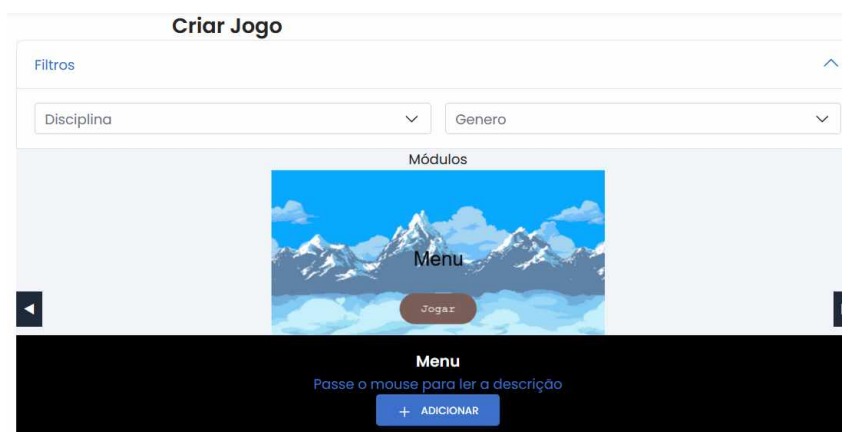
Figura 14 – Imagem referente ao menu de módulos.



Fonte: Autor.

cada módulo tem sua descrição em um texto próximo ao botão de “Adicionar Módulo”, de modo que basta clicar no botão adicionar e o módulo é adicionado no menu de criação da fase para que possa ser acessado e customizado e reordenado com os demais selecionados.

Figura 15 – Imagem referente ao carrossel de módulos.



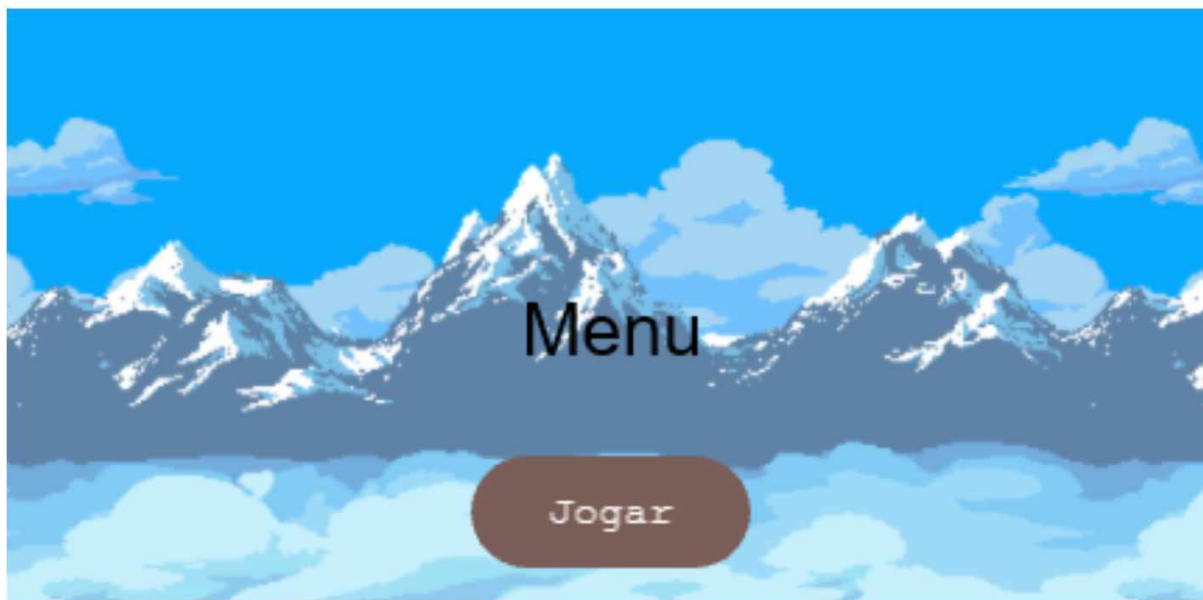
Fonte: Autor.

Foi criado um cenário baseado na disciplina de Química, onde foi apresentado um conjunto de módulos preexistentes denominados “Menu”, “Balões” e “Quiz”, cada um com suas respectivas características.

O módulo chamado “Menu”, mostrado na Figura 16, consiste em um menu interativo

com um plano de fundo em *parallax*¹ para servir de ponto inicial aos jogadores. Esse módulo não possui nenhum parâmetro editável, mostrando que é possível integrar jogos previamente desenvolvidos com o mínimo de alterações necessário para a exibição aos usuários.

Figura 16 – Imagem referente ao módulo Menu.



