

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
CAMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE**

PAULO FERNANDO COSTA DA CRUZ

**A VISUALIZAÇÃO MATEMÁTICA EM JOGOS
EDUCACIONAIS DIGITAIS NO BRASIL**

**PRESIDENTE PRUDENTE
2025**

PAULO FERNANDO COSTA DA CRUZ

A VISUALIZAÇÃO MATEMÁTICA EM JOGOS EDUCACIONAIS DIGITAIS NO BRASIL

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação, junto ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Campus de Presidente Prudente.

Orientador: Prof. Dr. Danilo Medeiros Eler

PRESIDENTE PRUDENTE
2025

C957v Cruz, Paulo Fernando Costa da
A visualização matemática em jogos educacionais digitais no
Brasil / Paulo Fernando Costa da Cruz. -- Presidente Prudente,
2025
74 f. : il., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista
(UNESP), Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente
Prudente
Orientador: Danilo Medeiros Eler

1. Visualização da informação. 2. Ciência da computação. 3.
Matemática. 4. Jogos em educação matemática. I. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

O impacto potencial dessa pesquisa para a sociedade é a melhoria da aprendizagem da matemática devido aos efeitos sobre os estudantes da aplicação da visualização matemática em jogos educacionais digitais. Os conhecimentos de Ciência da Computação foram utilizados para gerar um jogo digital com ênfase no uso dessa técnica educacional como meio para uma mais fácil compreensão da matemática pelos estudantes.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

The potential impact of this research on society is the improvement of mathematics learning due to the effects on students of the application of mathematical visualization in digital educational games. Computer Science knowledge was used to generate a digital game with a emphasis on the use of this educational technique as a means for students to understand mathematics more easily.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Presidente Prudente

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: A Visualização Matemática em Jogos Educacionais Digitais no Brasil

AUTOR: PAULO FERNANDO COSTA DA CRUZ

ORIENTADOR: DANILO MEDEIROS ELER

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO, área: Computação Aplicada pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. DANILO MEDEIROS ELER (Participação Virtual)
Departamento de Matemática e Computação / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

Prof. Dr. JORGE MARQUES PRATES (Participação Virtual)
Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul

Prof. Dr. MAURÍCIO ARAÚJO DIAS (Participação Virtual)
Departamento de Matemática e Computação / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

Presidente Prudente, 06 de fevereiro de 2025


Danilo Medeiros Eler

2025.02.06
17:18:14
-03'00'

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me iluminou nessa fase da vida, aos meus pais (*in memoriam*) por terem me deixado como herança o gosto pela leitura e pelo estudo e a minha esposa Lea pela compreensão e colaboração com o meu sonho de cursar um mestrado.

Agradeço imensamente ao professor Dr. Danilo Medeiros Eler pela orientação, apoio e paciência não só durante o período de elaboração da dissertação, mas durante todo o período do mestrado quando foi, além de orientador, professor em algumas disciplinas.

Agradeço ainda aos professores das disciplinas do mestrado Dr. Ronaldo Correia, Dr. Rogério Garcia e Dr. José Remo Ferreira Brega pelos conhecimentos que me proporcionaram.

Finalmente, agradeço aos professores Dr. Jorge Marques Prates e Dr. Maurício Araújo Dias que participaram, juntamente com o professor Danilo, da Banca Examinadora da Defesa da Dissertação, pelas observações pertinentes para a melhoria deste trabalho.

RESUMO

O objetivo principal dessa pesquisa é contribuir com a Educação Matemática no estudo da aplicação da visualização matemática em jogos educacionais digitais. Os objetivos específicos são a realização de uma pesquisa bibliográfica, na forma de uma revisão sistemática da literatura, para verificar a existência de textos acadêmicos no Brasil, no período de 2019 a 2023, que relatam o uso de jogos digitais que aplicam a visualização matemática e, também, a realização de um experimento de desenvolvimento de um jogo educacional digital com forte ênfase na visualização matemática com a avaliação qualitativa dos efeitos da aplicação da visualização matemática sobre os estudantes por meio desse jogo, feita por educadores ligados ao ensino da matemática. O problema a ser estudado tomou a forma da seguinte questão de pesquisa: A aplicação da visualização matemática nos jogos educacionais digitais traz, para os estudantes, motivação, entretenimento, compreensão da matemática, estímulo do raciocínio lógico e ajuda na resolução de problemas e, portanto, pode ser considerada eficaz para a aprendizagem da matemática? Na tentativa de buscar uma solução para o problema proposto foi desenvolvida uma pesquisa pré-experimental, de natureza aplicada, com objetivo descritivo e abordagem qualitativa, que consistiu no desenvolvimento de um jogo educacional digital e sua avaliação por educadores ligados à área da matemática. Os resultados do experimento não se mostraram inteiramente convincentes, pois em determinado momento os educadores atribuíram os efeitos sobre os estudantes à visualização matemática e em outro ao jogo. Portanto, sugerimos a realização de maiores e mais precisas pesquisas para realmente verificar o valor da aplicação dessa técnica de Educação Matemática por meio dos jogos educacionais digitais. Possivelmente, a realização de pesquisas experimentais, com amostras dimensionadas por técnicas da Estatística e o uso de mais variáveis possa futuramente estabelecer um panorama mais claro sobre o valor do uso da visualização matemática em jogos educacionais digitais, contribuindo para o desenvolvimento dessa técnica.

Palavras chave: visualização; matemática; jogo; educacional; digital.

ABSTRACT

The main objective of this research is to contribute to Mathematics Education in the study of the application of mathematical visualization in digital educational games. The specific objectives are to carry out a bibliographical research, in the form of a systematic review of the literature, to verify the existence of academic texts in Brazil, from 2019 to 2023, that report the use of digital games that apply mathematical visualization and , also, carrying out an experiment to develop a digital educational game with a strong emphasis on mathematical visualization with the qualitative evaluation of the effects of applying mathematical visualization on students through this game, carried out by educators linked to the teaching of mathematics. The problem to be studied took the form of the following research question: The application of mathematical visualization in digital educational games brings, to students, motivation, entertainment, understanding of mathematics, stimulation of logical reasoning and help in solving problems and, therefore, can it be considered effective for learning mathematics? In an attempt to find a solution to the proposed problem, pre-experimental research was developed, of an applied nature, with a descriptive objective and a qualitative approach, which consisted of the development of a digital educational game and its evaluation by educators linked to the area of mathematics. The results of the experiment were not entirely convincing, as at one point the educators attributed the effects on students to mathematical visualization and at another to the game. Therefore, we suggest carrying out further and more precise research to truly verify the value of applying this Mathematics Education technique through digital educational games. Possibly, carrying out experimental research, with samples sized by statistical techniques and the use of more variables, could in the future establish a clearer panorama about the value of using mathematical visualization in digital educational games, contributing to the development of this technique.

Keywords: visualization; mathematics; game; educational; digital.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Interface inicial	67
Figura 2 – Interface de explicações gerais	68
Figura 3 – Interface de cadastro do jogador	68
Figura 4 – Interface de opções do jogo	69
Figura 5 – Interface de instruções do jogo	69
Figura 6 – Interface do jogo propriamente dito	70
Figura 7 – Interface para mudança de nível ou finalização	70
Figura 8 – Interface do <i>ranking</i>	71
Figura 9 – Interface de créditos	71
Figura 10 – Interface de <i>Game Over</i>	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de textos retornados da busca nas bases de dados e revistas	20
Tabela 2 - Quantidade de textos excluídos pelos critérios de exclusão	21
Tabela 3 - Quantidade de textos selecionados pelos critérios de inclusão	22
Tabela 4 - Respostas das questões de avaliação	23
Tabela 5 - Pontuação dos textos na avaliação	25
Tabela 6 - Textos selecionados na avaliação	27
Tabela 7 - Respostas referentes às variáveis independentes	48
Tabela 8 - Respostas para a questão aberta	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	16
2.1 PROTOCOLO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA	16
2.2 PLANEJAMENTO DA REVISÃO	16
2.2.1 Justificativa	16
2.2.2 Questões norteadoras	17
2.2.3 Critérios de inclusão e exclusão	17
2.2.4 Estratégia de busca	18
2.2.5 Estratégia de avaliação da qualidade	19
2.2.6 Análise e síntese dos dados	20
2.3 CONDUÇÃO DA REVISÃO	20
2.3.1 Busca nas bases de dados e revistas	20
2.3.2 Submissão dos textos aos critérios de inclusão e exclusão	21
2.3.3 Avaliação dos textos selecionados	23
2.3.4 Análise dos dados	29
2.3.5 Resultados da revisão	39
2.3.6 Discussão dos resultados da revisão	40
3 METODOLOGIA	42
3.1 PROBLEMATIZAÇÃO	42
3.2 MATERIAIS E MÉTODOS	43
3.3 PLANEJAMENTO DO JOGO EDUCACIONAL	44
3.4 DESENVOLVIMENTO DO JOGO EDUCACIONAL	47
4 RESULTADOS DO EXPERIMENTO E SUA DISCUSSÃO	48
4.1 RESULTADOS	48
4.2 DISCUSSÃO	51
5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS	52
REFERÊNCIAS	54
APÊNDICE I - GAME DESIGN DOCUMENT	60
APÊNDICE II - INTERFACES COM O USUÁRIO DO JOGO	67
APÊNDICE III – PROPOSTA SUCINTA DE PESQUISA EXPERIMENTAL	73

1 INTRODUÇÃO

Este é um trabalho acadêmico de visualização de informações, um dos campos que integram a Ciência da Computação. Técnicas de visualização de informações podem ser utilizadas para aprendizagem de matemática. Esta prática de uso de visualizações faz parte do que é denominado visualização matemática.

A visualização matemática pode ser definida como uma técnica que consiste no uso de visualizações, principalmente de imagens e gráficos, para a compreensão da matemática. Portanto, entendemos a visualização matemática como a compreensão dos saberes matemáticos por meio da visualização, seja mental, seja física (Lós, 2021, f. 37). Esta técnica tem se mostrado um campo relevante de estudo acadêmico ligado à Educação Matemática e que vem se desenvolvendo nos últimos anos. Vários pesquisadores como Cifuentes e Santos (2019), Flores, Wagner e Buratto (2012), Alencar, Cândido e Farias (2019), Leivas (2009) e outros, têm estudado esse método de pensar matemático e demonstrado sua aplicabilidade (Lós, 2021, f. 33).

Na literatura pesquisada por esses cientistas a visualização matemática é definida como: (1) processo de construção e transformação de imagens visuais mentais; (2) uma atividade cognitiva que é intrinsecamente semiótica; (3) processo de formação de imagens (mentais, ou com lápis e papel, ou com o auxílio de tecnologias) e utilização dessas imagens para descobrir e compreender matemática; (4) forma de pensamento que torna visível aquilo que se vê, extraíndo padrões das representações (Flores; Wagner; Buratto, 2012, p. 40).

Historicamente, segundo Presmeg (2006), nos anos 1980 o visual passou a ter importância na transformação dos conhecimentos matemáticos, devido à ascensão do construtivismo e da ênfase do meio social e cultural na educação. Mas, somente nos anos 1990, com o reconhecimento da visualização na Educação Matemática começou a ser problematizada a eficácia da visualização para a aprendizagem de matemática (Flores; Wagner; Buratto, 2012, p.36).

Quanto aos tipos de visualização matemática, embora perceba-se que o tipo de visualização “mais encontrado na literatura acadêmica é a geométrica, pois é notório que um dos tipos de intuição matemática de mais fácil aprimoramento é a

intuição geométrica” (Cifuentes; Santos, 2019), os pesquisadores têm entendido que as visualizações podem ser relacionadas tanto a elementos geométricos quanto a conteúdos algébricos, como, por exemplo, gráficos de funções, e mais a “visualização resultante do raciocínio visual associado aos conceitos geométricos é, também uma forma de alcançar o conhecimento algébrico” (Cifuentes; Santos, 2019).

Foi também identificado que a visualização pode ser importante para a resolução de problemas de matemática, mediante o uso das estratégias indicadas por Larson (1983), do tipo “trace uma figura”, “explore a simetria” e “divida em casos” (Alencar; Cândido; Farias, 2019, p. 18), tanto que Leivas (2009, f. 22) afirma que a visualização pode ser considerada como um processo de formar imagens mentais com a finalidade de construir e comunicar determinado conceito matemático para auxiliar a resolução de problemas analíticos ou geométricos.

Usando o jargão próprio da Ciência da Computação, podemos dizer que a visualização permite a antecipação de percepções emergentes sobre os dados, fazendo com que problemas envolvendo dados tornem-se imediatamente aparentes, bem como a percepção de padrões e a facilitação da formação de hipóteses baseadas em dados (Ware, 2004, p. 3-4). No nosso campo cabe o estudo das visualizações geradas pela tecnologia computacional. Por tudo isso, é fácil perceber que a visualização é uma poderosa ferramenta para o aprendizado e solução de problemas no campo da matemática. Enfim, a visualização matemática é uma técnica da Educação Matemática e as visualizações utilizadas nesta técnica podem ser geradas com os conhecimentos da Ciência da Computação.

Por outro lado, a visualização matemática necessita ser aplicada por algum meio para que ocorra a aprendizagem. Um dos meios mais comuns são os livros didáticos nos quais ocorre atualmente um uso intenso de gráficos para facilitar a compreensão dos estudantes, conforme Gentil (2020). Outros meios podem ser, por exemplo, o desenho de gráficos numa lousa, apresentações visuais com uso de computador, *softwares* de matemática dinâmica, vídeos, jogos digitais e realidade aumentada.

Dentre os possíveis meios de aplicação da visualização matemática, escolhemos investigar a aplicação da visualização matemática por meio dos jogos educacionais digitais pelas razões que passamos a elencar: em primeiro lugar, porque

a Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018) define os jogos como um recurso didático que pode contribuir para a aprendizagem da matemática. Em segundo lugar, porque historicamente o uso de jogos digitais na educação começou há muito tempo, ainda nos anos setenta do século XX, nos Estados Unidos da América, com jogos eletrônicos que utilizavam o entretenimento a serviço da educação. Já a partir da década de 1980 os jogos passaram a estimular certas habilidades específicas, como lidar com álgebra, ortografia, resolução de problemas, entre outras e, geralmente eram destinados para crianças (Egenfeldt-Nielsen; Smith; Tosca, 2020 *apud* Oliveira, 2022, p. 84). Assim, vemos que os jogos digitais vêm sendo usados como ferramentas para a aprendizagem da matemática e de outras áreas do conhecimento há bastante tempo.

Ainda mais, Santos e Prado (2021, p. 293) afirmam que os jogos digitais possibilitam um aprendizado experimental, ativo e crítico e também permitem que os jogadores aprendam com base no seu próprio ritmo e recebam *feedback* de suas ações e revisem suas futuras decisões. Já no que se refere às futuras pesquisas sobre jogos digitais no ensino de matemática também afirmam que será necessário verificar como os jogos facilitam a aquisição de habilidades e conceitos em diferentes campos da matemática, tais como geometria, aritmética e álgebra. Esta observação desses autores é importante, porque indica a necessidade de mais pesquisas sobre os efeitos dos jogos e, conseqüentemente, a existência de uma lacuna no conhecimento desses efeitos.

Queiroz e Reis (2022, p. 212) recomendam que se deve considerar o potencial do uso pedagógico dos jogos digitais como conexão entre a matemática e as tecnologias digitais, pois o estudante, ao jogar, encontra inúmeros problemas que tem de resolver para conseguir avançar no jogo. Além de pensar numa solução, o estudante precisa testá-la e, caso esteja errada, pensar mais ainda para encontrar outra solução. Assim, os jogos digitais possuem um grande potencial para desenvolver o pensamento lógico e estimular a construção do conhecimento e, por isso, podem ser usados em sala de aula como uma atividade lúdica para despertar o interesse dos alunos e possibilitar abordagens de vários conteúdos.

A criação de jogos educacionais digitais para aplicação da visualização matemática implica no uso de conhecimentos ligados à programação de

computadores, além dos conhecimentos específicos da área de visualização de informações, como as considerações sobre os efeitos da cor e da forma.

Considerando todos esses argumentos, resolvemos abraçar o tema da aplicação da visualização matemática em jogos educacionais digitais e alimentamos a pretensão de estudá-lo no âmbito brasileiro para apresentar uma contribuição relevante nesse campo. Portanto, o tema dessa dissertação foi definido e delimitado como: A aplicação da visualização matemática em jogos educacionais digitais no Brasil no período de 2019 a 2023.

O presente trabalho é justificado primeiramente pela relevância técnica, visto que a geração de visualizações para jogos educacionais digitais deriva do uso da programação de computadores, além dos conhecimentos de visualização de informações, criando um conhecimento tecnológico específico. Em segundo lugar pela relevância social, devido ao relacionamento deste trabalho com a área da Educação Matemática, ou seja, ele passa a ter valor para as pessoas comuns, mais especificamente para os estudantes de matemática.

Portanto, o objetivo principal dessa pesquisa é contribuir com a Educação Matemática no estudo da aplicação da visualização matemática em jogos educacionais digitais. Como objetivos específicos, definimos a realização de uma pesquisa bibliográfica, na forma de uma revisão sistemática da literatura, para verificar a existência de textos acadêmicos no nosso país que relatam o uso de jogos digitais que aplicam a visualização matemática e, também, a realização de um experimento de desenvolvimento de um jogo educacional digital com forte ênfase na visualização matemática e a avaliação qualitativa dos efeitos da aplicação da visualização matemática sobre os estudantes por meio desse jogo, feita por educadores ligados ao ensino da matemática, com o intuito de dar uma contribuição relevante nessa área de conhecimento.