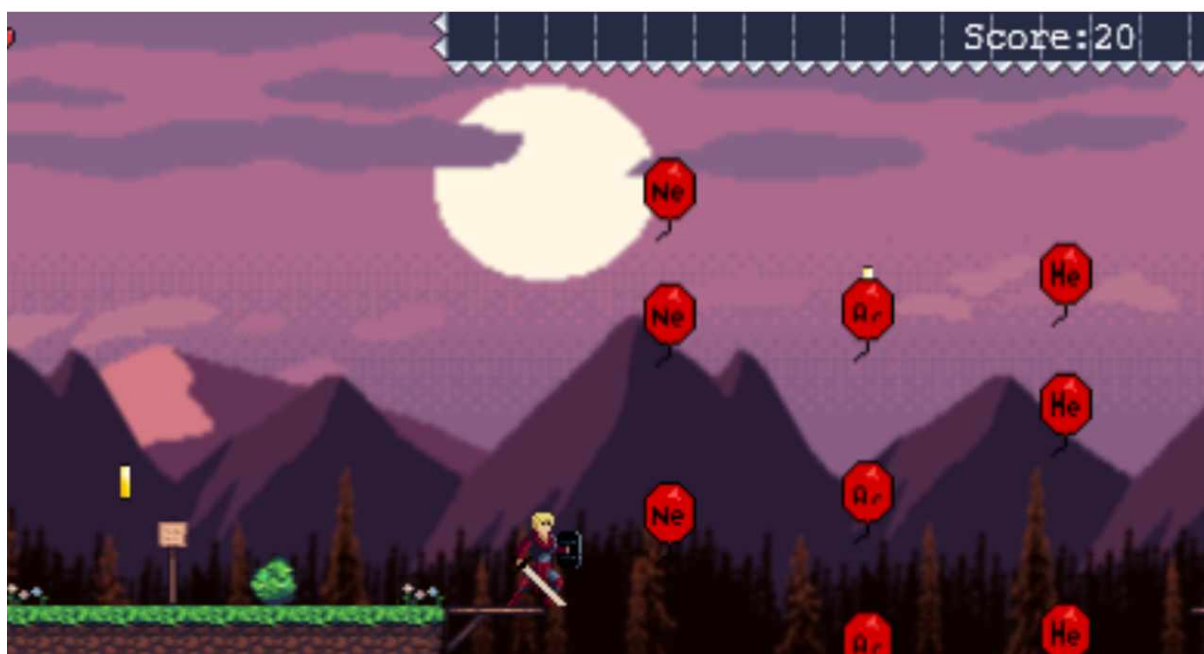
Fonte: Autor.

O módulo chamado “Balões”, mostrado na Figura 17, consiste em um módulo com dois desafios, onde o primeiro se dá em um conjunto de balões que de acordo com a densidade do mesmo, define a velocidade que ele vai flutuar ou cair em direção a espinhos no teto ou no chão. Esse módulo contempla, ainda, uma placa informativa com um texto padrão sobre a fase. O professor pode definir o valor da densidade de cada um dos três tipos de balões (um em cada fileira) presentes nesta seção e, ainda, pode alterar o texto para dar dicas aos jogadores de como prosseguir. Seguindo pela fase, também se encontra um dirigível, apresentado na Figura 18, cujo objetivo do jogador é passar voando acima de um lago de elementos radioativos que borbulham e o jogador deve desviar das bolhas, onde cada bolha tem um elemento que pode ser definido pelo professor, tal como a frequência e velocidade que a mesma pula para fora do lago. E, por fim, o jogador deve interagir com um sprite semelhante a um livro ao final da fase pulando nele, para concluir e passar para a próxima.

O módulo “Quiz”, mostrado na Figura 19, consiste em uma pergunta de múltipla escolha, onde o professor pode definir uma pergunta e uma quantidade de opções de resposta a sua preferência, tal como a alternativa correta.

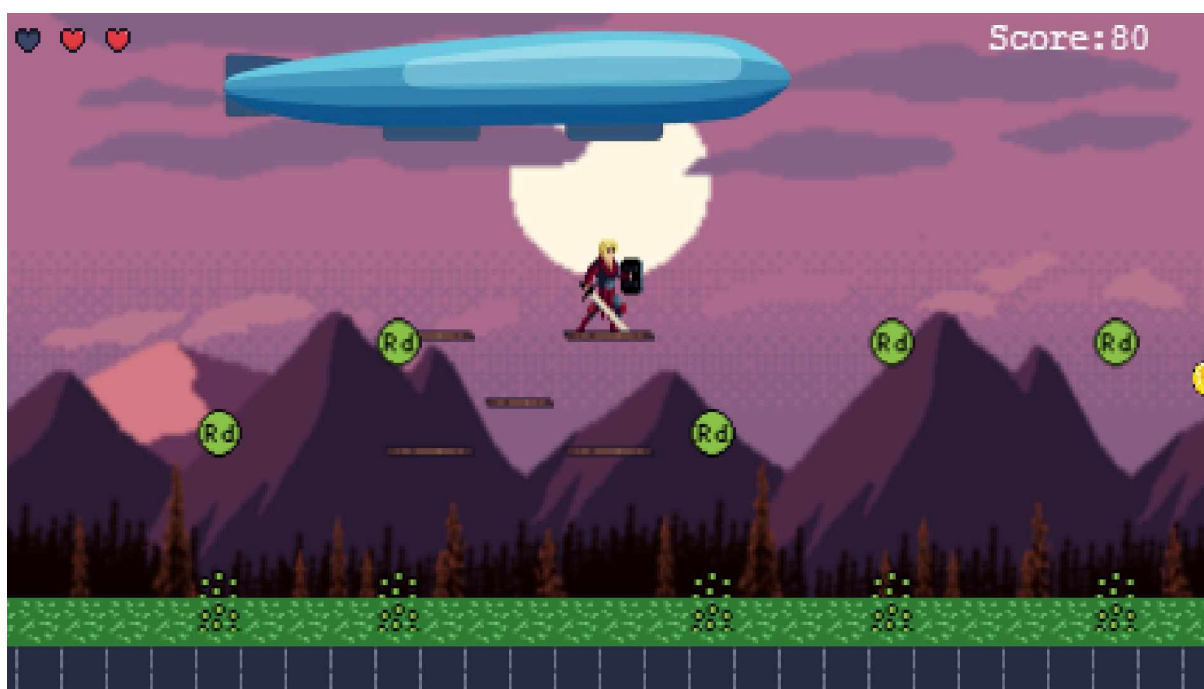
¹ Técnica visual em que camadas de fundo se movem em velocidades diferentes, criando a ilusão de profundidade e dinamismo

Figura 17 – Imagem referente ao módulo Balões.



Fonte: Autor.

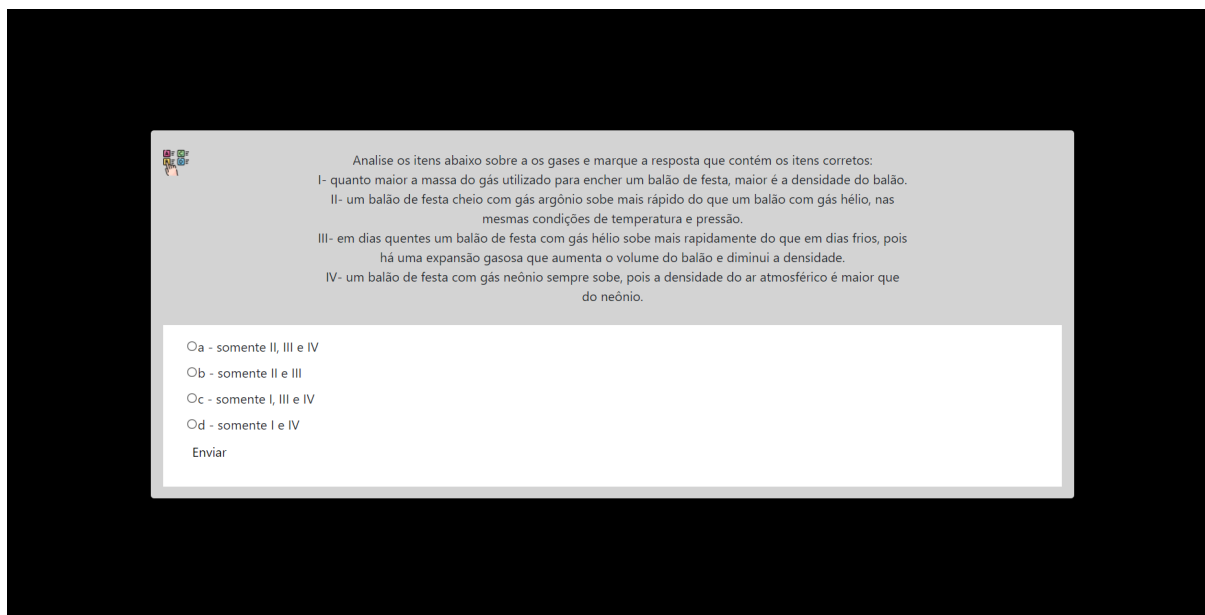
Figura 18 – Imagem referente ao Airship.



Fonte: Autor.

Durante a apresentação aos professores, foi explicado como cada módulo poderia ser editado seguindo suas características específicas, permitindo adaptações conforme necessário. Além disso, foi mostrado um exemplo de *dashboard* apresentado na Figura 20 que exibia os dados coletados por meio desses módulos, demonstrando como essas interações

Figura 19 – Exemplo de módulo de quiz.



Fonte: Autor.

podem ser analisadas por meio de GLA.