Fazendo uma pesquisa preliminar sobre visualização matemática em jogos digitais no *Google Scholar*, para textos escritos de 2019 a 2013 e usando a *string* de busca “jogo” AND “matemática” AND “revisão sistemática” selecionamos, entre 847 textos retornados, alguns trabalhos relacionados ao nosso. Em primeiro lugar, o artigo de Santos e Bísaro (2019) que desenvolveram uma revisão sistemática da literatura visando obter resposta para a questão: qual a real efetividade do uso de jogos sérios

eletrônicos no processo de ensino-aprendizagem de matemática na educação básica? A pesquisa registrou benefícios do uso dos jogos eletrônicos tais como ajudar em manter o interesse do aluno em aprender; aumentar a motivação do aluno devido ao ritmo de aula diferente do tradicional; crescimento da performance do processo de ensino-aprendizagem, melhorando os resultados da construção de conhecimentos da matemática; melhoria da qualidade da educação em localidades remotas; mudança da atitude dos alunos frente à disciplina, levando ao aumento da autoestima das crianças. Dificuldades foram relatadas como a falta de títulos em português e a inadequação dos jogos à faixa etária e ao conhecimento a ser transmitido.

Em segundo lugar, o artigo de Rocha e Oliveira (2019) mostrou, por meio de uma revisão sistemática da literatura, um trabalho de mapeamento de jogos para apoiar o ensino de matemática no ensino médio. Foram identificados cinco jogos digitais para as duas primeiras séries do ensino médio.

Em terceiro, o artigo de Damaceno Júnior, Nery Filho e Pinheiro (2023) que mostra uma revisão sistemática feita para investigar os benefícios e dificuldades que pesquisadores enfrentaram durante o uso de jogos digitais em aulas de matemática no ensino básico brasileiro. Os pesquisadores notaram que o uso dos jogos digitais contribuiu para o desenvolvimento de habilidades, conhecimento matemático e do raciocínio lógico dos estudantes.

Consideramos também, além das revisões da literatura, o artigo de Tondorf, Hounsell e Pereira (2022), que relata um experimento de avaliação da utilidade de um jogo sério para ensinar matemática para alunos do terceiro ano do ensino fundamental e que pode servir de modelo para o nosso experimento. O jogo foi o “Matemágica” desenvolvido na Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP. A avaliação foi realizada mediante as respostas de 13 professores de matemática a um questionário elaborado pelos pesquisadores e o jogo obteve 4.46 numa escala de utilidade geral de 1 a 5.

Esses trabalhos mostram o desenvolvimento de revisões sistemáticas da literatura que buscam informações sobre as relações do uso de jogos digitais com a aprendizagem da matemática e a avaliação de um jogo específico, feita por educadores ligados ao ensino da matemática.

Enfim, este trabalho foi estruturado em cinco capítulos, o capítulo de introdução que visa a contextualização do tema mais o capítulo dois que se refere à revisão sistemática da literatura; o capítulo três dedicado à metodologia do trabalho; o capítulo quatro com os resultados do experimento e sua discussão e o capítulo cinco com as conclusões.

2 REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

2.1 PROTOCOLO DA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

Para o estudo do tema tivemos necessidade de realizar, primeiramente, uma pesquisa bibliográfica abrangente sobre o estado da arte no nosso país. Para isso, desenvolvemos uma revisão sistemática da literatura de fontes relacionadas à aplicação da Tecnologia da Informação na educação e à Educação Matemática. A revisão teve como referência as propostas metodológicas de Kitchenham (2004) e Kitchenham *et al.* (2008) nas quais o processo de construção da revisão consiste em três etapas: planejamento, condução e o relatório final.

No planejamento deve ser verificada e justificada a real necessidade da revisão sistemática e serem desenvolvidas as questões norteadoras da revisão, os critérios de inclusão e exclusão, a estratégia de busca dos textos e a estratégia de avaliação dos textos selecionados.

Em seguida vem a condução da pesquisa, quando acontece a busca nas bases de dados, a seleção e avaliação dos textos, extração e síntese dos dados e sua interpretação para obter respostas para as questões norteadoras e a discussão dos resultados, finalmente, o terceiro e último passo que é o relatório final.

2.2 PLANEJAMENTO DA REVISÃO

2.2.1 Justificativa

Pretendemos verificar a existência de textos acadêmicos sobre jogos educacionais digitais que fazem uso da visualização matemática no Brasil. Sendo assim, a revisão sistemática da literatura foi a prática mais indicada para fazer uma ampla investigação sobre o tema na literatura acadêmica.

Dessa forma, justificamos a utilização da revisão sistemática da literatura como meio necessário para a obtenção de dados abrangentes sobre a existência de jogos educacionais digitais de matemática com aplicação da visualização matemática, observando que os resultados da pesquisa dependem da boa execução de um

protocolo para evitar viés e dados irrelevantes ou inconsistentes (Kitchenham, 2004, p. 4).

2.2.2 Questões norteadoras

Para o bom desenvolvimento da revisão foi necessário definir algumas questões norteadoras cujas respostas seriam o objetivo da revisão. Sendo assim, foram definidas as questões **QN1**: Existem textos acadêmicos brasileiros, publicados de 2019 a 2023, que se referem ao uso de jogos educacionais digitais com aplicação da visualização matemática? **QN2**: Os textos pesquisados avaliam o efeito dos jogos sobre os estudantes? **QN3**: Os textos pesquisados fazem considerações específicas sobre a visualização matemática e seu uso? **QN4**: Os textos pesquisados avaliam os efeitos do uso da visualização matemática sobre os estudantes?

2.2.3 Critérios de inclusão e exclusão

Para seleção dos textos, foram adotados os seguintes critérios de inclusão: (CI1) pertinência do título e resumo do texto com o tema do trabalho; (CI2) texto publicado de 2019 a 2023; (CI3) texto de autor(es) brasileiro(s); (CI4) texto que se refira a um jogo digital específico; (CI5) texto que relata um estudo primário; (CI6) texto escrito em português ou inglês.

Já os critérios de exclusão foram: (CE1) título e resumo do texto sem pertinência com o tema; (CE2) textos repetidos (excluir as repetições e manter as versões mais recentes); (CE3) texto publicado anteriormente a 2019; (CE4) texto exclusivamente de autor(es) estrangeiros(s); (CE5) texto que relata um estudo secundário (revisão sistemática da literatura, mapeamento sistemático da literatura ou outros); (CE6) texto com restrição de acesso; (CE7) texto que se refere a jogos digitais de modo genérico e não a um jogo digital específico; (CE8) livro ou capítulo de livro e (CE9) texto escrito em idioma diferente do português e do inglês.

2.2.4 Estratégia de busca

Foi também estabelecida uma estratégia de busca para acessar textos sobre o tema na qual selecionamos quatro bases de dados: *Google Scholar*; SBC Sol da Sociedade Brasileira de Computação; Portal de Periódicos da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e o Banco de Teses e Dissertações da CAPES, todas com a limitação da busca para textos publicados de 2019 a 2023.

Além da busca automática nessas bases de dados, por meio de uma *string* de busca, planejamos fazer uma pesquisa manual em edições de revistas relevantes sobre a aplicação da tecnologia da informação na educação e Educação Matemática, publicadas no período de 2019 a 2023, tais como: Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE); Revista de Educação Matemática (REMAT); Revista Informática na Educação: Teoria & Prática (RIETP); Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE); Boletim de Educação Matemática (BOLEMA); Ensino e Tecnologia em Revista (ETR); Revista de Matemática Aplicada e Interdisciplinar (INTERMATHS) e a Revista de Educação, Ciência e Tecnologia (TEAR). Consideramos as bases de dados e revistas selecionadas como suficientes para conter a maior parte de possíveis textos acadêmicos sobre o tema publicados no nosso país.

Foi definida uma única *string* de busca para a revisão sistemática. Após várias tentativas de combinação das palavras-chave do trabalho a melhor foi: (jogo digital OR *game* OR *serious game*) AND (matemática OR *math*). Pretendeu-se obter textos de autores brasileiros e a inclusão de alguns termos da língua inglesa foi somente para facilitar a busca de textos de autores brasileiros que tenham título e *abstract* escritos em inglês. Pretendeu-se também, com essa *string* de busca bastante genérica, obter o maior retorno possível de textos que relacionem “jogo digital” com “matemática”, deixando a verificação da pertinência com o tema por conta dos critérios de inclusão e exclusão.

Foi previsto o desenvolvimento da estratégia em duas etapas. Na primeira ocorrendo a busca nas bases de dados por meio da *string* de busca, além da pesquisa

manual nas revistas. Na segunda etapa, os textos retornados da primeira são submetidos aos critérios de inclusão e exclusão.

2.2.5 Estratégia de avaliação da qualidade

Em seguida à busca, ocorre a avaliação da qualidade dos textos na qual são definidos quais deles são relevantes e aderentes ao tema em estudo, por meio de respostas a questões de avaliação, sendo que é atribuída uma nota conforme a resposta de cada questão seja “Sim” ou “Não”.

As questões de avaliação foram definidas com a seguinte forma - **AV1**: O texto relata a experiência de uso de um jogo educacional digital que aplica visualização matemática? **AV2**: O texto selecionado foi publicado em um periódico relevante? **AV3**: O texto selecionado foi publicado em anais de eventos científicos e tecnológicos? **AV4**: O texto selecionado é uma monografia acadêmica (dissertação de mestrado ou tese de doutorado)?

Foi estabelecida uma pontuação para as respostas às questões de avaliação da qualidade. Para a resposta “Sim” da questão AV1 serão computados 5 pontos; para a resposta “Não” apenas 0 pontos. Para a resposta “Sim” da questão AV2 serão computados 3 pontos; para a resposta “Não” 0 pontos. Para a resposta “Sim” da questão AV3 serão computados 4 pontos; para a resposta “Não” somente 0 pontos. Por fim, para a resposta “Sim” da questão AV4 serão computados 2 pontos; para a resposta “Não” 0 pontos. Esta pontuação determinará a seleção final dos textos e serão selecionados os textos com um total de pelo menos 7 pontos

Apesar da relação do texto com o tema já ter sido verificada duas vezes, uma na busca e outra na aplicação dos critérios de inclusão e exclusão é prudente submeter os textos selecionados até esse ponto a mais uma verificação de pertinência ao tema mediante a resposta da questão AV1.

As questões de avaliação da qualidade levam em conta não só a aderência ao tema, por meio da primeira questão, mas também a importância da verificação feita para a publicação de textos em periódicos e o valor das publicações dos anais de eventos, como congressos e simpósios, pois, no campo da Ciência da Computação,

representam as informações mais atualizadas, resultando numa maior pontuação para esses dois casos e uma menor pontuação para monografias acadêmicas.

2.2.6 Análise e síntese dos dados

Após a avaliação será feita a análise do conteúdo dos textos por meio da agregação dos casos semelhantes e da extração de dados relevantes para a pesquisa e a síntese dos dados analisados comporá o conjunto de respostas para as questões norteadoras da revisão.

2.3 CONDUÇÃO DA REVISÃO

Os resultados da pesquisa foram obtidos por meio da busca nas bases de dados e revistas, avaliação da qualidade dos textos, análise dos dados extraídos dos textos, síntese e respostas das questões norteadoras da revisão e a discussão dos resultados.

2.3.1 Busca nas bases de dados e revistas

Na primeira etapa da busca foram retornados 12.448 textos conforme se pode visualizar na tabela abaixo. Esta busca foi realizada entre os dias 06 e 09 de abril de 2024.

Tabela 1. Quantidade de textos retornados da busca nas bases de dados e revistas

Base de dados e revistas 2019-2023	Quantidade de textos retornados
<i>Google Scholar</i>	12.400
SBC Sol	28
Portal Periódicos CAPES	07
Banco de Teses e Dissertações CAPES	00
BOLEMA	00
ETR	02
INTERMATHS	01
RBIE	02
RBIETP	01

REMAT	01
RENOTE	04
TEAR	02
TOTAL	12.448

Fonte: O autor.

2.3.2 Submissão dos textos aos critérios de inclusão e exclusão

Em seguida, com a submissão aos critérios de exclusão foram retirados 12.423 textos, conforme a tabela a seguir, sendo 811 por falta de pertinência com o tema do trabalho (verificada pelo título e resumo do texto) , 12 devido à repetição de textos, 1 por ter sido publicado anteriormente a 2019, 2 por serem textos de autores estrangeiros, 9 por relatarem estudos secundários, 11.417 por serem textos com restrições de acesso (na maioria da base de dados *Google Scholar*), 169 por se referirem a jogos digitais de modo genérico e não se referirem a um jogo digital específico e 2 por serem livros. Então, os vinte e cinco textos restantes foram submetidos aos critérios de inclusão e aprovados.

Tabela 2 - Quantidade de textos excluídos pelos critérios de exclusão

Critérios de exclusão	Quantidade de textos excluídos
CE1	811
CE2	12
CE3	01
CE4	02
CE5	09
CE6	11.417
CE7	169
CE8	02
CE9	00
TOTAL	12.423

Fonte: O autor.

A submissão dos textos aos critérios de inclusão e exclusão resultou na seleção de 25 textos. As fontes dos textos foram: Revista Latina sobre Análise do Comportamento (ACTA COMPORTAMENTALIA); *Brazilian Journal of Development*

(BJD); Anais do Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE); Revista *Contribuciones a las Ciencias Sociales* (CLCS); Revista COCAR; Anais do Congresso sobre Tecnologias na Educação (CTRL+E); Revista INTERMATHS; Revista do Instituto GeoGebra de São Paulo (ISP GEOGEBRA); Revista PEER REVIEW; Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE); Revista de Educação Matemática (REMAT); Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE); Anais do Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGAMES); Revista de Educação, Ciência e Tecnologia (TEAR) e algumas monografias acadêmicas. Isto mostra que a utilização de jogos para a aprendizagem de matemática está registrada em várias fontes ligadas à Educação Matemática, ao uso de tecnologias na educação e inclusive em anais de eventos.

Tabela 3 - Quantidade de textos selecionados pelos critérios de inclusão

Fontes	Quantidade de textos selecionados
ACTA COMPORTAMENTALIA	01
BJD	01
CBIE	05
CLCS	01
COCAR	01
CTRL+E	01
INTERMATHS	01
ISP GEOGEBRA	01
MONOGRAFIAS	03
PEER REVIEW	01
RBIE	01
REMAT	01
RENOTE	02
SBGAMES	04
TEAR	01
TOTAL	25

Fonte: O autor.

2.3.3 Avaliação dos textos selecionados

Os textos selecionados pelos critérios de inclusão e exclusão foram, em seguida, avaliados pelas respostas às questões de avaliação da qualidade, conforme está exposto nas três próximas tabelas.

Tabela 4 - Respostas das questões de avaliação

Número	Título do texto	AV1	AV2	AV3	AV4
1	Efeitos do jogo Korsan na aprendizagem de subtração em pré-escolares	sim	sim	não	não
2	Aprendendo matemática através de um jogo digital	sim	sim	não	não
3	Arrow: jogo digital para apoio à aprendizagem de vetores	sim	não	sim	não
4	Interface tangível com Material Dourado em jogo digital de aprendizagem de matemática	sim	não	sim	não
5	Pharos: um jogo educacional digital inovador para auxiliar no ensino e aprendizagem de matemática	sim	não	sim	não
6	Enigma pirata: um jogo para exercitar Matemática e Pensamento Computacional através da Teoria dos Conjuntos	sim	não	sim	não
7	Robô Euroi: jogo de estratégia Matemática para exercitar o Pensamento Computacional	não	não	sim	não
8	Jogo digital para aprendizagem dos números e das operações básicas de matemática para os anos iniciais do ensino fundamental	sim	sim	não	não
9	Criação de jogo matemático digital com crianças e jovens surdos: contribuições da pedagogia visual	sim	sim	não	não
10	Chocomática inauguração: um Recurso Educacional Digital para aprendizagem colaborativa de Álgebra nos anos iniciais	sim	não	sim	não

11	A experiência da criação de um App para uso em sala de aula: Intersecting Lines	sim	sim	não	não
12	O jogo da senha no GeoGebra e suas atividades exploratórias em combinatória	sim	sim	não	não
13	Percepções matemáticas com o jogo Hyperbolica	sim	não	não	não
14	Jogo digital matemático bilíngue para estudantes surdos: um sistema simbólico predominantemente visual	sim	não	não	sim
15	Modelagem de jogo educacional digital para o ensino e a aprendizagem de matemática básica na educação profissional e tecnológica	sim	não	não	sim
16	Jogos Educativos Digitais: Contribuição da Abordagem Instrumental Explorando Função Exponencial com o uso do Hanoi-Towers	sim	sim	não	não
17	Enigmas de Yucatàn: Recurso Educacional Digital para o Ensino de Geometria Espacial	sim	sim	não	não
18	O Jogo Digital Quiz PG nas Aulas de Matemática: possibilidades para o Ensino e Aprendizagem de Progressão Geométrica	sim	sim	não	não
19	GeoMemory: Jogo Digital de Memória para o Estudo de Formas Geométricas	sim	sim	não	não
20	A utilização de um Jogo Sério em aulas introdutórias à Educação Financeira	sim	sim	não	não
21	Jogo Sério para Matemática sobre Geometria Euclidiana Plana	sim	não	sim	não
22	Cadê minha Pizza? Um jogo para exercitar Matemática e Pensamento Computacional através de grafos	sim	não	sim	não
23	O Universo das Funções: um jogo sério para a fixação de	não	não	sim	não

	conceitos sobre funções e seus gráficos				
24	Desenvolvimento de Jogo Sérioso Como Ferramenta de Apoio ao Aprendizado de Geometria no Ensino Médio	sim	não	sim	não
25	NO\$\$O DINHEIRO: Um jogo sério para introdução à Educação Financeira	sim	sim	não	não

Fonte: O autor.