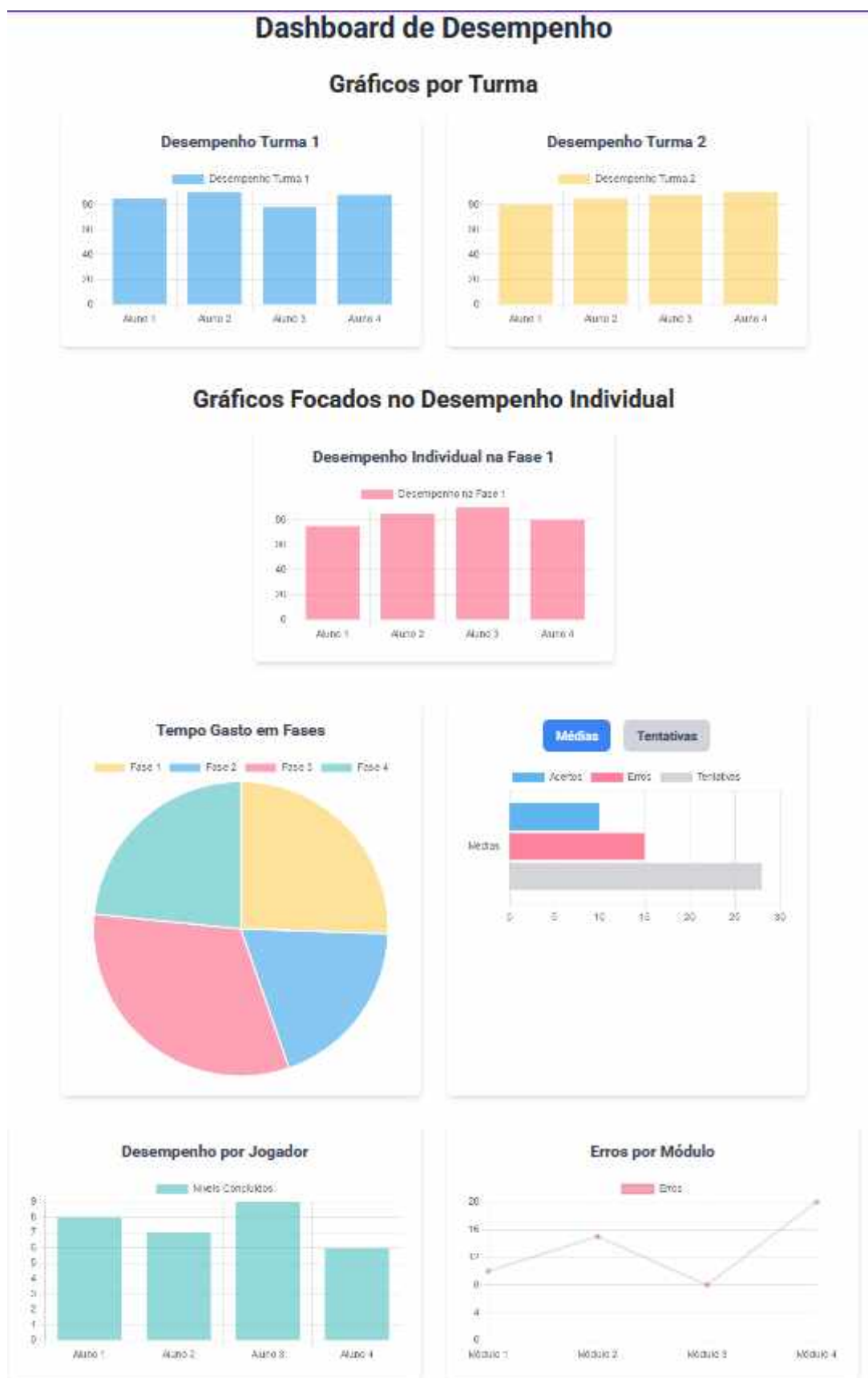
6.2 Resultados

Conforme detalhado no Capítulo 3, o workshop de avaliação da prova de conceito consistiu em três sessões de grupos focais com um total de 8 participantes. Organizar essas sessões não foi uma tarefa fácil devido à dificuldade em encontrar professores disponíveis para participar. A falta de tempo e a sobrecarga de trabalho desses profissionais tornaram o processo mais desafiador, exigindo um esforço extra na logística e na adaptação dos horários. Apesar disso, foi possível conduzir as sessões, mesmo com a quantidade reduzida de pessoas, e coletar *insights* valiosos para a pesquisa.

As sessões de grupo focal realizadas para avaliar a arquitetura proposta por meio de uma prova de conceito mostraram que os participantes tiveram uma reação positiva. Durante os encontros, foram realizadas demonstrações práticas da ferramenta, mostrando como criar jogos e como análises de aprendizagem para acompanhar o desempenho dos alunos seriam aplicadas. Os participantes puderam observar o funcionamento da arquitetura proposta implementada em um protótipo funcional de alta fidelidade e discutir seu potencial de aplicação.

Os professores destacaram que a ferramenta parece acessível e bem estruturada, com uma interface que facilita o entendimento do processo como citou um dos professores participantes: *“Parece bem fácil de usar, só de olhar já da pra ter uma noção de como funciona, e os ícones facilitam para entender também”*. As possíveis análises de aprendizagem apresentadas foram consideradas um diferencial importante, pois fornecem dados

Figura 20 – Imagem referente ao exemplo de Dashboard utilizado.



valiosos que podem ajudar os professores a personalizar o ensino e melhorar o aprendizado dos alunos. A simplicidade de uso e o impacto positivo que a arquitetura pode ter, foram apontados como pontos fortes.

Os participantes também demonstraram entusiasmo com a possibilidade de usar a ferramenta em suas práticas pedagógicas. Afirmaram que recomendariam a arquitetura para outros educadores, destacando seu potencial para auxiliar o ensino. Apesar disso, eles reconheceram que seria necessário oferecer capacitação e suporte técnico, especialmente para professores menos experientes com tecnologias.

Alguns desafios foram apontados, como a necessidade de adaptar a arquitetura para diferentes contextos educacionais e garantir que os educadores estejam preparados para utilizá-la de forma eficiente. No entanto, esses desafios foram vistos como solucionáveis por meio da modularização, e a visão geral sobre a ferramenta permaneceu muito positiva. Os participantes acreditam que, com pequenos ajustes, a arquitetura pode atender ainda melhor às suas necessidades.

As sessões de grupo focal confirmaram que a arquitetura tem grande potencial para transformar o ensino. A aceitação elevada reforça que a proposta está alinhada com as demandas do ensino atual. O *feedback* recebido também trouxe sugestões valiosas para melhorias, ajudando a consolidar a arquitetura como uma solução viável para integrar tecnologia ao aprendizado.

Conclusão

A pesquisa teve como objetivo central desenvolver um modelo arquitetural para a criação dinâmica de jogos digitais educacionais Web, integrando o suporte a técnicas de GLA e alinhando soluções tecnológicas às demandas educacionais contemporâneas. Para isso, foram formuladas duas perguntas de pesquisa. A primeira (QP1) investigou quais requisitos são necessários para a criação dinâmica de jogos digitais educacionais Web com suporte a LA. A resposta foi obtida por meio de uma revisão da literatura e workshops com professores da educação básica, que destacaram a necessidade de interfaces intuitivas, suporte a ambientes offline, personalização dos jogos de acordo com a BNCC e ferramentas analíticas para acompanhamento do desempenho dos alunos. Já a segunda pergunta (QP2) buscou compreender a percepção dos professores sobre a ferramenta proposta, sendo respondida por meio da validação da arquitetura em workshops. Os participantes avaliaram positivamente a solução, enfatizando sua usabilidade, flexibilidade e o potencial de personalização dos jogos para atender às necessidades específicas de suas disciplinas.

A proposta apresentada nesta dissertação busca endereçar desafios fundamentais no campo da educação digital, fornecendo uma solução escalável, flexível e acessível, além de promover a autonomia dos professores na criação de experiências pedagógicas interativas alinhadas às demandas do ensino. A implementação dessa arquitetura foi pautada por princípios de design participativo, garantindo que a ferramenta fosse desenvolvida conforme as necessidades reais da sala de aula. Durante os workshops, os professores reforçaram a importância de funcionalidades como suporte a ambientes offline, interfaces intuitivas e ferramentas analíticas para monitoramento do aprendizado. Além disso, a possibilidade de personalização dos jogos foi destacada como um recurso essencial para adaptar o ensino às particularidades de cada disciplina.

Apesar das contribuições, alguns desafios ainda persistem. A infraestrutura limitada em muitas escolas públicas compromete o acesso a tecnologias educacionais, exigindo soluções offline robustas e compatíveis com dispositivos móveis. Além disso, a capacitação contínua dos professores se mostra fundamental para garantir a adoção da ferramenta, tornando necessário um suporte técnico eficiente e materiais didáticos adequados. A

privacidade e a ética no tratamento de dados dos alunos também foram apontadas como aspectos essenciais para garantir transparência e conformidade com boas práticas. Por fim, a comunicação entre professores e desenvolvedores deve ser fortalecida, permitindo ajustes e personalizações constantes conforme as necessidades pedagógicas emergentes.