Tabela 5 - Pontuação dos textos na avaliação

Número	Título do texto	Pontuação
1	Efeitos do jogo Korsan na aprendizagem de subtração em pré-escolares	8,0
2	Aprendendo matemática através de um jogo digital	8,0
3	Arrow: jogo digital para apoio à aprendizagem de vetores	9,0
4	Interface tangível com Material Dourado em jogo digital de aprendizagem de matemática	9,0
5	Pharos: um jogo educacional digital inovador para auxiliar no ensino e aprendizagem de matemática	9,0
6	Enigma pirata: um jogo para exercitar Matemática e Pensamento Computacional através da Teoria dos Conjuntos	9,0
7	Robô Euroi: jogo de estratégia Matemática para exercitar o Pensamento Computacional	4,0
8	Jogo digital para aprendizagem dos números e das operações básicas de matemática para os anos iniciais do ensino fundamental	8,0
9	Criação de jogo matemático digital com crianças e jovens surdos: contribuições da pedagogia visual	8,0
10	Chocomática inauguração: um Recurso Educacional Digital	9,0

	para aprendizagem colaborativa de Álgebra nos anos iniciais	
11	A experiência da criação de um App para uso em sala de aula: Intersecting Lines	8,0
12	O jogo da senha no GeoGebra e suas atividades exploratórias em combinatória	8,0
13	Percepções matemáticas com o jogo Hyperbolica	5,0
14	Jogo digital matemático bilíngue para estudantes surdos: um sistema simbólico predominantemente visual	7,0
15	Modelagem de jogo educacional digital para o ensino e a aprendizagem de matemática básica na educação profissional e tecnológica	7,0
16	Jogos Educativos Digitais: Contribuição da Abordagem Instrumental Explorando Função Exponencial com o uso do Hanoi-Towers	8,0
17	Enigmas de Yucatàn: Recurso Educacional Digital para o Ensino de Geometria Espacial	8,0
18	O Jogo Digital Quiz PG nas Aulas de Matemática: possibilidades para o Ensino e Aprendizagem de Progressão Geométrica	8,0
19	GeoMemory: Jogo Digital de Memória para o Estudo de Formas Geométricas	8,0
20	A utilização de um Jogo Sérioso em aulas introdutórias à Educação Financeira	8,0
21	Jogo Sérioso para Matemática sobre Geometria Euclidiana Plana	9,0
22	Cadê minha Pizza? Um jogo para exercitar Matemática e Pensamento Computacional através de grafos	9,0

23	O Universo das Funções: um jogo sério para a fixação de conceitos sobre funções e seus gráficos	4,0
24	Desenvolvimento de Jogo Sério Como Ferramenta de Apoio ao Aprendizado de Geometria no Ensino Médio	9,0
25	NO\$\$O DINHEIRO: Um jogo sério para introdução à Educação Financeira	8,0

Fonte: O autor.

Então, foram finalmente selecionados vinte e dois textos, publicados de 2019 a 2023, sendo vinte artigos e duas monografias acadêmicas, que relatam o uso de jogos digitais que aplicam a visualização matemática, conforme a tabela abaixo.

Tabela 6 - Textos selecionados na avaliação

Número	Título do texto	Autores, Ano de publicação
1	Efeitos do jogo Korsan na aprendizagem de subtração em pré-escolares	Godoy et al., 2023
2	Aprendendo matemática através de um jogo digital	Alves et al., 2020
3	Arrow: jogo digital para apoio à aprendizagem de vetores	Pires et al., 2019
4	Interface tangível com Material Dourado em jogo digital de aprendizagem de matemática	Alves, Chaves e Cordeiro, 2020
5	Pharos: um jogo educacional digital inovador para auxiliar no ensino e aprendizagem de matemática	Aires et al., 2020
6	Enigma pirata: um jogo para exercitar Matemática e Pensamento Computacional através da Teoria dos Conjuntos	Lais et al., 2023
7	Jogo digital para aprendizagem dos números e das operações básicas de matemática para os anos iniciais do ensino fundamental	Santos et al., 2023
8	Criação de jogo matemático digital com crianças e jovens	Almeida, Silva e Lins, 2019

	surdos: contribuições da pedagogia visual	
9	Chocomática inauguração: um Recurso Educacional Digital para aprendizagem colaborativa de Álgebra nos anos iniciais	Castro et al., 2021
10	A experiência da criação de um App para uso em sala de aula: Intersecting Lines	Queiroz e Reis, 2022
11	O jogo da senha no GeoGebra e suas atividades exploratórias em combinatória	Martarelli et al., 2021
12	Jogo digital matemático bilíngue para estudantes surdos: um sistema simbólico predominantemente visual	Oliveira, 2022
13	Modelagem de jogo educacional digital para o ensino e a aprendizagem de matemática básica na educação profissional e tecnológica	Menezes, 2020
14	Jogos Educativos Digitais: Contribuição da Abordagem Instrumental Explorando Função Exponencial com o uso do Hanoi-Towers	Silva e Moraes, 2023
15	Enigmas de Yucatân: Recurso Educacional Digital para o Ensino de Geometria Espacial	Queiros et al., 2022
16	O Jogo Digital Quiz PG nas Aulas de Matemática: possibilidades para o Ensino e Aprendizagem de Progressão Geométrica	Ferreira e Oliveira, 2021
17	GeoMemory: Jogo Digital de Memória para o Estudo de Formas Geométricas	Carvalho et al., 2023
18	A utilização de um Jogo Sério em aulas introdutórias à Educação Financeira	Peres et al., 2019
19	Jogo Sério para Matemática sobre Geometria Euclidiana Plana	Parmegiani, Feitosa e Brega, 2022
20	Cadê minha Pizza? Um jogo para exercitar Matemática e	Honda et al., 2022

Pensamento Computacional através de grafos		
21	Desenvolvimento de Jogo Sério Como Ferramenta de Apoio ao Aprendizado de Geometria no Ensino Médio	Ortolan e Modesto, 2023
22	NO\$\$O DINHEIRO: Um jogo sério para introdução à Educação Financeira	Leite et al., 2020

Fonte: O autor.

2.3.4 Análise dos dados

Em seguida, foram analisados os conteúdos dos vinte e dois textos selecionados por meio da agregação dos casos semelhantes quanto ao tipo de visualização matemática e da extração dos dados relevantes para a pesquisa. Primeiramente, encontramos sete estudos ligados à visualização geométrica.

Alves *et al.* (2020) se dedicaram a um experimento com 10 estudantes de uma escola pública com diagnóstico clínico de deficiência intelectual. O grupo experimental utilizou um jogo digital denominado “Brincando com Julio’s” com o qual os estudantes deveriam identificar formas geométricas simples (quadrados, retângulos, triângulos, círculos) em imagens compostas de diversas dessas formas. Já o grupo controle realizou as mesmas tarefas usando lápis e papel. Com base nas tarefas propostas nas duas condições experimentais (jogo educacional e atividades escritas) os resultados das respectivas análises estatísticas sugeriram que o jogo educativo levou os estudantes a um desempenho superior nas tarefas de identificação de formas geométricas e aritmética, ou seja, serviu de ajuda na resolução de problemas. Assim, os autores concluíram que os jogos educativos podem auxiliar no processo de ensino-aprendizagem, contribuindo diretamente para mitigar os problemas enfrentados na perspectiva da educação inclusiva.

Vemos que nesse experimento os dois grupos foram submetidos à aplicação da visualização matemática, pois deveriam identificar formas geométricas simples em imagens compostas de diversas formas. Não foi explicado claramente porque o grupo que usou o jogo digital teve um desempenho melhor. Os autores

atribuíram os efeitos positivos no processo de ensino-aprendizagem ao jogo e nada disseram sobre a estratégia educacional da visualização matemática.

Já Queiroz e Reis (2022) deram ênfase à importância da criação de um aplicativo digital para uso em sala de aula: *Intersecting Lines*. Ele é uma versão digital de um jogo antes jogado com papel e caneta. É um jogo disputado por dois jogadores sendo que cada um tem uma cor que o define (azul ou vermelha). O objetivo dos jogadores é conseguir realizar o maior número possível de interseções de retas da mesma cor. Portanto, o jogo trabalha com a visualização geométrica. Os autores consideram que esse jogo pode ser um recurso pedagógico em sala de aula para abordar os conteúdos especificados e estimular o raciocínio lógico dos estudantes, ou seja, para ajudar na resolução de problemas.

A visualização matemática é apresentada ao jogador pela visualização das retas e de suas interseções. Esta aplicação da visualização geométrica motivou o raciocínio dos jogadores na escolha das posições das retas para que ocorressem interseções.

Conforme Oliveira (2022), na sua dissertação de mestrado, o jogo digital Matemática Bilíngue de Surdos sobre o conteúdo de quadriláteros notáveis – MABILS.QN foi aplicado a alunos surdos dos anos finais do ensino fundamental. A pesquisa mostrou que a construção de um jogo digital de Matemática bilíngue para estudantes surdos precisa levar em conta a relação entre as características linguísticas presentes numa língua visual-espacial e numa língua de modalidade escrita, tendo em vista uma abordagem multimodal, com intuito de garantir um material bilíngue que contribua para o acesso linguístico em condições de equidade dos estudantes surdos no processo educacional de matemática.

A visualização matemática nesse jogo é predominantemente geométrica, levando o estudante a fazer cálculos com base em figuras geométricas exibidas no jogo. Podemos inferir dessa pesquisa que uma “linguagem visual” como a da visualização matemática pode ser muito importante para os surdos, de modo análogo à Linguagem Brasileira de Sinais – LIBRAS. Essa importância pode se manifestar como ajuda na resolução de problemas.

De acordo com Queiros *et al.* (2022), no ensino da geometria espacial existe a possibilidade de desenvolvimento do raciocínio lógico e espacial do estudante

mediante a ênfase à visualização de situações geométricas e sua representação no plano. Os autores fizeram uma pesquisa de utilização do jogo Enigma de *Yucatàn* com seis professores e onze estudantes de matemática do ensino médio e mais três especialistas educacionais. Os resultados da pesquisa mostraram que o jogo está de acordo com a legislação (BNCC) e foi considerado relevante para o ensino e aprendizagem de noções de transformações geométricas espaciais, ou seja, para uma melhor compreensão da matemática.

A visualização matemática nesse caso também é geométrica e associa poliedros às mecânicas e à dinâmica do jogo. Portanto, por meio do jogo o estudante vivencia uma experiência de visualização geométrica que privilegia especificamente a visão tridimensional.

Carvalho *et al.* (2023) estudaram o caso do uso de um jogo digital do gênero memória para o estudo da geometria. Esse estudo de caso desenvolveu-se com a participação de 19 estudantes voluntários de um curso de Licenciatura em matemática que responderam dois questionários sob a perspectiva de futuros docentes. A partir dos resultados, pode-se concluir que, segundo as opiniões dos participantes, o jogo é divertido e adequado para ser utilizado em sala de aula e que o gênero memória pode ser mais facilmente reutilizável para outros tópicos de interesse.

Pode-se perceber o uso da visualização matemática no jogo pois o estudante precisa identificar determinadas figuras geométricas e realizar cálculos relativos a elas, como, por exemplo, o da área de um retângulo. Os cálculos representam relações entre a visualização geométrica e o conhecimento aritmético.

Parmegiani, Feitosa e Brega (2022) apresentaram o jogo sério “O Escapista e a Matemática de Euclides” que aborda conteúdos da geometria plana. O jogo relaciona tarefas a serem feitas pelo jogador, como construir uma escada a partir de uma tábua e alguns degraus ou reparar um cabo de energia a partir de conceitos da geometria plana. O jogo foi elaborado para um público-alvo entre 12 e 17 anos de idade. O gênero do jogo sério desenvolvido neste trabalho é o *escape room*, no qual o personagem encontra-se em determinado lugar e precisa sair dele utilizando itens achados no ambiente e resolvendo *puzzles*. Os autores consideraram a possibilidade de futuros melhoramentos do jogo e aplicação do jogo por professores de matemática,

inclusive fazendo também a aplicação de um questionário para avaliar a efetividade do mesmo como ferramenta para ensino-aprendizagem.

O jogo relaciona tarefas com conceitos de geometria plana e, como essas tarefas são mostradas no jogo mediante visualizações, temos aí a aplicação da visualização matemática. Em resumo, esse jogo relaciona a visualização de elementos geométricos com situações da vida real, contribuindo para a compreensão da matemática quanto a suas possibilidades de aplicação prática.

Segundo Ortolan e Modesto (2023) o aprendizado de matemática, muitas vezes, apresenta desafios para os estudantes devido à sua natureza. Sendo assim, o artigo desses autores apresentou o desenvolvimento de um jogo digital projetado para abordar conceitos-chave de geometria, como formas geométricas, propriedades dos polígonos, ângulos e simetria de forma interativa e lúdica. Essa pesquisa contribui para a discussão sobre o GBL (*Game-Based Learning*) e o uso de tecnologias digitais na educação matemática, ressaltando o potencial dos jogos digitais no ensino de geometria. Os autores planejam a aplicação de testes com alunos do ensino médio e a avaliação dos resultados obtidos com o protótipo.

O jogo é ambientado no período histórico da Antiguidade e representações gráficas de aspectos dessa época, como as famosas pirâmides do Egito, são relacionados com conteúdos da geometria plana, ocorrendo assim a aplicação da visualização matemática quando o estudante passa a entender a relação entre as formas geométricas e as construções monumentais da antiguidade. Isto leva o estudante a uma maior compreensão da utilidade prática da matemática.

Esses sete jogos, identificados nos textos citados acima, mostram a predominância e importância da visualização geométrica nos jogos digitais ligados à aprendizagem da matemática. Esse é o tipo mais comum de visualização matemática: a exibição de formas geométricas visando a compreensão da matemática ou a resolução de problemas. Entretanto, a compreensão é melhor quando as formas geométricas básicas não são simplesmente exibidas, mas relacionadas com a composição de formas complexas, cálculos ou problemas da vida real.

Seguem outros seis estudos mostrando o uso de visualizações para o aprendizado da aritmética. Godoy *et al.* (2023) estudaram os efeitos do jogo digital “Korsan” (jogo de dominó digital) na aprendizagem da operação de subtração por pré-

escolares, por meio de um experimento com três crianças com idade entre cinco e seis anos. Os autores consideraram que tentativas de articular diferentes áreas teóricas para a construção de jogos divertidos e eficazes no ensino ainda são incipientes e poucos são os estudos relatados em literatura que buscaram avaliar a questão de forma sistemática. Portanto, a pesquisa deles visou ampliar o escopo de estudos sobre jogos educativos e contribuir com propostas para aprimorar o jogo “Korsan”. O jogo faz uso da visualização matemática no dominó, pois as crianças devem relacionar números com conjuntos de pontos. Assim, a visualização proporciona conhecimento aritmético.

Alves, Chaves e Cordeiro (2020) abordaram o desenvolvimento e análise de um jogo digital acessível para aprendizagem de matemática usando o Material Dourado como interface tangível. Trata-se de uma interface diferenciada para o público-alvo com deficiência intelectual. O Material Dourado, ou *Montessori Beads*, desenvolvido pela médica e educadora italiana Maria *Montessori* (1870 - 1952) para o auxílio de aprendizagem de matemática, constitui-se de blocos de madeira ou de miçangas que representam as unidades, dezenas, centenas e milhares do sistema numérico decimal (Daltoé; Strelow, 2005 *apud* Alves; Chaves; Cordeiro, 2020). O jogo usa a metáfora de um mercado no qual o jogador deve fazer o pagamento de suas compras com o material dourado como se fosse dinheiro. Após teste do protótipo do jogo, uma professora relatou que o *software* auxilia na aprendizagem de matemática pois os alunos precisam interpretar o problema e realizar os cálculos de uma forma concreta, ou seja, contribui para a compreensão da matemática e ajuda na resolução de problemas. O jogador aplica a visualização matemática quando busca relacionar quantidades de objetos visualizados com operações aritméticas elementares.

Santos *et al.* (2023) relataram o projeto e desenvolvimento do jogo digital *mobile FRUITMATH* que possui uma coletânea de atividades matemáticas para apoiar os professores de matemática dos anos iniciais do ensino fundamental. O jogo é baseado em um *quiz*, de perguntas e respostas, com três tipos de atividades: relacionamento entre números e figuras, operações de adição entre números e figuras, operação de subtração entre números e figuras. A proposta do jogo e suas funcionalidades foram avaliadas por meio de entrevistas e foi possível concluir que as atividades matemáticas do jogo podem contribuir para o ensino de matemática de

forma lúdica, ou seja, trazem entretenimento para os estudantes. Esta foi a única referência aos efeitos das atividades matemáticas e não do ambiente do jogo encontrada na pesquisa, mas, sem nenhuma citação específica à visualização matemática.