7.1 Principais Contribuições

A pesquisa mostrou que o uso de analíticas de aprendizado contribui para a identificação de pontos de dificuldade no processo educacional, promovendo estratégias personalizadas para superá-los. Essas funcionalidades ampliam o impacto da educação, fortalecendo práticas pedagógicas baseadas em evidências e garantindo maior suporte ao desenvolvimento individual dos estudantes.

No âmbito acadêmico, o modelo arquitetural apresentado representa um exemplo de integração entre teoria e prática, especialmente no campo da tecnologia educacional. Este trabalho também se destaca por sua abordagem participativa, que envolveu diretamente os professores no processo de design e validação. Essa metodologia não apenas garantiu a relevância da solução, mas também reforçou a autonomia dos professores como cocriadores de suas práticas pedagógicas.

Outro impacto importante é o incentivo à colaboração entre diferentes atores da educação, onde a arquitetura proposta estabelece as bases para ecossistemas colaborativos, nos quais educadores, desenvolvedores e gestores podem compartilhar recursos, boas práticas e insights baseados em dados. Isso fomenta a criação de comunidades de aprendizagem mais integradas.

A proposta também aborda questões estruturais, como a necessidade de soluções offline para contextos de baixa conectividade, uma realidade comum em muitas escolas públicas brasileiras. Essa preocupação reflete o compromisso do trabalho em oferecer acessibilidade e inclusão digital, garantindo que as tecnologias educacionais possam beneficiar um público amplo e diverso, independentemente de limitações infraestruturais.

7.2 Limitações

A validação da proposta ocorreu por meio de *workshops* realizados com um número limitado de professores, o que restringe as conclusões quanto à sua aplicação em larga escala. Contextos mais amplos, como redes municipais ou estaduais de ensino, ainda não foram explorados, levantando questões importantes relacionadas à integração da arquitetura com plataformas já existentes, como Sistemas de Gestão de Aprendizagem - do inglês, *Learning Management Systems* (LMS), bem como ao suporte para múltiplos usuários simultâneos em cenários com baixa conectividade.

Adicionalmente, há limitações técnicas relacionadas à dependência de modelos de dados que, embora robustos, podem não captar completamente a complexidade das interações de aprendizagem em jogos digitais. A análise em tempo real e a visualização de dados em cenários com turmas com muitos estudantes é um desafio que não estava no escopo desta dissertação. Assim, torna-se necessário aprimorar a arquitetura com algoritmos mais sofisticados de aprendizado de máquina e técnicas avançadas de visualização, de modo a melhorar a adaptabilidade e eficiência da solução proposta.

Alguns requisitos não funcionais não foram formalmente testados. Entre eles estão o RNF02, que define que o tempo de carregamento das telas deve ser de no máximo 5 segundos; o RNF03, que exige que o sistema suporte até 1.000 usuários simultâneos sem perda de desempenho; e o RNF05, que trata da segurança e criptografia dos dados coletados. Esses pontos ainda precisam ser testados e validados em etapas futuras para garantir que a arquitetura atenda a essas exigências.

Outra limitação da arquitetura está na sua dependência do *framework* Phaser.js para o desenvolvimento dos jogos digitais. Embora o Phaser.js seja amplamente reconhecido por sua flexibilidade e simplicidade no desenvolvimento de jogos 2D para a Web, essa escolha restringe a escalabilidade e a interoperabilidade da arquitetura proposta.

7.3 Trabalhos Futuros

Trabalhos futuros incluem a ampliação da validação em contextos reais de ensino, envolvendo uma amostra maior e mais diversificada de professores e alunos. Isso permitirá testar a robustez e a adaptabilidade da solução em diferentes cenários educacionais, incluindo escolas em zonas urbanas e rurais, além de contemplar disciplinas variadas. O objetivo é refinar a arquitetura com base em feedbacks detalhados, garantindo sua eficácia e alinhamento com as necessidades dos usuários finais por meio de testes A/B, por exemplo.

Outro ponto fundamental para o avanço da pesquisa é o desenvolvimento de mecanismos que integrem algoritmos de aprendizado de máquina para oferecer recomendações personalizadas. Esses algoritmos podem identificar padrões no comportamento dos estudantes e sugerir intervenções pedagógicas específicas, potencializando o impacto educacional da ferramenta. Além disso, pode-se explorar o uso de dashboards mais avançados, que proporcionem visualizações interativas e *insights* em tempo real para professores e gestores.

A integração da arquitetura proposta a outras plataformas educacionais, como LMS e bases de dados acadêmicos pode ser feita futuramente, onde essa integração visa criar um ecossistema mais conectado, no qual diferentes ferramentas possam compartilhar informações e oferecer uma visão mais holística do progresso do aluno. A interoperabilidade entre sistemas é essencial para maximizar o potencial da solução proposta.

Parcerias com instituições públicas e privadas são estratégicas para garantir a sustentabilidade do projeto. Além de viabilizar a disseminação da tecnologia, onde essas colaborações podem contribuir com recursos para aprimorar a arquitetura e expandir seu alcance. Investimentos em treinamento e capacitação para professores também devem ser priorizados, assegurando que os educadores estejam preparados para utilizar a solução de forma eficiente. Será relevante também, entender como a arquitetura pode ser aplicada em outros contextos além do ensino formal, como iniciativas comunitárias de educação. Isso ampliaria o impacto do projeto, demonstrando sua versatilidade e adaptabilidade a diferentes necessidades.