O uso da visualização matemática é facilmente percebido pelo uso de figuras para representar elementos da vida comum, como frutas e pedaços de frutas e o fazer-se com elas operações de adição e subtração. Notamos que isso facilita a aprendizagem das operações aritméticas por crianças, pois reduz o nível de abstração dos elementos da matemática. Caso contrário, as operações seriam aplicadas a números abstratos sem significado concreto.

Almeida, Silva e Lins (2019) expuseram uma pesquisa sobre criação de um jogo digital na área de matemática (*Star Fraction Game*) com a participação de crianças e jovens surdos. Segundo os autores, as crianças e jovens surdos sentiram dificuldade sobre os conceitos matemáticos envolvidos, especialmente sobre frações equivalentes. O jogo *Star Fraction Game* apresenta visualização matemática em algumas de suas partes quando relaciona figuras geométricas com frações.

Os autores Castro *et al.* (2021) apresentaram, em um artigo, o processo de criação do Recurso Educacional Digital (RED) “Chocomática: Inauguração” destinado ao primeiro ano do ensino fundamental. Este jogo é ambientado em uma loja de chocolates e visa que os estudantes utilizem estratégias de compreensão de regularidade ou padrões de sequências para organizar a loja. É um jogo colaborativo, jogado por dois estudantes ao mesmo tempo. Os autores consideram que o jogo pode contribuir para o desenvolvimento do pensamento algébrico, ou seja, ajuda na compreensão da matemática, visto que os dois jogadores trabalham colaborativamente formando sequências de figuras com cores diferentes e quantidades iguais ou com quantidades diferentes de chocolates de mesma cor. A visualização matemática é aplicada pelo relacionamento de figuras com números múltiplos de 2, de 3 e da unidade.

Menezes (2020) expôs, em sua dissertação de mestrado, o relatório de uma pesquisa realizada no Instituto Federal de Pernambuco, *Campus* Palmares, tendo como sujeitos da pesquisa professores de matemática, computação e estudantes de cursos técnicos subsequentes. Foi desenvolvido e aplicado um jogo

denominado “Mundo de João”. Os resultados da pesquisa ressaltaram a necessidade de reforçar a aprendizagem de matemática básica nas turmas iniciais dos referidos cursos e também demonstraram a capacidade do uso de jogos de imergir os estudantes em uma aprendizagem significativa, ou seja, de ampliar os conhecimentos dos estudantes a partir de seus conhecimentos anteriores. O jogo usa a visualização matemática ao relacionar a visualização de representações gráficas do transporte de cana de açúcar e de outros produtos com cálculos matemáticos.

Vemos então que existem alguns jogos que relacionam visualizações com conteúdos de aritmética e são geralmente dedicados aos alunos dos anos iniciais do ensino fundamental. Entretanto, também são abordados conteúdos matemáticos mais aprofundados em outros jogos sérios como se pode ver a seguir. Encontramos textos sobre jogos com temas matemáticos de vetores, conjuntos, função exponencial, progressão geométrica, análise combinatória e grafos.

Pires *et al.* (2019) descreveram a elaboração do protótipo do jogo digital denominado *Arrow* que auxilia o aprendizado do conteúdo matemático dos vetores. O jogo foi experimentado por estudantes de Tecnologia da Informação do grau técnico e do bacharelado. Os resultados da análise confirmaram o interesse dos alunos na abordagem de jogos e mostrou-se satisfatório como forma de incentivo ao desenvolvimento das habilidades relacionadas a vetores. O jogador usa visualização matemática quando relaciona coordenadas cartesianas com a visualização dos vetores.

Lais *et al.* (2023), em artigo recente, apresentaram o jogo educacional “Enigma Pirata” destinado a alunos finalistas do ensino fundamental II para aprendizagem da Teoria dos conjuntos e desenvolvimento do Pensamento Computacional. Os autores consideram que diante do contexto dos resultados de proficiência em matemática do último SAEB (Sistema de Avaliação da Educação Brasileira) que foram inferiores quando comparados com os de anos anteriores, o uso de jogos educacionais pode ser uma poderosa abordagem para engajar e motivar os estudantes. O jogo foi desenvolvido com base na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, tanto que o jogador sempre utiliza conhecimentos prévios das fases anteriores para resolver os desafios das fases seguintes. O jogo apresenta uma interface atrativa, o que contribui para a imersão dos jogadores e a internalização

do conteúdo proposto. O protótipo foi avaliado por 30 estudantes de uma disciplina do curso de Licenciatura em Computação da Universidade do Estado do Amazonas. Os resultados foram positivos quanto à *gameplay* (jogabilidade) mas com ressalvas em relação ao conteúdo educacional. O uso da visualização matemática é identificado quando o jogador deve realizar operações com conjuntos de representações gráficas de animais e frutas.

Já o artigo desenvolvido por Martarelli *et al.* (2021) exhibe o passo a passo de uma versão digital do jogo da senha, envolvendo conhecimentos matemáticos de análise combinatória e utilizando o recurso gráfico do *GeoGebra*. A versão do jogo usa seis cores distintas (azul, verde, vermelho, amarelo, rosa e roxo) das quais o jogador precisa escolher quatro e colocá-las numa ordem da esquerda para a direita. São visualizadas canetas coloridas, uma de cada cor das seis cores distintas. Os autores apresentaram esse jogo esperando que ele seja útil para trabalhar o conteúdo de análise combinatória tanto no ensino fundamental quanto no ensino médio e no superior. A aplicação da visualização matemática é percebida quando as permutações e combinações são feitas com conjuntos dos elementos visualizados no jogo (canetas coloridas).

Silva e Moraes (2023) mostraram, no seu artigo, a utilização do jogo digital *Hanoi-Towers* no ensino de matemática para 38 alunos do primeiro ano do ensino médio do curso técnico em Informática do Instituto Federal da Paraíba (IFPB). Os pesquisadores avaliaram que os alunos tiveram maior interação e obtiveram o desenvolvimento de conhecimentos e habilidades matemáticas, ou seja, maior compreensão da matemática. A visualização matemática também foi aplicada nesse jogo pois os alunos, com base nas visualizações dos passos do jogo, tentaram modelar uma função exponencial como lei de formação para representar a dinâmica do jogo em termos matemáticos.

Ferreira e Oliveira (2021) desenvolveram uma pesquisa para responder a seguinte questão: quais resultados o jogo digital *Quiz PG* pode produzir a partir da sua utilização didática para o aprendizado do conteúdo de Progressão Geométrica (P.G.)? Os resultados da pesquisa indicaram uma gama de possibilidades de uso de jogos digitais no ensino e aprendizagem de matemática. Além disso, os autores consideraram que tanto os jogos educacionais quanto os comerciais são ambientes

interativos que podem proporcionar boas aprendizagens e precisam ser mais explorados por professores e alunos nas aulas de Matemática. O jogo *Quiz PG* usa um pouco da visualização matemática ao apresentar ao jogador imagens fractais que têm relação com progressões geométricas.

Honda *et al.* (2022) mostraram o jogo educacional “Cadê minha pizza?” que visa estimular a aprendizagem de matemática e o desenvolvimento do pensamento computacional por meio do conteúdo matemático dos grafos. O objetivo do jogador é entregar pizzas nos locais indicados, utilizando implicitamente o percurso de grafos, caminho mínimo e alocação de recursos. Conforme os autores, o jogo apresentado é um protótipo que terá sua implementação finalizada e será futuramente testado com seu público alvo – alunos do ensino médio. O jogo utiliza a técnica de visualização matemática, pois os grafos são elementos visuais da matemática que podem ser relacionados a situações do mundo real.

Aires *et al.* (2020) mostraram o uso do jogo educacional digital *Pharos* que visa auxiliar o ensino de Matemática nos cursos de licenciatura da Universidade Aberta do Brasil (UAB). O conteúdo matemático abordado envolve função quadrática, teorema de Pitágoras e sistema linear 2×2 . Os conteúdos educacionais são apresentados ao jogador por meio de modelos matemáticos e *puzzles*. Os modelos matemáticos têm o objetivo de mostrar ao jogador como a matemática se relaciona com características do mundo real. Conforme esses autores, o jogo *Pharos* ainda é um protótipo a ser validado por testes com alunos. Ocorre o uso da visualização matemática quando os conteúdos matemáticos são relacionados com situações da dinâmica do jogo, como, por exemplo, focar dois raios lasers em um ponto corresponde à solução de um sistema linear.

Finalmente, foram também identificados textos sobre jogos ligados à educação financeira e à modelagem matemática. Peres *et al.* (2019) analisaram o uso de jogos sérios para contribuir com a aprendizagem de conceitos introdutórios de Educação Financeira. Foi utilizado um jogo digital por estudantes e em seguida ocorreu a avaliação por meio de questionário para validar o jogo como material pedagógico. Como resultado conclui-se que o jogo cumpriu com sua meta de favorecer a aprendizagem dos conceitos propostos. O estudo da Educação Financeira envolve lidar com alguns conceitos matemáticos elementares. No caso do jogo

utilizado pode-se perceber a aplicação da visualização matemática quando o jogador simula fazer compras e tem que relacionar números (abstratos) com representações gráficas de produtos e dinheiro (coisas concretas).

Leite *et al.* (2020) apresentaram um estudo desenvolvido com o jogo sério “No\$\$\$o Dinheiro” que visa incentivar a prática da educação financeira no ensino fundamental. Foram realizadas uma pesquisa bibliográfica e uma pesquisa-ação, esta última conduzida com 18 estudantes de nível fundamental. Como resultado principal pode-se apontar que o jogo contribuiu para a aprendizagem dos conteúdos da disciplina em que ele foi aplicado, conforme os estudantes participantes, pois eles conseguiram identificar os elementos do sistema monetário brasileiro e realizar algumas das operações básicas da matemática. Os autores avaliaram que o jogo possui como grande diferencial a possibilidade do docente utilizar o jogo como uma ferramenta que complementa a sua prática pedagógica. Com ela o docente pode verificar as principais dificuldades de aprendizagem dos estudantes, identificando em cada nível, o número de acertos e erros. Com isso o docente pode mapear quais conteúdos podem ser reforçados em sala de aula ou, ainda, o uso de outras atividades pedagógicas que possam complementar as suas práticas. A aplicação da visualização matemática ocorre quando o estudante visualiza imagens de cédulas de dinheiro e faz operações matemáticas simples com os valores expressos nelas.

A maioria os textos selecionados na pesquisa incluem figuras que mostram a aplicação da visualização matemática nos jogos digitais. Aqui não reproduzimos essas figuras, podendo o leitor interessado consultar os textos na internet.

Enfim, percebemos uma diversidade de conteúdos matemáticos abordados nos jogos, todos eles expostos mediante a visualização matemática. Mas notamos, nos textos pesquisados, a falta do reconhecimento e da análise dos efeitos da visualização na aprendizagem da matemática. Os efeitos sobre os jogadores/alunos são atribuídos aos jogos, ao uso da tecnologia digital, sem levar em conta a visualização matemática.

2.3.5 Resultados da revisão

Observamos, na análise dos conteúdos dos vinte e dois textos selecionados, que todos tratam de jogos digitais com aplicação da visualização matemática, seja de modo mais intenso ou sutil.

Alguns desse jogos ainda não foram suficientemente avaliados. Entretanto, outros têm sido e percebe-se dessas avaliações que se destacam alguns pontos derivados das conclusões e considerações dos pesquisadores: o jogo educativo levou os estudantes a um desempenho superior nas tarefas de identificação de formas geométricas e aritmética; o interesse dos alunos na abordagem de jogos; o jogo auxilia na aprendizagem de matemática; o uso de jogos educacionais pode ser uma poderosa abordagem para engajar e motivar os estudantes. E ainda mais: as atividades matemáticas do jogo podem contribuir para o ensino de matemática de forma lúdica; o jogo pode contribuir para o desenvolvimento do pensamento algébrico; o jogo pode ser um recurso pedagógico em sala para abordar os conteúdos especificados e estimular o raciocínio lógico dos estudantes.

Finalmente, também se percebeu a capacidade do uso de jogos para imergir os estudantes em uma aprendizagem significativa e que tanto os jogos educacionais quanto os comerciais são ambientes interativos que podem proporcionar boas aprendizagens e precisam ser mais explorados por professores e alunos nas aulas de Matemática e também que o jogo é divertido e adequado para ser utilizado em sala de aula.

Vemos que essas considerações levam em conta os efeitos do ambiente dos jogos digitais sobre a aprendizagem, mas, em nenhum momento ponderam o valor da técnica usada para apresentação dos conteúdos matemáticos. Como síntese desses dados, podemos inferir a existência de cinco variáveis que resumem os principais efeitos sobre os alunos (ou jogadores) que experimentaram os jogos: motivação; entretenimento; compreensão da matemática; estímulo do raciocínio lógico; ajuda na resolução de problemas.

Então, de posse da síntese dos dados extraídos dos textos selecionados, passamos a responder às questões norteadoras da revisão. **QN1:** Existem textos acadêmicos brasileiros, publicados de 2019 a 2023, que se referem ao uso de jogos

educacionais digitais com aplicação da visualização matemática? Sim. A revisão da literatura que fizemos selecionou 22 textos sendo 20 artigos e 2 monografias que se referem ao uso de jogos educacionais digitais com aplicação da visualização matemática.

QN2: Os textos pesquisados avaliam o efeito dos jogos sobre os estudantes? Sim. Os textos selecionados apresentaram conclusões e considerações de que os jogos educacionais digitais podem ser divertidos, lúdicos, ambientes interativos (entretenimento), podem despertar o interesse dos alunos, trazendo engajamento e motivação; auxiliar na aprendizagem de matemática (compreensão), melhorar o desempenho e estimular o raciocínio lógico dos estudantes (ajuda na resolução de problemas) e têm a capacidade de imergir os estudantes em uma aprendizagem significativa.

QN3: Os textos pesquisados fazem considerações específicas sobre a visualização matemática e seu uso? Não. Os textos selecionados não apresentaram nenhuma consideração específica sobre a visualização matemática e seu uso. **QN4:** Os textos pesquisados avaliam os efeitos do uso da visualização matemática sobre os estudantes? Não. As avaliações dos efeitos dos jogos educacionais digitais, expostas nos textos selecionados, não evidenciam, de modo direto, relações entre a aplicação da visualização matemática e os referidos efeitos.

2.3.6 Discussão dos resultados da revisão

A análise dos dados mostrou claramente que a aplicação da visualização matemática ocorreu em todos os jogos que são referenciados nos textos selecionados na revisão, em alguns de modo mais intenso e noutros de modo mais sutil. Sete textos mostram aplicação da visualização geométrica, a mais comum, pois a geometria tem um caráter essencialmente visual. Os demais textos mostram a aplicação da visualização relacionada a conteúdos aritméticos, bem como a temas matemáticos de vetores, conjuntos, função exponencial, progressão geométrica, análise combinatória, grafos, educação financeira e modelagem matemática. Portanto, a aplicação da visualização matemática mostrou-se relacionada a uma diversidade de conhecimentos.

Entretanto, notamos uma lacuna no conhecimento quando os textos não se referem especificamente à visualização matemática nem a relacionam com os considerados efeitos dos jogos digitais na aprendizagem. Isto aponta para a necessidade de realização de maiores estudos sobre a aplicação dessa técnica de Educação Matemática no ambiente dos jogos educacionais digitais, pois deve-se verificar a relevância da aplicação dessa técnica para a aprendizagem da matemática visando dosar adequadamente o seu uso em jogos educacionais digitais.

Devemos também considerar a possível influência nos resultados da revisão da literatura de ameaças à validade como deficiências na escolha das bases de dados, na definição da *string* de busca e na extração e síntese dos dados.

Evidentemente já foi mostrado em outras pesquisas que os jogos digitais têm influência na aprendizagem. Sendo assim, percebemos a necessidade de realizar um experimento, como ponto de partida da tentativa de esclarecer quais os reais efeitos da visualização matemática no ambiente dos jogos digitais e consequentemente qual a sua efetividade como ferramenta de aprendizagem da matemática. Queremos verificar se os efeitos identificados na revisão da literatura se devem exclusivamente ao ambiente dos jogos digitais ou se a visualização matemática tem influência nesses efeitos

3 METODOLOGIA

3.1 PROBLEMATIZAÇÃO

Diante dos resultados da revisão sistemática da literatura, com a percepção da existência de uma lacuna no conhecimento sobre a aplicação da visualização matemática nos jogos educacionais digitais, nos colocamos frente a um problema que deve ser estudado: Verificar se os efeitos sobre os estudantes da visualização matemática aplicada por meio de jogos educacionais digitais influenciam numa melhor aprendizagem da matemática.

Então, tomamos como variáveis independentes do problema alguns dos mais importantes efeitos experimentados pelos estudantes devido aos jogos identificados na revisão da literatura: motivação (x_1), entretenimento (x_2), compreensão da matemática (x_3), estímulo do raciocínio lógico (x_4), ajuda na resolução de problemas (x_5) e como variável dependente a eficácia para a aprendizagem da matemática (y).

Trabalhando a relação entre as variáveis independentes e a variável dependente, conseguimos identificar o problema que tomou a forma da seguinte questão de pesquisa: A aplicação da visualização matemática nos jogos educacionais digitais traz, para os estudantes, motivação, entretenimento, compreensão da matemática, estímulo do raciocínio lógico e ajuda na resolução de problemas e, portanto, pode ser considerada eficaz para a aprendizagem da matemática?