7.4 Contribuições em Produção Bibliográfica

Refletindo os esforços de pesquisa e desenvolvimento realizados, esta dissertação resultou nas seguintes publicações científicas:

- ❑ **Capítulo de Livro Springer - GrandGamesBR "Strategies to Promote Stakeholders' Autonomy While Creating Educational Digital Games"**, o qual aborda a importância de promover a autonomia dos stakeholders no desenvolvimento de jogos digitais educacionais (Dairel, Gasparini e Araújo, 2023).
- ❑ **Artigo curto no STUDX/CBIE 2023 - "Uma proposta de arquitetura computacional para autoria de jogos digitais educacionais com suporte a técnicas de analíticas de aprendizagem - STUDX"**, que explora os fundamentos teóricos e os resultados iniciais da pesquisa, destacando os desafios enfrentados no desenvolvimento de jogos digitais educacionais e propondo uma arquitetura que integra técnicas de GLA (Dairel, Cattelan e Araújo, 2023).
- ❑ **Artigo completo no SBIE 2024 - Uma proposta de arquitetura computacional para autoria de jogos digitais educacionais com suporte a técnicas de analíticas de aprendizagem"**, que analisa os dados coletados durante os workshops e os testes da prova de conceito, oferecendo insights sobre a integração de técnicas de GLA em jogos digitais educacionais e pontos importantes levantados pelos participantes (Dairel, Cattelan e Araújo, 2024).

Referências

- Bado, Niamboue (2022). “Game-based learning pedagogy: a review of the literature”. Em: *Interactive Learning Environments* 30.5, pp. 936–948. DOI: <10.1080/10494820.2019.1683587>.
- Baker, Ryan e Inventado, Paul (mai. de 2014). “Educational Data Mining and Learning Analytics”. Em: pp. 61–75. ISBN: 978-1-4614-3304-0. DOI: <10.1007/978-1-4614-3305-7_4>.
- Baldeon, J. et al. (2018). “A platform for the authoring of educational games”. Em: *2018 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, pp. 1–6. DOI: <10.23919/CISTI.2018.8399394>.
- Basawapatna, Ashok R., Koh, Kyu Han e Repenning, Alexander (2010). “Using Scalable Game Design to Teach Computer Science from Middle School to Graduate School”. Em: *Proceedings of the Fifteenth Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education. ITiCSE '10*, pp. 224–228. ISBN: 9781605588209. DOI: <10.1145/1822090.1822154>. URL: <https://doi.org/10.1145/1822090.1822154>.
- Bezerra, E. (2007). *Princípios de análise e projeto de sistemas com UML*. Elsevier. ISBN: 9788535216967. URL: <https://books.google.com.br/books?id=Vox7PgAACAAJ>.
- Burroughs, Joshua (2017). *A Working Theory of Game Design*. Accessed: 2023-06-15. First Person Scholar. URL: <http://www.firstpersonscholar.com/a-working-theory-of-game-design/>.
- Calvo-Morata, Antonio et al. (nov. de 2019). “Game Learning Analytics, Facilitating the Use of Serious Games in the Class”. Em: *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje* PP, pp. 1–1. DOI: <10.1109/RITA.2019.2952296>.
- Carlos- Guzmán, Jesus (jul. de 2021). *LA ENSEÑANZA EXPOSITIVA*. DOI: <10.13140/RG.2.2.12975.66721>.
- Chung, Gregory K. W. K. (2015). “Guidelines for the Design and Implementation of Game Telemetry for Serious Games Analytics”. Em: *Serious Games Analytics: Methodologies for Performance Measurement, Assessment, and Improvement*. Ed. por Christian Sebastian Loh, Yanyan Sheng e Dirk Ifenthaler. Cham: Springer International Pu-

- blishing, pp. 59–79. ISBN: 978-3-319-05834-4. DOI: <10.1007/978-3-319-05834-4_3>. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-05834-4_3>.
- Csapó, Benő, Lőrincz, András e Molnár, Gyöngyvér (2012). “Innovative Assessment Technologies in Educational Games Designed for Young Students”. Em: *Assessment in Game-Based Learning: Foundations, Innovations, and Perspectives*. Ed. por Dirk Ifenthaler, Deniz Eseryel e Xun Ge. New York, NY: Springer New York, pp. 235–254. ISBN: 978-1-4614-3546-4. DOI: <10.1007/978-1-4614-3546-4_13>. URL: <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3546-4_13>.
- Dairel, João Gabriel de Matos, Cattelan, Renan G. e Araújo, Rafael Dias (2023). “Uma proposta de arquitetura computacional para autoria de jogos digitais educacionais com suporte a técnicas de analíticas de aprendizagem - STUDX”. Em: *Anais Estendidos do XII Congresso Brasileiro de Informática na Educação*. Passo Fundo/RS: SBC, pp. 241–246. DOI: <10.5753/cbie_estendido.2023.234816>. URL: <https://sol.sbc.org.br/index.php/cbie_estendido/article/view/27521>.
- (2024). “Uma proposta de arquitetura computacional para autoria dinâmica de jogos digitais educacionais Web com suporte a Game Learning Analytics”. Em: *Anais do XXXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*. Rio de Janeiro/RJ: SBC, pp. 961–974. DOI: <10.5753/sbie.2024.242618>. URL: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/31297>>.
- Dairel, João Gabriel de Matos, Gasparini, Isabela e Araújo, Rafael Dias (2023). “Strategies to Promote Stakeholders’ Autonomy While Creating Educational Digital Games”. Em: *Grand Research Challenges in Games and Entertainment Computing in Brazil - GrandGamesBR 2020–2030*. Ed. por Rodrigo Pereira dos Santos e Marcelo da Silva Hounsell. Cham: Springer Nature Switzerland, pp. 255–273. ISBN: 978-3-031-27639-2.
- Davidoff, Scott et al. (2007). “Rapidly Exploring Application Design Through Speed Dating”. Em: *UbiComp 2007: Ubiquitous Computing*. Ed. por John Krumm et al. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, pp. 429–446. ISBN: 978-3-540-74853-3.
- Davis, Fred D. (1989). “Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology”. Em: *MIS Quarterly* 13.3, pp. 319–340. ISSN: 02767783. URL: <<http://www.jstor.org/stable/249008>> (acesso em 10/07/2023).
- Egenfeldt-Nielsen, Simon (jul. de 2007). “Third generation educational use of computer games”. Em: *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia* 16.3, pp. 263–281. ISSN: 1055-8896. URL: <<https://www.learnlib.org/p/24375>>.
- Fonseca, Mateus Gianni et al. (jun. de 2022). “PENSAMENTO CRÍTICO E CRIATIVO EM MATEMÁTICA A PARTIR DA APRENDIZAGEM DIALÓGICA E INVESTIGATIVA”. Em: *Revista Paranaense de Educação Matemática* 11.24, pp. 356–375. URL: <<https://periodicos.unespar.edu.br/rpem/article/view/6719>>.
- Freire, Manuel, Blanco, Ángel e Fernández-Manjón, Baltasar (abr. de 2014). “Serious games as edX MOOC activities”. Em: *IEEE Global Engineering Education Conference*,