Criamos, em seguida, uma hipótese de solução do problema, considerando que se comprovados os efeitos sobre os estudantes de motivação, entretenimento, compreensão da matemática, estímulo do raciocínio lógico e ajuda na resolução de problemas devido à aplicação da visualização matemática por meio dos jogos educacionais digitais, então, existem evidências suficientes para que fique comprovada a eficácia da visualização matemática para a aprendizagem da matemática.

A partir desse ponto tornou-se necessário testar essa hipótese e para isso planejamos detalhadamente um experimento consistindo no desenvolvimento de um jogo educacional digital pelo pesquisador, com forte ênfase na aplicação da

visualização matemática, para ser avaliado qualitativamente por educadores no que se refere ao uso dessa técnica da Educação Matemática por meio do jogo. O resultado do experimento poderá validar ou falsear a nossa hipótese de solução do problema estudado.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Quanto aos participantes da pesquisa, além do próprio pesquisador, que trabalhou inclusive como desenvolvedor do jogo (programa de computador), houve a participação de 14 educadores ligados ao ensino da matemática para experimentar o jogo e avaliar a aplicação da visualização matemática nele. O grupo dos educadores foi composto de 12 professores em atividade, com dois atualmente em funções de coordenação ou direção. Sendo que todos já vivenciaram a experiência do ensino da matemática em sala de aula. Participaram também da pesquisa dois estudantes de licenciatura em matemática. Os educadores exercem suas atividades profissionais nas cidades de Presidente Prudente/SP, Bauru/SP, Campinas/SP, Salvador/BA, Aracaju/SE e Maceió/AL.

Como o tempo disponível para a pesquisa era curto, impedindo que o jogo fosse avaliado por diversas turmas de alunos, optou-se por delegar a avaliação para educadores experimentados em sala de aula, inclusive alguns alunos de licenciatura em matemática, ficando a cargo deles testá-lo ou não com seus alunos.

Os instrumentos (materiais) utilizados nesta pesquisa foram o jogo educacional digital e um questionário com oito questões, sendo uma questão aberta e as outras de múltipla escolha. As questões abordaram os possíveis efeitos sobre os alunos da aplicação da visualização matemática por meio do jogo.

Quanto à caracterização da pesquisa, conforme os ensinamentos de Gil (2021, p. 57-60), foi desenvolvida uma pesquisa de natureza aplicada, com objetivo descritivo e abordagem qualitativa. A natureza aplicada ocorre porque visualização matemática e programação de computadores são tecnologia e não são ciência pura. Já o objetivo descritivo porque foi estudada a relação entre as variáveis independentes e a variável dependente e a abordagem qualitativa porque a relação entre as variáveis

independentes e a variável dependente foi avaliada apenas de modo qualitativo, mediante respostas subjetivas a um questionário.

Quanto aos procedimentos, foi desenvolvida uma pesquisa pré-experimental, ou seja, um experimento para o qual não foi determinada rigorosamente uma amostragem segundo as técnicas da estatística nem existiu grupo controle nem comparação com outros estudos, de acordo com Gil (2021, p. 59-60). Apenas pretendeu-se obter uma quantidade considerável de informações para chegar a uma conclusão sobre a relação entre as variáveis independentes e a variável dependente que signifique um ponto de partida para futuras e mais rigorosas pesquisas sobre o tema.

O experimento ocorreu do seguinte modo: primeiramente foi feito o planejamento usando um *Game Design Document* (GDD). Em seguida, foi desenvolvido o programa de computador do jogo e do módulo de customização. O terceiro passo foi a elaboração do questionário. Depois os educadores tiveram acesso ao jogo e puderam experimentá-lo. Após experimentar o jogo, os educadores o avaliaram e responderam o questionário. Finalmente o pesquisador fez a tabulação dos dados e o relatório final da pesquisa.

3.3 PLANEJAMENTO DO JOGO EDUCACIONAL

Na pesquisa encontramos jogos educacionais com dinâmicas e mecânicas variadas, alguns com histórias e personagens, outros bem mais simples. Optamos por projetar um jogo simples, mas, diferenciado por ser inteiramente voltado para a visualização matemática. Um *quiz* com questões apresentadas de forma gráfica para expor intensamente os estudantes à visualização matemática. Consideramos nossa iniciativa válida diante da carência de estudos relacionando jogos digitais e visualização matemática. Então, o jogo que projetamos pode ser uma contribuição relevante para o estudo dessa técnica da Educação Matemática.

O planejamento do jogo consistiu no desenvolvimento do *Game Design Document* (GDD). O GDD será completamente apresentado no Apêndice I e aqui vamos expor seus principais itens. Através do GDD planejamos os diversos elementos do jogo, pois de acordo com Boller e Kapp (2018, p.17-19) são importantes no

planejamento de um jogo as definições de sua dinâmica central e mecânicas. A dinâmica central é aquilo que o jogador precisa fazer para alcançar o estado de vitória ou atingir uma meta estabelecida. As mecânicas são as regras definidas para o jogo.

Planejamos um jogo educacional digital denominado “Desafios Matemáticos”, na forma de um *quiz*, com 5 níveis de dificuldade, cada um com 10 questões apresentadas na forma de gráficos ou imagens. Para cada resposta correta o jogador ganha 10 pontos no seu *score*.

Como o nosso trabalho relaciona Ciência da Computação com Educação Matemática então, do ponto de vista educacional, seria necessário estabelecer parâmetros para avaliar o impacto positivo na educação do jogo com aplicação de visualização matemática.

Conforme Filatro e Cairo (2016, p. 261-262) um jogo educacional impacta positivamente a educação quando leva o jogador a atingir o estado de fluxo, uma condição mental de intensa concentração na qual tarefas antes consideradas difíceis se tornam fáceis e tudo o que se faz é altamente prazeroso.

A literatura sobre jogos educacionais aponta o reforço como um dos fenômenos psicológicos capazes de levar o jogador a gastar seu tempo e energia na tentativa de dominar o sistema do jogo. Sendo assim, as mecânicas do jogo apoiam-se num sistema de recompensas, baseados nos valores do *status*, posição relativa de um jogador em relação a outros; acesso, possibilidade de obter privilégios; poder, controle sobre outros usuários por meio de direitos diferenciados dentro do sistema do jogo; “coisas”, itens recebidos gratuitamente em troca de algumas operações ou conquistas no jogo. Sendo assim, planejamos um jogo para explorar pelo menos um desses valores como recompensa para o jogador.

Podemos também considerar a experiência de jogar esse tipo de jogo como ligada à aprendizagem significativa, teorizada por *David Paul Ausubel* (1918-2008), pois o jogador consegue uma aprendizagem de elementos da matemática que devem fazer sentido para ele a partir de seus conhecimentos prévios, visto que para conseguir uma boa pontuação no jogo é preciso compreender a relação entre gráficos e expressões numéricas, algébricas e outras.

Por outro lado, também podemos entender a experiência de jogar como construtivista, nos termos do Construtivismo individualista de *Jean Piaget* (1896-

1980), pois ocorre um processo pelo qual o jogador constrói o seu conhecimento de matemática a partir de sua interação com o mundo exterior, no caso o jogo digital (Filatro; Cairo, 2016, p. 43-47).

Verificamos ainda que o Construcionismo, influenciado por Jean Piaget (1896-1980) e iniciado por Seymour Papert (1928-2016), estuda o desenvolvimento e o uso da tecnologia, em especial do computador, na criação de ambientes educacionais e é uma estratégia para a educação que compartilha a ideia construtivista de desenvolvimento cognitivo como um processo ativo (Maltempi, 2012, p. 287-288) e também que a união do potencial dos jogos com a informática e as ideias construcionistas podem criar um terreno fértil para pesquisas na Educação Matemática (Emerique, 1999 *apud* Maltempi, 2012, p. 305).

Ponderamos que as variáveis ligadas aos efeitos da visualização matemática sobre os estudantes (motivação, entretenimento, compreensão da matemática, estímulo do raciocínio lógico e ajuda na resolução de problemas) podem ser consideradas como relacionadas com as teorias educacionais citadas. Assim vejamos, o estado de fluxo pode ser interpretado como um estado de alta motivação e entretenimento do estudante; o reforço também envolve motivação; a aprendizagem significativa envolve compreensão com base em conhecimentos anteriores; a construção do conhecimento necessita da compreensão e do estímulo do raciocínio lógico e por fim o Construcionismo usa a tecnologia para facilitar a construção do conhecimento e para e ajudar o estudante na resolução de problemas. Portanto, podemos considerar que a produção de um jogo educacional digital é uma contribuição para o campo da Educação Matemática.

Por tudo isso, entendemos que planejar esse jogo nos proporcionou um conhecimento que poderemos compartilhar com outros pesquisadores, tanto sobre a visualização de elementos da matemática quanto sobre as dificuldades para o planejamento e desenvolvimento de um jogo educacional digital, bem como a oportunidade de investigar na prática os efeitos sobre jogadores/estudantes da utilização desse jogo sério repleto de visualização matemática.

3.4 DESENVOLVIMENTO DO JOGO EDUCACIONAL

Após o planejamento ocorreu o desenvolvimento do jogo. Não utilizamos nenhuma *engine* para produzir o jogo. Fizemos um programa de computador na linguagem de programação *Python* usando a biblioteca *pygame*. Inicialmente, na versão 1 (v 0.01) o jogo foi projetado como um programa orientado a objetos, mas, já na versão 3 (v 0.03) optou-se pelo paradigma de programação estruturada, com funções e módulos em vez de objetos, tornando o programa mais rápido e estável. O código fonte do programa está disponível em <https://github.com/pfccr/DesafiosMat>. Algumas imagens das interfaces com o usuário estão no Apêndice II.

Para permitir a customização do jogo desenvolvemos um programa auxiliar em *Python* denominado DMPProf (Módulo do Professor). Através dele o professor pode criar um jogo personalizado para os seus alunos, mudando as questões e respostas do jogo bem como o tempo para resposta das questões, mas, mantendo a estrutura com 5 níveis, sendo cada nível com 10 questões, tempo de resposta uniforme para todas as questões e todas as questões expostas na forma de gráfico ou imagem. Atualmente o Módulo de Professor está na versão 2 (v 0.02) e a diferença dessa para a versão 1 (v 0.01) é a inclusão de um editor próprio para a alteração das respostas das questões, como alternativa à alteração via Bloco de Notas do Sistema Operacional.

4 RESULTADOS DO EXPERIMENTO E SUA DISCUSSÃO

4.1 RESULTADOS

A pesquisa foi realizada de 05 de julho a 20 de setembro de 2024. Logo em seguida as respostas dos questionários foram tabuladas, agregando-se as respostas em duas tabelas: uma das respostas relativas às variáveis independentes e outra com as respostas à questão aberta.

Tabela 7 - Respostas referentes às variáveis independentes

Participante	Variáveis Independentes				
	Motivação	Entretenimento	Compreensão da matemática	Estímulo do raciocínio lógico	Ajuda na resolução de problemas
1	B	B	MB	MB	M
2	B	B	B	MB	S
3	B	MB	RG	MB	S
4	MB	B	MB	MB	S
5	B	MB	B	MB	MM
6	MB	B	MB	MB	M
7	B	B	B	B	S
8	B	B	B	MB	M
9	MB	MB	MB	MB	M
10	B	B	B	MB	S
11	B	MB	B	MB	MM
12	MB	MB	MB	MB	M
13	B	B	B	MB	S
14	MB	B	R	MB	S

Fonte: O autor.

Legendas: B(Bom), MB(Muito bom), RG(Regular), R(Ruim), M(Muito), MM(Mais ou menos), S(suficiente).

As variáveis motivação, entretenimento, compreensão da matemática, estímulo do raciocínio lógico e ajuda na resolução de problemas são muito difíceis de serem quantificados com precisão. Por isso as respostas dadas pelos educadores para avaliar essas variáveis são subjetivas. Existem parâmetros de avaliação das variáveis (muito bom, bom, regular, muito, suficiente, ...), mas, eles não são matematicamente precisos. Apenas indicam que o participante admite a existência de um determinado efeito numa ordem de grandeza definida com pouca precisão.

As avaliações dos educadores foram muito positivas para as variáveis independentes motivação, entretenimento e estímulo do raciocínio lógico ficando sempre em Bom ou Muito Bom. Já quanto à compreensão da matemática ocorreram duas avaliações com Regular e Ruim, embora a maioria das avaliações dessa variável tenha ficado em Bom e Muito Bom. Para a variável ajuda na resolução de problemas as avaliações variaram entre: Muito (5 avaliações), Mais ou menos (2 avaliações) e Suficiente (7 avaliações). Podemos concluir desses resultados que, conforme os educadores que responderam essa parte do questionário, a visualização matemática traz para os estudantes, por meio do jogo educacional digital, motivação, entretenimento, compreensão da matemática, estímulo do raciocínio lógico e ajuda na resolução de problemas.

Tabela 8 - Respostas para a questão aberta

Participante	Síntese da resposta
1	Vejo como uma boa ferramenta que, mediada pelo professor, permite trabalhar conceitos importantes de matemática através da visualização de gráficos.
2	O jogo traz uma boa dinâmica no processo de aprendizagem do estudante e cultiva e desperta a curiosidade e o senso de desafio.
3	O jogo é uma ótima ferramenta para trabalhar de forma lúdica assuntos básicos matemáticos, utilizando a ótica como principal sentido para desvendar as questões do jogo. A aplicação desse tipo de metodologia de resolução de problemas por meios lúdicos com certeza aproxima os jovens alunos, que muito se interessam por jogos e coisas do mundo digital, além de mostrar a aplicabilidade visual das abstrações algébricas ensinadas em aula.
4	O jogo é muito criativo, pois ajuda na compreensão da linguagem matemática.
5	Em alguns momentos a representação gráfica, para mim, não fez sentido com as alternativas propostas, talvez falte mais alguma

	orientação nas imagens com relação à escolha da alternativa. Eu sou uma pessoa muito visual então gostei desse tipo de abordagem.
6	O jogo estimula o estudante a tentar resolver e entender o assunto matemático aplicado.
7	O jogo é interativo e educativo, contribuindo para a aprendizagem dos alunos de maneira eficaz.
8	A proposta do jogo é interessante pois estimula o aluno a pensar em conceitos matemáticos a partir da visualização de imagens e gráficos. A possibilidade do professor realizar alterações no jogo, como tempo, imagens e questões é um ponto positivo.
9	O jogo é simples, direto e bom. Acredito que o ponto forte é a compreensão e a intuição de conectar a imagem, o conceito trabalhado com a resposta.
10	O jogo pode ser motivador e facilitador da aprendizagem no que diz respeito a construção e consolidação de conhecimentos matemáticos. A contagem de pontos (score) e o senso de competitividade dos alunos estimula o engajamento e o empenho na utilização do jogo.
11	De forma geral, a visualização faz muita diferença na forma com que os alunos (estudantes) interagem com o jogo e como assimilam os conteúdos.
12	O jogo é muito bom e estimulante para o desenvolvimento dos alunos, uma forma de aprender jogando.
13	Os alunos serão incentivados a interpretar as imagens, identificar padrões, relacionar esses padrões com expressões e fórmulas matemáticas. Logo, os desafios propostos no trabalho auxiliam no desenvolvimento das habilidades de pensamento crítico, pois é necessário justificar suas conclusões com base em evidências visuais e resgate de conceitos já aprendidos.
14	O jogo torna o estudo da matemática mais atrativo e envolvente para os estudantes.

Fonte: O autor.

Nas respostas da questão aberta (“Escreva aqui sua avaliação pessoal sobre o jogo ‘Desafios Matemáticos’ e sobre a aplicação da visualização matemática em jogos educacionais digitais”) percebemos um aspecto diferente do encontrado nas respostas das questões fechadas. Enquanto pelas respostas para as questões fechadas confirma-se que a visualização matemática causa os efeitos esperados nos estudantes, pelas respostas à questão aberta apenas sete educadores consideram como causa dos efeitos a visualização e sete consideram como causa o jogo. Portanto, pode-se perceber, pelas respostas à questão aberta, que a atribuição dos efeitos sobre os estudantes à visualização não é unânime. Metade dos educadores consideram simplesmente o jogo como causa dos efeitos.

4.2 DISCUSSÃO

Embora estudos recentes de pesquisadores como Cifuentes e Santos (2019), Flores, Wagner e Buratto (2012) e Alencar, Cândido e Farias (2019) tenham estudado a visualização matemática de forma relativamente genérica, não percebemos na literatura ênfase para o estudo da aplicação desta técnica por meio dos jogos educacionais digitais.

Considerando as definições de visualização matemática obtidas da literatura, vemos que, principalmente duas delas, “processo de formação de imagens (mentais, ou com lápis e papel, ou com o auxílio de tecnologias) e utilização dessas imagens para descobrir e compreender matemática”; “forma de pensamento que torna visível aquilo que se vê, extraindo padrões das representações” aplicam-se ao que ocorre quando educadores (ou alunos) experimentam o jogo, pois eles somente podem resolver as questões se as entenderem a partir dos gráficos ou imagens, relacionando-os com expressões numéricas ou algébricas. Também a percepção de padrões nesses gráficos facilita o entendimento do conteúdo matemático.

Assim, analisando a experiência dos educadores diante do jogo, pelos parâmetros da literatura, seria possível inferir que a visualização matemática causaria efeitos positivos sobre as pessoas, no que se refere à aprendizagem de matemática.

Entretanto, as respostas dadas para a questão aberta sugerem que os educadores não estão, em sua totalidade, convencidos de que foi o uso de uma técnica de Educação Matemática que permitiu os resultados positivos nos estudantes e boa parte deles atribuiu os efeitos somente ao ambiente do jogo, pois este último é naturalmente interativo, estimulante e desafiador.

5 CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Após realizarmos uma revisão sistemática da literatura sobre o tema e identificarmos a existência de uma lacuna de conhecimento no que se refere à aplicação da visualização matemática por meio de jogos educacionais digitais, realizamos um experimento para verificar se os principais efeitos causados sobre os jogadores/estudantes (motivação, entretenimento, compreensão da matemática, estímulo do raciocínio lógico e ajuda na resolução de problemas), identificados na revisão da literatura, têm como causa a visualização matemática, o que nos levaria a inferir a eficácia dessa técnica para a aprendizagem da matemática.

Porém, os resultados do experimento não se mostraram inteiramente convincentes, pois em determinado momento os educadores atribuíram os efeitos à visualização matemática e em outro ao jogo.

Esses resultados ambíguos merecem uma reflexão sobre suas causas e consequências. Em um primeiro cenário, poderíamos atribuir a ambiguidade a falhas na pesquisa: o escopo da revisão sistemática que identificou a lacuna no conhecimento restrito a cinco anos ou falhas no planejamento do jogo educacional digital, criando um ambiente em que a forte ênfase na aplicação da visualização matemática não fosse percebida pelos educadores. Podem também ter ocorrido falhas na elaboração do questionário: talvez um maior número de questões abertas poderia ter ajudado os educadores a se expressar de modo mais claro sobre o tema. Existe também a possibilidade de os educadores, apesar de sua experiência em sala de aula, terem falhado em avaliar subjetivamente quais os efeitos da visualização matemática na aprendizagem.

Já num segundo cenário, supondo que o planejamento da pesquisa não teve grandes falhas, então, qual seria a causa da ambiguidade nas opiniões dos educadores? Não temos certeza das causas dessa ambiguidade. Sendo assim, seja qual for o cenário ocorrido, o experimento não confirmou a validade da nossa hipótese de solução do problema proposto.

Portanto, sugerimos a realização futura de maiores e mais precisas pesquisas para verificar o valor da aplicação dessa técnica de Educação Matemática por meio dos jogos educacionais digitais. Primeiramente, a realização de uma revisão

sistemática da literatura com um escopo de 10 anos, para identificar de modo mais preciso a existência de estudos sobre a aplicação da visualização matemática em jogos educacionais digitais.

Em segundo lugar, a realização de pesquisas experimentais (ver proposta sucinta de pesquisa experimental no apêndice III), com amostras dimensionadas por técnicas da Estatística e o uso de mais variáveis para, possivelmente, estabelecer um panorama mais claro sobre o valor do uso da visualização matemática em jogos educacionais digitais, contribuindo para o desenvolvimento dessa técnica.

Devemos também considerar a importância da realização de futuras pesquisas com estudantes, que são o público-alvo da aplicação da visualização matemática. Possivelmente, estas pesquisas avaliarão com maior precisão os reais efeitos da aplicação da visualização matemática para o ensino e aprendizagem de matemática.

REFERÊNCIAS

AIRES, Samanta; MADEIRA, Charles; SANTOS, Gisélia; NASCIMENTO, Nathanael. *Pharos*: um jogo educacional digital inovador para auxiliar no ensino e aprendizagem da Matemática. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (CBIE 2020). **Anais dos Workshops do IX Congresso Brasileiro de Informática na Educação** (WCBIE 2020), SBC, 2020, p. 232-239. Disponível em: https://sol.sbc.org.br/index.php/cbie_estendido/article/view/13050/12903. Acesso em: 6 abr. 2024.

ALENCAR, Hilário; CÂNDIDO, Larissa; FARIAS, Milena. Resoluções Visuais de Alguns Problemas de Matemática da Educação Básica. **PMO**, v. 7, n. 1, 2019. DOI: <https://doi.org/10.21711/2319023x2019/pmo71>. Disponível em: <https://doi.org/10.21711/2319023x2019/pmo71>. Acesso em: 28 maio 2024.

ALMEIDA, Henrique Wakimoto de; SILVA, Josimara Cristina da; LINS, Heloísa Andreia de Matos. Criação de jogo matemático digital com crianças e jovens surdos: contribuições da pedagogia visual. **Revista Cocar**, v. 13, n. 27, set./dez. 2019, Belém/PA, p. 399-422. Disponível em: <https://periodicos.uepa.br/index.php/cocar/article/view/2845/1259>. Acesso em: 6 abr. 2024

ALVES, Adriana G.; CHAVES, Jonathan E.; CORDEIRO, Alexandre M. Interface tangível com Material Dourado em jogo digital de aprendizagem de matemática. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO. **Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação** (SBIE 2020), p. 612-621. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/sbie/article/view/12817/12671>. Acesso em: 6 abr. 2024.

ALVES, Álisson de Oliveira; MORYA, Edgard; SIGNORETTI, Alberto; OLIVEIRA, Felipe Denis Mendonça de; PARADEDA, Raul Benites. Aprendendo matemática através de um jogo digital. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, Curitiba/PR, março 2020, p. 9822-9839. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-020>. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-020>. Acesso em: 6 abr. 2024.

BOLLER, Sharon; KAPP, Karl. **Jogar para Aprender**: tudo o que você precisa saber sobre o design de jogos de aprendizagem eficazes. São Paulo: DVS, 2018, p. 17, 49.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: https://www.gov.br/mec/pt-br/escola-em-tempo-integral/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal.pdf. Acesso em: 15 abr. 2024.

CARVALHO, Vitor Ramos de; LIMA, Phyllipe; SILVA, Heloisa; SEABRA, Rodrigo Duarte; MERLI, Renato Francisco. *GeoMemory*: jogo digital de memória para o estudo das formas geométricas. **Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE)**, v. 21, n. 2, dezembro, 2023, p. 319-330. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/137753/90940>. Acesso em: 6 abr. 2024.

CASTRO, Juscileide Braga de; CASTRO FILHO, José Aires de; MEDEIROS, Márcia Duarte; OLIVEIRA, Rayssa Melo de; NASCIMENTO, Gabriel Marques do; LEITE, Isadora Bruno. Chocomática inauguração: um Recurso Educacional Digital para aprendizagem colaborativa de Álgebra nos anos iniciais. In: **Anais do VI Congresso sobre Tecnologias na Educação (Ctrl+E 2021)**. SBC, 2021, p. 458-464. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/ctrl-e/issue/view/832>. Acesso em: 7 abr. 2024.

CIFUENTES, J.C.; SANTOS, A. H. dos. Da Percepção à Imaginação: aspectos epistemológicos e ontológicos da visualização em matemática. **Revista Educere Et Educare**, vol. 15, n. 33, set./dez. 2019. DOI: <https://doi.org/10.17648/educare.v15i33.22530>. Disponível em: <https://doi.org/10.17648/educare.v15i33.22530>. Acesso em: 12 julho 2023.

DAMACENO JÚNIOR, Gilberto Batista; NERY FILHO, Jesse; PINHEIRO, Maria Talita R. Jogos digitais no ensino da matemática: uma revisão da literatura. **Anais estendidos do XXII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital**. SBC, 2023, p. 804-813. Disponível em: https://sol.sbc.org.br/index.php/sbgames_estendido/article/view/27870/27680. Acesso em: 12 maio 2024.

FERRAZ, Ana Paula do Carmo Marcheti; BELHOT, Renato Vairo. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. **Gestão & Produção**, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010, São Carlos/SP. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/bRkFgcJqbGCDp3HjQqFdqBm/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 19 jun. 2024.

FERREIRA, Williane Costa; OLIVEIRA, Carloney Alves de. O Jogo Digital Quiz PG nas Aulas de Matemática: possibilidades para o ensino e aprendizagem de progressão geométrica. **Revista de Educação Matemática (REMAT)**, v. 18, 2021, São Paulo/SP, p. 1-20. DOI: <https://doi.org/10.37001/remat25269062v17id489>. Disponível em: <https://doi.org/10.37001/remat25269062v17id489>. Acesso em 8 abr. 2024.

FILATRO, Andrea; CAIRO, Sabrina. **Produção de conteúdos educacionais**. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2016; 462 p.

FLORES, Cláudia Regina; WAGNER, Débora Regina; BURATTO, Ivone Catarina Freitas. Pesquisa em visualização na educação matemática: conceitos, tendências e perspectivas. **Educação Matemática Pesquisa Revista do Programa de Estudos**

Pós-Graduados em Educação Matemática, v. 14, n. 1, p. 31-45, 2012. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/emp/article/view/8008>. Acesso em: 28 maio 2024.

GENTIL, Liara Alves. **As funções da Geometria em outros campos da Matemática**: Uma análise de livros didáticos. 2020. 106 f. Dissertação (Mestrado do Programa de Pós- Graduação em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, *Campus* de Rio Claro, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/items/bf5b8130-9eed-462a-a916-41d8dec6abef>. Acesso em: 24 abr. 2024.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2021. 230 p.

GODOY, Maria Clara Jaeger; SOUZA, Silvia Regina de; GRIS, Gabriele; CARMO, João dos Santos. Efeitos do jogo Korsan na aprendizagem de subtração em pré-escolares. **Revista ACTA COMPORTAMENTALIA**, v. 31, n. 2, 2023, Guadalajara/México, p. 255-274. Disponível em: <https://actacomportamentalia.cucba.udg.mx/index.php/acom/issue/view/6211>. Acesso em: 6 abr. 2024.

HONDA, Fabrizio; PIRES, Fernanda; PESSOA, Marcela; MAIA, Jucimar. Cadê minha Pizza? Um jogo para exercitar Matemática e Pensamento Computacional através de grafos. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE JOGOS E ENTRETENIMENTO DIGITAL. **Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital** (SBGames), SBC, 2022, p. 876-885. Disponível em: https://sol.sbc.org.br/index.php/sbgames_estendido/issue/view/1070. Acesso em: 6 abr. 2024.

KITCHENHAM, Barbara. Procedures for Performing Systematic Reviews. **Technical Report TR/SE-0401. Department of Computer Science**, Keele University and National ICT. Austrália, 2004. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=29890a936639862f45cb9a987dd599dce9759bf5>. Acesso em: 8 mar. 2023.

KITCHENHAM, Barbara; BRERETON, O. Pearl; BUDGEN, David; TURNER, Mark; BAILEY, John; LINKMAN, Stephen. Systematic literature reviews in software engineering – A systematic literature review. **Information and Software Technology**, Elsevier, 2008, p. 7-15. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009>. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.09.009>. Acesso em: 1 mar. 2023.

LAIS, Raquel; HONDA, Fabrizio; PIRES, Fernanda; QUEROGA, João; PESSOA, Marcela. Enigma pirata: um jogo para exercitar Matemática e Pensamento Computacional através da Teoria dos Conjuntos. In: **Anais Estendidos do XII Congresso Brasileiro de Informática da Educação**, SBC, 2023, p. 169-172.

Disponível em: https://sol.sbc.org.br/index.php/cbie_estendido/issue/view/1218. Acesso em: 6 abr. 2024.

LEITE, Gustavo Guterres; FREITAS, Infância Bônes de; BERTAGNOLLI, Silvia de Castro; MORAES, Márcia Amaral Correa de. No\$So Dinheiro: um jogo sério para introdução à educação financeira. **Revista de Educação, Ciência e Tecnologia (TEAR)**, v.9, n. 1, 2020, p.1-18. Disponível em: <https://periodicos.ifrs.edu.br/index.php/tear/issue/view/94>. Acesso em: 6 abr.2024.

LEIVAS, José Carlos Pinto. **IMAGINAÇÃO, INTUIÇÃO E VISUALIZAÇÃO: A RIQUEZA DE POSSIBILIDADES DA ABORDAGEM GEOMÉTRICA NO CURRÍCULO DE CURSOS DE LICENCIATURA DE MATEMÁTICA**. 2009. 294 f. Tese (Doutorado em Educação) – Instituto de Educação. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2009. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Jose-Leivas/publication/289376035_Tese_Leivas/links/568bffa008ae71d5cd04a59f/Tese-Leivas.pdf. Acesso em: 28 maio 2024.

LÓS, Adriana Freire da Silva. **A Visualização Matemática na Educação Básica: dos percursos teóricos à resolução de problemas do ENEM**. 2021. 122 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática da Rede Nacional) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Matemática. Maceió, 2021. Disponível em: <https://www.repositorio.ufal.br/handle/123456789/8200>. Acesso em: 14 mar. 2024.

MALTEMPI, Marcos Vinicius. Construcionismo: pano de fundo para pesquisas em informática aplicada à Educação Matemática. *In: BICUDO, Maria Aparecida Viggiani; BORBA, Marcelo de Carvalho (orgs.) et al. Educação Matemática: pesquisa em movimento*. 4 ed. São Paulo: Cortez, 2012, p. 287-307.

MARTARELLI, Luzia da Costa Tonon; SILVA, Fernando Grigorio da; SOUTO, Brendow Pena de Mattos; TAJIMA, Ubyrajara Carvalho. O jogo da senha no GeoGebra e suas atividades exploratórias em combinatória. **Revista do Instituto GeoGebra de São Paulo**, v. 10, n. 2, 2021, São Paulo/SP, p. 040-059. DOI: <https://doi.org/10.23925/2237-9657.2021.v10i2p040-059>. Disponível em: <https://doi.org/10.23925/2237-9657.2021.v10i2p040-059>. Acesso em: 6 abr.2024

MENEZES, Daniel Lisboa de. **Modelagem de jogo educacional digital para o ensino e a aprendizagem de matemática básica na educação profissional e tecnológica**. 120 f. Dissertação (Mestrado – Educação Profissional e Tecnológica / Programa de Pós-Graduação em Educação Profissional e Tecnológica (PROFEPT)) – Instituto Federal de Educação da Paraíba, João Pessoa/PB, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ifpb.edu.br/handle/177683/1064>. Acesso em: 6 abr.2024.

OLIVEIRA, Inácio Antônio Athayde. **Jogo Digital Matemático Bilíngue para Estudantes Surdos: Um Sistema Simbólico Predominantemente Visual**. 2022. 191 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Inclusiva - PROFEI) – Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” –

UNESP. Presidente Prudente/SP, 2022. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/b6c40ec2-8c7e-444c-a622-7033e83a9a24/content>. Acesso em: 6 abr. 2024.

ORTOLAN, Victor A.; MODESTO, Fábio Alexandre C. Desenvolvimento de jogo sério como ferramenta de apoio ao aprendizado de geometria no ensino médio. In: **Anais Estendidos do XXII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGAMES)**, SBC, 2023, p. 1029-1034. Disponível em: https://sol.sbc.org.br/index.php/sbgames_estendido/issue/view/1230. Acesso em: 6 abr. 2024.

PARMEGIANI, Lucas C.; FEITOSA, Juliana da C., BREGA, José R. F. Jogo Sério para Matemática sobre Geometria Euclidiana Plana In: **Anais do XXI Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital** (SBGames 2022). Disponível em: <https://scholar.google.com.br>. Acesso em: 7 abr.2024.

PERES, Camila; MILETTO, Evandro Manara; SANTICIOLI, Johnata Souza; CHIMURA, William; BERTAGNOLLI, Sílvia. A utilização de um jogo sério em aulas introdutórias à Educação Financeira. **Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE)**, v. 17, n.1, julho, 2019, p. 223-232. DOI: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.95728>. Disponível em: <https://doi.org/10.22456/1679-1916.95728>. Acesso em 08 abr. 2024.

PIRES, Glice Rocha; GUIMARÃES, Carlos Artur; BULCÃO, Jeanne da S. B.; CALISTO, Ana Patrícia R.; MADEIRA, Charles A. Galvão; CAMPOS, André M. C. Arrow: jogo digital para apoio à aprendizagem de vetores. In: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (CBIE 2019). **Anais do XXV Workshop de Informática na Escola** (WIE 2019), SBC, 2019, p. 1034-1043. DOI: <https://doi.org/10.5753/cbie.wie.2019.1034>. Disponível em: <https://doi.org/10.5753/cbie.wie.2019.1034>. Acesso em: 06 abr. 2024.

QUEIROS, Leandro Marques; GOMES, Alex Sandro; PEREIRA, José Wilson; CASTRO FILHO, José Aires de; SANTOS, Ernani Martins dos; SILVA NETO, Djalma Fernandes da. Enigmas de Yucatàn: recurso educacional digital para o ensino de geometria espacial. **Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE)**, v. 30, 2022, p. 108-134. DOI: <https://doi.org/10.5753/rbie.2022.2140>. Disponível em: <https://doi.org/10.5753/rbie.2022.2140>. Acesso em: 08 abr. 2024.

QUEIROZ, Micaeli Meira; REIS, Júlio César dos. A experiência da criação de um APP para uso em sala de aula: *Intersecting Lines*. **Revista de Matemática Aplicada e Interdisciplinar - INTERMATHS**, v. 3, n. 01, Jan-Jun 2022, Vitória da Conquista/BA, p. 210-226. DOI: <https://doi.org/10.22481/intermaths.v3i1.10721>. Disponível em: <https://doi.org/10.22481/intermaths.v3i1.10721>. Acesso em: 6 abr. 2024.