- EDUCON*, pp. 867–871. ISBN: 978-1-4799-3191-0. DOI: <10.1109/EDUCON.2014.6826198>.
- Freire, Manuel, Calvo-Morata, Antonio et al. (mai. de 2023). “Bootstrapping serious games to assess learning through analytics”. Em: *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*. DOI: <10.1109/EDUCON54358.2023.10125177>.
- Freire, Manuel, Serrano-Laguna, Ángel et al. (2016). “Game Learning Analytics: Learning Analytics for Serious Games”. Em: *Learning, Design, and Technology: An International Compendium of Theory, Research, Practice, and Policy*. Ed. por Michael J Spector, Barbara B Lockee e Marcus D. Childress. Cham: Springer International Publishing, pp. 1–29. ISBN: 978-3-319-17727-4. DOI: <10.1007/978-3-319-17727-4_21-1>. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-17727-4_21-1>.
- Galvão, Vinicius Ferreira et al. (jan. de 2025). “A framework to support the development of empathetic games”. Em: *Journal on Interactive Systems* 16.1, pp. 25–53. DOI: <10.5753/jis.2025.4100>. URL: <<https://journals-sol.sbc.org.br/index.php/jis/article/view/4100>>.
- INEP (2024). *Indicadores Educacionais*. Acesso em: 29 ago. 2024. URL: <<https://www.gov.br/inep/pt-br/aceso-a-informacao/dados-abertos/indicadores-educacionais>>.
- Jaffe, L (2007). “Games amplify motivation in education”. Em: *Innovative teaching strategies in nursing and related health professions*, pp. 161–172.
- Kezar, Adrianna e Kinzie, Jillian (2006). “Examining the Ways Institutions Create Student Engagement: The Role of Mission”. Em: *Journal of College Student Development* 47.2, pp. 149–172.
- Liomas, I., Altanis, I. e Retalis, S. (2017). “An authoring toolkit for creating digital learning board games for cognitive and social skills development”. Em: *2017 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pp. 508–513. DOI: <10.1109/EDUCON.2017.7942894>.
- McDowell, Liz e Sambell, Kay (1999). “The experience of innovative assessment: student perspectives”. Em: *Assessment matters in higher education : choosing and using diverse approaches*. Ed. por Sally Brown e Angela Glasner. Society for Research into Higher Education (SRHE), pp. 71–82. ISBN: 9780335202430, 9780335202423.
- Papanastasiou, Elena e Angeli, Charoula (jan. de 2008). “Evaluating the Use of ICT in Education: Psychometric Properties of the Survey of Factors Affecting Teachers Teaching with Technology (SFA-T3).” Em: *Educational Technology & Society* 11, pp. 69–86.
- Pérez Colado, Víctor et al. (nov. de 2021). “A Tool Supported Approach for Teaching Serious Game Learning Analytics”. Em: DOI: <10.1109/FIE49875.2021.9637062>.
- Pizzol, S. J. S. (2004). “Combinação de grupos focais e análise discriminante: um método para tipificação de sistemas de produção agropecuária”. Em: *Revista de Economia*

- e *Sociologia Rural* 42.3, pp. 451–468. URL: <<https://www.scielo.br/j/physis/a/gZ7wXtGXqDHNCHv7gm3srw/?lang=pt>>.
- Preece, Jenifer, Sharp, Helen e Rogers, Yvonne (2019). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. 5th edition. Chichester, UK: John Wiley & Sons.
- Ritzhaupt, Albert et al. (abr. de 2014). “A synthesis on digital games in education: What the research literature says from 2000 to 2010”. Em: *Journal of Interactive Learning Research* 25.2, pp. 261–280. ISSN: 1093-023X. URL: <<https://www.learntechlib.org/p/39329>>.
- Rodrigues, Kamila Rios da Hora et al. (2021). “Criando Jogos Digitais Terapêuticos a partir da Plataforma de Autoria RUFUS”. Em: *Revista de Informática Teórica e Aplicada* 28.1, pp. 89–102. DOI: <10.5753/ritp.2021.28.1.15532>.
- Salen, Katie e Zimmerman, Eric (jan. de 2004). *Rules of Play : Game Design Fundamentals*. Massachusetts London, England: MIT Press Cambridge.
- Santos, Rodrigo Pereira dos e Silva Hounsell, Marcelo da, ed. (2023). *Grand Research Challenges in Games and Entertainment Computing in Brazil - GrandGamesBR 2020–2030*. Communications in Computer and Information Science. Springer Cham. ISBN: 978-3-031-27639-2.
- Shneiderman, B. (1996). “The eyes have it: a task by data type taxonomy for information visualizations”. Em: *Proceedings 1996 IEEE Symposium on Visual Languages*, pp. 336–343. DOI: <10.1109/VL.1996.545307>.
- Siemens, George e Long, Phil (jan. de 2011). “Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education”. Em: *EDUCAUSE Review* 5, pp. 30–32. DOI: <10.17471/2499-4324/195>.
- Thillainathan, Niroshan et al. (2013). “Enabling Educators to Design Serious Games — A Serious Game Logic and Structure Modeling Language”. Em: *Proceedings of the 8th European Conference on Scaling up Learning for Sustained Impact - Volume 8095*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, pp. 643–644. ISBN: 9783642408137. DOI: <10.1007/978-3-642-40814-4_92>. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-642-40814-4_92>.
- Tomlinson, Brian e Masuhara, Hitomi (2009). “Playing to Learn: A Review of Physical Games in Second Language Acquisition”. Em: *Simulation & Gaming* 40.5, pp. 645–668. DOI: <10.1177/1046878109339969>. eprint: <<https://doi.org/10.1177/1046878109339969>>. URL: <<https://doi.org/10.1177/1046878109339969>>.
- Torres, Andrei et al. (2022). “Moirai: A No-Code Virtual Serious Game Authoring Platform”. Em: *Virtual Worlds* 1.2, pp. 147–171. DOI: <10.3390/virtualworlds1020009>. URL: <<https://www.mdpi.com/2813-2084/1/2/9>>.
- Tsutsumi, Myenne Mieke Ayres et al. (jun. de 2020). “Avaliação de jogos educativos no ensino de conteúdos acadêmicos: Uma revisão sistemática da literatura: Evaluation of educational games in the teaching of academic content: A systematic literature