ROCHA, Paul Symon Ribeiro; OLIVEIRA, Wellyda Veras de. Jogos para o Ensino da Matemática: uma Revisão Sistemática da Literatura. In: ESCOLA REGIONAL DE COMPUTAÇÃO APLICADA À SAÚDE. **Anais da VII Escola Regional de Computação Aplicada à Saúde**, 2019. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/ercas/article/view/9072/8974>. Acesso em: 19 julho 2024.

SANTOS, Augusto Rizzo de; OLIVEIRA, Christian Domingos de; LIMA, José Ricardo Santos de; ALMEIDA, Gylmara Kylma Feitosa Carvalhêdo; MAGALHÃES, Yonara Costa; ALMEIDA, Will Ribamar Mendes. Jogo digital para aprendizagem dos números e das operações básicas de matemática para os anos iniciais do ensino fundamental. **Revista Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 16, n.2, São José dos Pinhais/PR, 2023, p. 944-963. Disponível em: <https://scholar.google.com.br>. Acesso em: 6 abr.2024.

SANTOS, Edivaldo Pinto dos; PRADO, Maria Elisabete Brisola Brito. O Uso de Jogos Digitais no Ensino da Matemática: um Estudo Bibliográfico. **Jornal Internacional de Estudos em Educação Matemática -JIEEM**, v. 14, n. 3-esp., 2021, p. 287-293. DOI: <https://doi.org/10.17921/2176-5634.2021v14n3p287-293>. Disponível em: <https://doi.org/10.17921/2176-5634.2021v14n3p287-293>. Acesso em: 21 julho 2023.

SANTOS, Sérgio Luís Tamássia dos; BÍSCARO, Helton Hideraldo. Revisão sistemática sobre a utilização de jogos sérios na aprendizagem de matemática. **Revista Eletrônica Paulista de Matemática**, Bauru/SP, v. 14, fevereiro, 2019, p. 12-25. Disponível em: <https://sistemas.fc.unesp.br/ojs/index.php/revistacqd/article/view/170>. Acesso em: 06 maio 2024.

SILVA, Ledevande Martins da; MORAIS, Manoel Messias Pereira. Jogos Educativos Digitais: contribuição da abordagem instrumental explorando função exponencial com o uso do Hanoi-Towers. **Revista Peer Review**, v. 5, n. 2, 2023, p. 262-283. DOI: <https://doi.org/10.53660/288.prw612>. Disponível em: <https://doi.org/10.53660/288.prw612>. Acesso em: 6 abril 2024.

TONDORF, Diego Fellipe; HOUNSELL, Marcelo da Silva; PEREIRA, Vanessa Andrade. Avaliando a Utilidade do Jogo Sério Matemática. In: **Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital – SBGames**, SBC, 2022, p. 673-682. Disponível em: https://sol.sbc.org.br/index.php/sbgames_estendido/article/view/23705. Acesso em: 06 abr. 2024.

WARE, Colin. **Information Visualization: perception for design**. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 2004, 486 p.

APÊNDICE I - GAME DESIGN DOCUMENT

1. Título e resumo do jogo:

Criamos um jogo denominado “Desafios Matemáticos”. O jogo será do tipo *quiz*, ou seja, um jogo de perguntas e respostas com o objetivo de levar o jogador a enfrentar desafios matemáticos para que seu *score* seja modificado. O jogo terá 5 níveis de dificuldade. O jogador escolherá o nível inicial e após passar pelas 10 questões do nível escolhido poderá optar em jogar no próximo nível (até o nível 5) ou encerrar o jogo.

2. Descrição do jogo:

O jogo tem uma interface inicial com o usuário com uma imagem de *background* e o botão “Iniciar”. Ao clicar nesse botão será exibida para o jogador uma outra interface mostrando “Explicações gerais sobre o jogo”. Após clicar no botão “Avançar” o programa mostra uma interface de cadastro do jogador, por meio da qual ele deverá digitar um nome ou apelido, pelo qual será identificado durante o jogo. Ainda nessa interface o jogador terá a oportunidade de consultar o manual do jogo ao clicar no botão “Manual”. Para ir para a próxima interface o jogador deverá clicar no botão “Avançar”.

A próxima interface é a das Opções do jogo, na qual o jogador escolhe qual modalidade do jogo vai jogar, se a de “Demonstração” ou “Jogo do Professor”. Após escolher a modalidade, seleciona o nível em que deseja iniciar a partida (de 1 a 5). Em seguida, para ir para a próxima interface, o jogador deve clicar no botão “Avançar”.

A quinta interface com o usuário mostra as “Instruções do jogo”, conforme a modalidade escolhida. Depois de ler as instruções o jogador deve clicar no botão “Avançar”.

Nesse ponto começa o jogo propriamente dito. Para cada nível escolhido são apresentadas 10 questões ao jogador, cada uma na forma de um gráfico e ele deve relacionar esse gráfico com uma das 5 opções de respostas algébricas, numéricas ou de outros tipos matemáticos que constam nos 5 botões situados ao lado

do gráfico. O jogador terá um tempo (60 segundos na versão de demonstração) para responder cada questão. Caso ultrapasse esse tempo não pontuará na questão, mas, continuará a jogar normalmente. Escolhida a resposta que o jogador entende ser a correta ele deve clicar no botão correspondente e então é exibida uma mensagem indicando se a resposta foi correta ou errada, o *score* do jogador é atualizado e automaticamente o jogo vai para a próxima pergunta.

No final de uma fase (execução de um nível do jogo) o jogador terá acesso a uma tela para optar pelo avanço para o próximo nível ou para o encerramento do jogo. Caso opte pelo encerramento o jogador visualizará uma tela de créditos de *assets* usados no jogo (música e imagens de *background*) e em seguida a tela *game over*.

3. Informações básicas:

Gênero: É um jogo do tipo *quiz*, ou seja, um jogo de perguntas e respostas. As perguntas, ou questões, são apresentadas na forma de gráficos. As respostas a serem escolhidas pelo jogador estarão em forma numérica ou algébrica. Esta relação entre as perguntas e as respostas prestigia a visualização matemática, ou seja, a técnica para entender a matemática por meio de elementos visuais.

Plataformas: A plataforma em que o jogo será desenvolvido será o sistema operacional *Windows 10*. Portanto, deverá também ser executado nessa plataforma ou superior compatível, como o *Windows 11*.

Público-alvo: Na versão 3 (v 0.03) o jogo de demonstração tem como público-alvo alunos do último ano do ensino fundamental e do ensino médio. Entretanto, esta versão permitirá a customização do jogo pelo professor, por meio do programa “DMPProf v002” que acompanha o programa do jogo.

Observação: o jogo teve as versões 1 e 2 que não permitiam sua customização e foram planejadas e desenvolvidas no segundo semestre de 2023 e no início deste ano.

4. Planejamento interno:

Prazo previsto: O prazo previsto para conclusão da versão foi de 90 dias, no máximo.

Ferramentas: As ferramentas utilizadas para o desenvolvimento do jogo serão a linguagem de programação *Python*, com as bibliotecas *pygame*, *sys*, *os*, *time*, *matplotlib* e *numpy*. Estas duas últimas bibliotecas serão utilizadas para a geração dos gráficos das questões e as demais para o desenvolvimento do ambiente do jogo. A programação será desenvolvida no ambiente do sistema operacional *Windows 10*.

Equipe e funções: A equipe para o planejamento e desenvolvimento do jogo compõe-se apenas de uma pessoa (o pesquisador) que realizará as funções de planejamento, codificação e testes.

5. Análises:

Jogos semelhantes: Podemos apontar como jogos semelhantes os que identificamos na revisão da literatura, pelo fato de usarem a visualização matemática. São eles “Korsan”, “Bincando com Julio’s”, “Arrow”, “Pharos”, “Enigma Pirata”, “Fruitmath”, “Star Fraction Game”, “Chocomática: Inauguração”, “Intersecting Lines”, “o jogo da senha”, “MABILS.QN”, “Mundo de João”, “Hanoi-Towers”, “enigmas de Yucatàn”, “Quiz PG”, “GeoMemory”, “O Escapista e a Matemática de Euclides”, “Cadê minha Pizza?” e “No\$\$\$ Dinheiro”.

Diferenciais: O principal diferencial desse jogo é o uso intenso e não eventual da visualização matemática. Ele é inteiramente voltado para o entendimento da matemática por meio da visualização. Também pode ser considerado um diferencial a apresentação das questões na forma de gráficos e não de textos, como ocorre normalmente.

6. Pilares:

Objetivos: O objetivo principal do jogo é levar o jogador ao entendimento de elementos da matemática por meio da visualização. O jogador deve ser capaz de relacionar gráficos com expressões numéricas, algébricas e de outros tipos

matemáticos. Pode ser considerado como um objetivo secundário avaliar o desempenho do aluno diante de uma situação de tensão, semelhante a uma prova escolar, pois ele terá um tempo limitado para responder cada questão. Embora, a partir da versão 3 do jogo ele pode paralisar a contagem do tempo, clicando no botão “Pausar”, eliminando a causa da possível tensão.

Do ponto de vista educacional tentaremos reforçar o valor do *status* do jogador em relação ao de outros jogadores como um modo de recompensa, visando levar o jogador ao estado de fluxo. Poderá também ser analisada a experiência do jogador do ponto de vista da aprendizagem significativa ou construtivista ou construcionista.

Progresso: O jogador tentará responder as 10 questões do nível escolhido. Ao concluir as respostas nesse nível terá a opção de encerrar o jogo ou avançar para o próximo nível e assim por diante até o último nível (nível 5). Após o jogador responder as questões do nível 5 o jogo terminará.

Regras/Condições: Estabelecemos as seguintes regras para o jogo: (1) existência de 5 níveis sequenciais, cada um com dez questões; (2) o jogador aumenta 10 pontos no seu *score* para cada resposta certa; (3) o jogador tem 60 segundos para responder cada questão. Caso esse tempo se esgote a resposta do jogador, mesmo correta não modificará o seu *score*, mas, ele poderá continuar a jogar normalmente pois o jogo passará automaticamente para a próxima questão; (4) o jogo só permite um jogador por partida; (5) a pontuação máxima que poderá ser obtida pelo jogador é de 500 pontos.

Recompensas: Atingir um maior *status* do que o de outros jogadores, ou seja, atingir um maior *score*.

7.Gameplay (Jogabilidade):

Dinâmica Central: A dinâmica do jogo implica em o jogador acertar o maior número de respostas das questões de um nível e avançar para o nível imediatamente superior, com o intuito de fazer uma pontuação superior à de outros jogadores.

Mecânicas: Uma delas consiste em o jogador responder cada questão em, no máximo, 60 segundos. Assim, o jogador joga contra o tempo para conseguir atingir

um *score* alto. Após responder uma questão não é permitido voltar a ela na mesma partida. O mesmo ocorre com os níveis. O jogo tem cinco níveis, sendo que são apresentadas questões mais fáceis no nível 1 e a dificuldade vai crescendo conforme o jogador avança de nível, até o último (nível 5).

Controles: Os controles utilizados no jogo serão quase todos feitos com o *mouse*, movimentando e clicando. Somente na tela de cadastro será utilizado o teclado na digitação do apelido ou nome do jogador.

8.Níveis:

Quantidade: O jogo terá 5 níveis de dificuldade.

Definições: O ambiente de apresentação dos níveis será único. O que vai mudar são as questões e suas respostas.

9.Estética:

Ambientações: O jogo será ambientado em nove interfaces com o usuário. O jogo terá uma interface inicial com o usuário com uma imagem de *background* e o botão “Iniciar”. Na segunda interface serão exibidas “Explicações gerais sobre o jogo”. A terceira interface será a de cadastro com uma segunda imagem de *background*. No ambiente dessa interface o jogador deverá digitar o seu nome ou apelido.

A próxima interface será a das Opções do jogo, na qual o jogador escolherá qual modalidade do jogo vai jogar, se a de “Demonstração” ou “Jogo do Professor”, bem como o nível em que deseja iniciar a partida (de 1 a 5). A quinta interface com o usuário mostra as “Instruções do jogo”, conforme a modalidade escolhida. Depois de ler as instruções o jogador deverá clicar no botão “Avançar”.

O jogo propriamente dito ocorre no ambiente da sexta interface com o usuário na qual são mostrados vários elementos. Do lado esquerdo da tela é mostrada a imagem que representa a questão. Acima dela são exibidos três textos: um que mostra o nível atual do jogo, outro com o número da questão e o terceiro mostra o relógio contando o tempo restante para responder à questão selecionada. Abaixo da imagem estão o *score* do jogador e o conceito matemático que está sendo abordado

pela questão. Do lado direito da tela estão as 5 respostas possíveis para a questão, colocadas em botões azuis com borda branca e um sexto botão para confirmação da resposta escolhida. Abaixo das respostas um botão que permite ao jogador pausar o relógio e um espaço reservado para as mensagens do programa.

Quando passar por todas as 10 questões de um nível o jogador terá acesso automático à sétima interface, com fundo azul, na qual aparecerá o resultado acumulado da pontuação do jogador e uma mensagem de avaliação que poderá ser: “Precisa melhorar!” ou “Regular!” ou “Excelente!”. Também aparecerá na tela uma mensagem “Deseja finalizar (Sim) o jogo ou avançar para o nível seguinte (Não)?”. Conforme sua escolha o jogador deverá clicar no botão “Sim” ou “Não”. Caso clique no botão “Não” terá novamente acesso ao jogo propriamente dito, na sexta interface, mas, para jogar no próximo nível. Clicando no botão “Sim” o jogador terá acesso automático a uma tela de créditos (oitava interface) com fundo verde onde são exibidos os créditos devidos pela música de fundo e imagens de *background*. Após alguns segundos o jogador terá acesso automático à nona e última interface – a tela de *Game Over*, com a mesma imagem de *background* da tela inicial, sobre a qual são exibidas as mensagens “*Game Over*”; “Muito obrigado por jogar Desafios Matemáticos!” e o nome ou apelido do jogador, seu *score* e uma mensagem de avaliação. Todos os textos escritos no jogo serão exibidos em letra de cor branca em três tamanhos diferentes, com exceção da digitação do nome ou apelido do jogador, na tela de cadastro, que será exibida em letra de cor preta.

Músicas: Foi utilizada uma música de fundo que tocará no final do jogo. Esta música foi obtida na internet com licença que permite o seu uso para finalidade acadêmica.

Menus: Todos os menus do jogo são na forma de botões.

10. Controle de versões:

Versão atual: Existiram duas versões anteriores do jogo: a versão 1 (v 0.01) e a 2 (v 0.02) que não permitiam customização. A versão 3 (v 0.03) atual é um programa de computador na linguagem *Python* e apresenta duas modalidades do jogo: a de “demonstração”, na qual o conteúdo das questões de matemática é

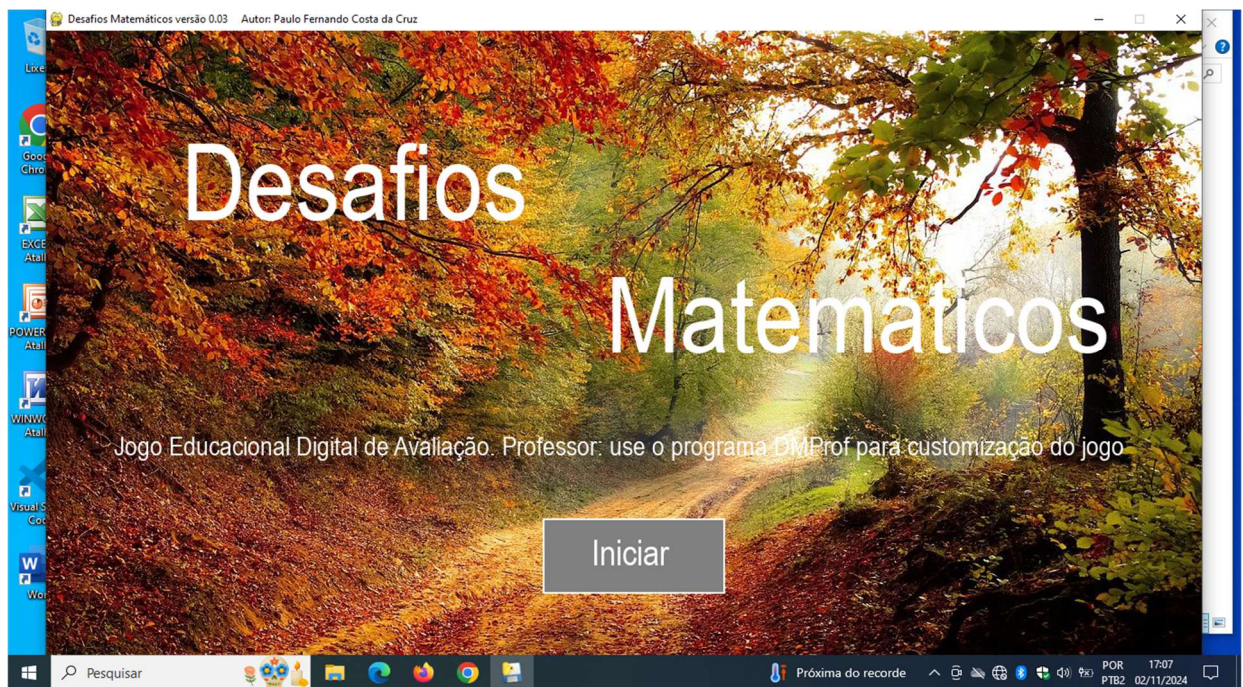
apropriado somente para estudantes do último ano do ensino fundamental e para estudantes do ensino médio ou mais avançado; o “jogo do professor”, que pode ser customizada, ou seja, o professor pode criar um jogo próprio, usando o programa “DMProf” e respeitando a estrutura do jogo de 5 níveis, cada um com 10 questões, pontuar 10 pontos por questão correta e apresentar as questões de forma gráfica.