- review”. Em: *Revista Portuguesa de Educação* 33.1, pp. 38–55. DOI: <10.21814/rpe.19130>. URL: <<https://revistas.rcaap.pt/rpe/article/view/19130>>.
- Ullah, Mohib et al. (2022). “Serious Games in Science Education. A Systematic Literature Review”. Em: *Virtual Reality & Intelligent Hardware* 4.3. Advances in Wireless Sensor Networks under AI-SG for Augmented Reality Special Issue, pp. 189–209. ISSN: 2096-5796. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.vrih.2022.02.001>>.
- Vlachopoulos, Dimitrios e Makri, Agoritsa (jul. de 2017). “The effect of games and simulations on higher education: a systematic literature review”. Em: *International Journal of Educational Technology in Higher Education* 14. DOI: <10.1186/s41239-017-0062-1>.
- Yang, Ya-Ting e Chang, Chao-Hsiang (out. de 2013). “Empowering students through digital game authorship: Enhancing concentration, critical thinking, and academic achievement”. Em: *Computers & Education* 68, pp. 334–344. DOI: <10.1016/j.compedu.2013.05.023>.
- Yang, Ya-Ting Carolyn e Chang, Chao-Hsiang (2014). “Empowering students through digital game authorship: Enhancing concentration, critical thinking, and academic achievement”. Em: *Educational Technology & Society* 17.1, pp. 306–316.
- Yessad, Amel, Labat, Jean-Marc e Kermorvant, François (2010). “SeGAE: A Serious Game Authoring Environment”. Em: *2010 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, pp. 538–540. DOI: <10.1109/ICALT.2010.153>.

Apêndices

APÊNDICE **A**

Questionário de Perfil

1. Seu Nome Completo *

Insira sua resposta

2. Avalie o seu nível de concordância/discordância com relação às seguintes afirmativas: *

	Discordo Totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo Totalmente
Sinto-me confiante de que posso selecionar o software apropriado para usar em meu ensino	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sinto-me confiante de que o computador ajudará os alunos entender melhor os conceitos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sinto-me confiante de que posso usar a Internet nas minhas aulas para atingir certos objetivos de aprendizagem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sinto-me confiante de que posso usar o e-mail para me comunicar Meus estudantes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sinto-me confiante de que posso projetar atividades de aprendizagem interativas tecnologicamente para meus alunos	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Frequentemente troco ideias sobre integração tecnológica com outros professores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Outros professores me incentivam a integrar tecnologia a educação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os diretores me incentivam a integrar tecnologia a educação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Existem outros professores na minha escola que usam tecnologias interativas no ensino e na aprendizagem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os professores da minha escola estão bem informados sobre a importância de tecnologias no ensino e na aprendizagem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
O uso de jogos digitais no ensino e na aprendizagem me assusta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sinto-me confortável com a ideia de jogos digitais como ferramenta no ensino e na aprendizagem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os jogos digitais mudarão a forma como os alunos aprendem	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os jogos Digitais mudarão a maneira como eu ensino	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Os jogos digitais são uma ferramenta valiosa para professores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Figura 21 – Questionário de análise de perfil.

APÊNDICE B

Requisitos

Requisitos Funcionais

ID	Descrição
RF01	O sistema deve permitir a criação de jogos a partir de módulos personalizáveis.
RF02	O professor deve poder configurar parâmetros dos jogos, como tempo, pontuação e regras.
RF03	O sistema deve oferecer um repositório de jogos prontos que podem ser reutilizados.
RF04	Os alunos devem poder acessar os jogos sem necessidade de autenticação.
RF05	O sistema deve coletar dados de interações dos alunos em tempo real.
RF06	O professor deve poder visualizar relatórios e dashboards com estatísticas sobre o desempenho dos alunos.
RF07	O sistema deve permitir que os jogos sejam exportados e compartilhados com outros professores.
RF08	Deve haver um módulo de feedback para que os professores possam ajustar os jogos conforme o desempenho dos alunos.
RF09	O sistema deve ser acessível via dispositivos móveis e desktop.
RF10	Deve oferecer suporte a jogos offline, armazenando dados localmente e sincronizando quando houver conexão.

Requisitos Não Funcionais

ID	Descrição
RNF01	O sistema deve ter uma interface intuitiva para usuários sem conhecimento técnico.
RNF02	O tempo de carregamento de qualquer tela não deve ultrapassar 5 segundos.
RNF03	O banco de dados deve suportar até 1.000 usuários simultâneos sem perda de desempenho.
RNF04	A arquitetura deve ser modular para permitir adição de novos módulos de jogos no futuro.
RNF05	Os dados coletados devem ser armazenados de forma segura e criptografada.
RNF06	O sistema deve seguir as diretrizes da LGPD para proteção de dados dos usuários.
RNF07	Deve ser compatível com navegadores modernos (Chrome, Firefox, Edge).

Figura 22 – Tabela de Requisitos levantados.