O que define a próxima versão? O que vai definir a próxima versão (v 0.04) será maior facilidade de flexibilização. A possibilidade do professor modificar, com bem facilidade, as imagens das questões e as opções de respostas, adequando o jogo para uso por alunos de diferentes níveis de ensino.

APÊNDICE II – INTERFACES COM O USUÁRIO DO JOGO

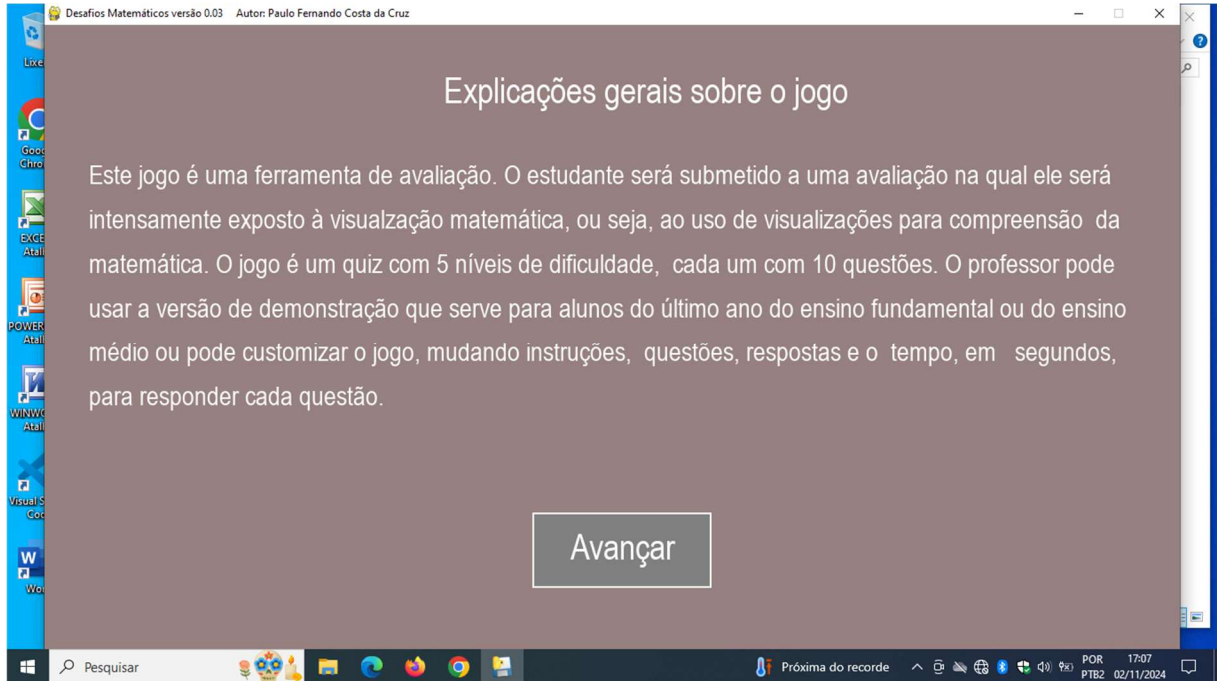
IMAGENS DAS INTERFACES COM O USUÁRIO DO JOGO

Figura 1 – Interface inicial



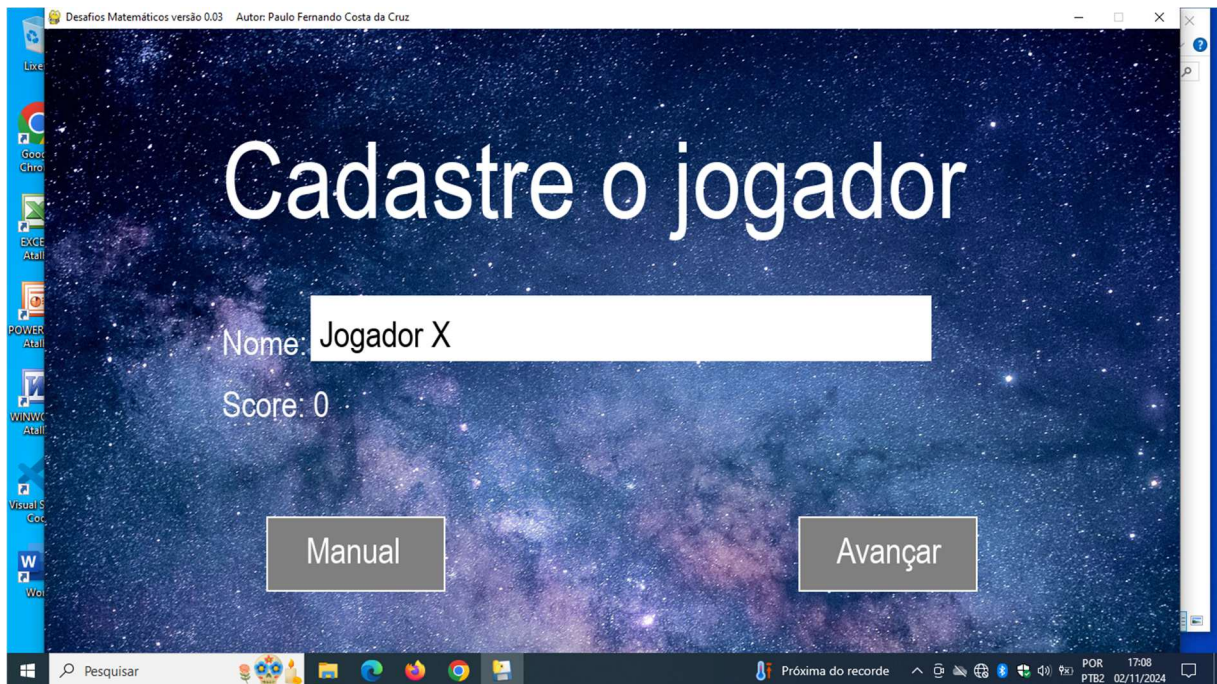
Fonte: O autor.

Figura 2 – Interface de explicações gerais



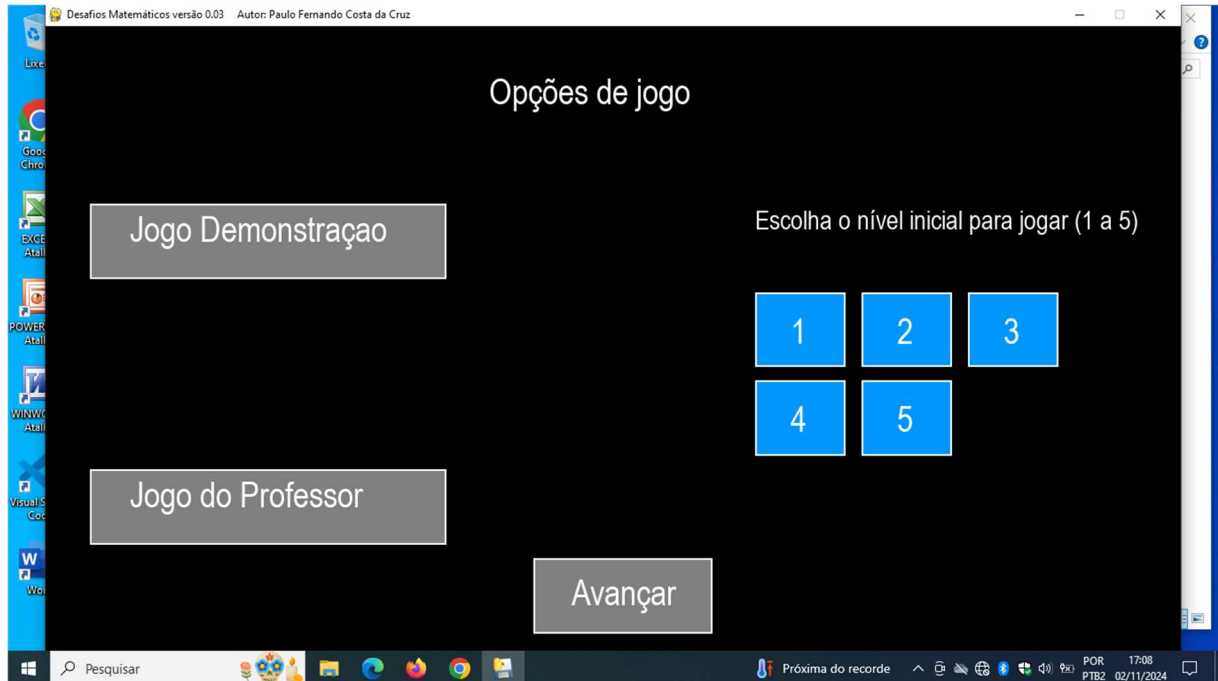
Fonte: O autor.

Figura 3 – Interface de cadastro do jogador



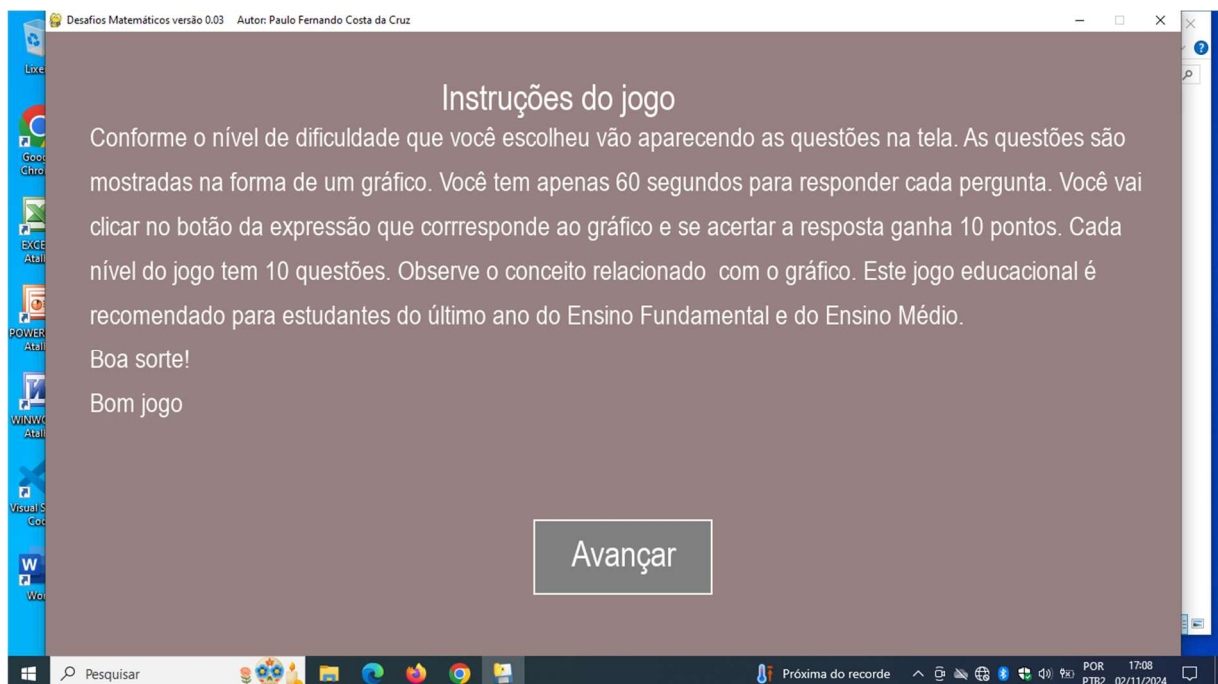
Fonte: O autor.

Figura 4 – Interface de opções do jogo



Fonte: O autor.

Figura 5 – Interface de instruções do jogo



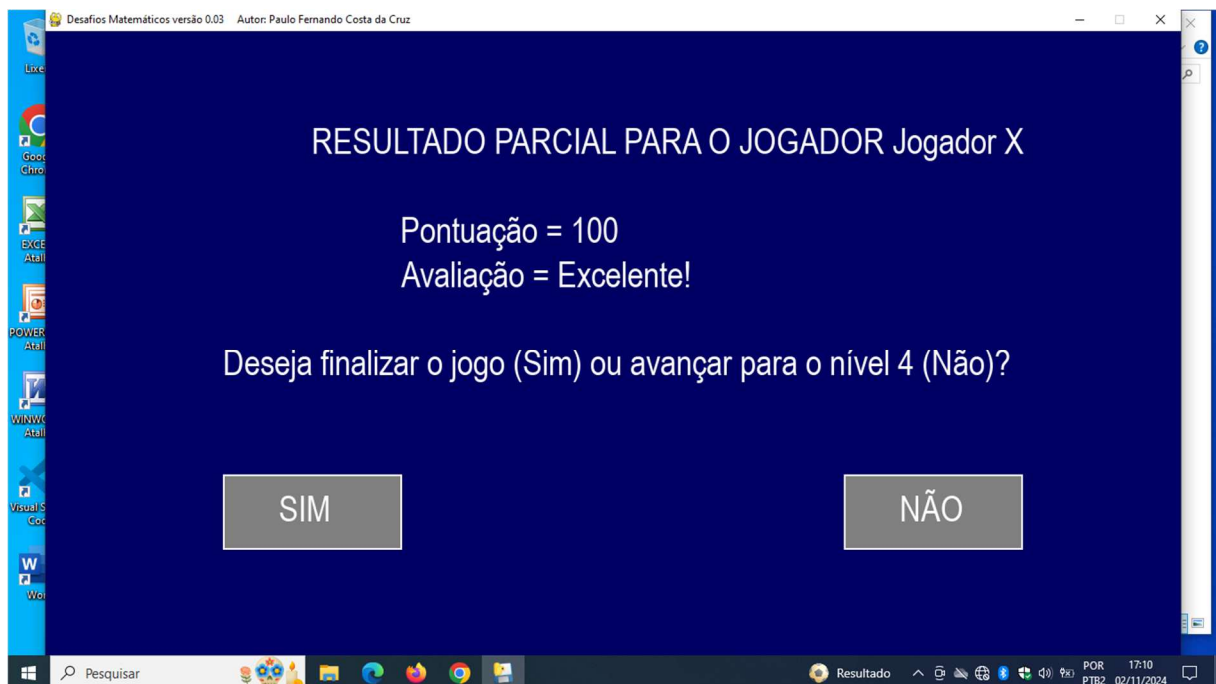
Fonte: O autor.

Figura 6 – Interface do jogo propriamente dito

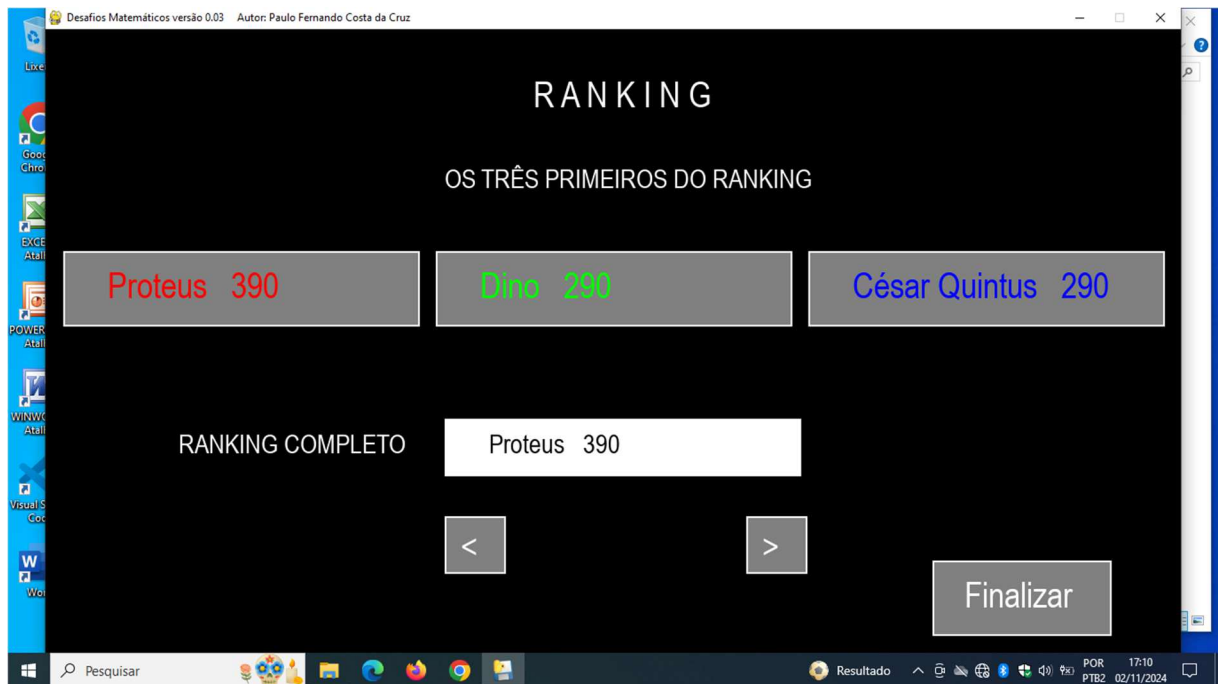


Fonte: O autor.

Figura 7 – Interface para mudança de nível ou finalização

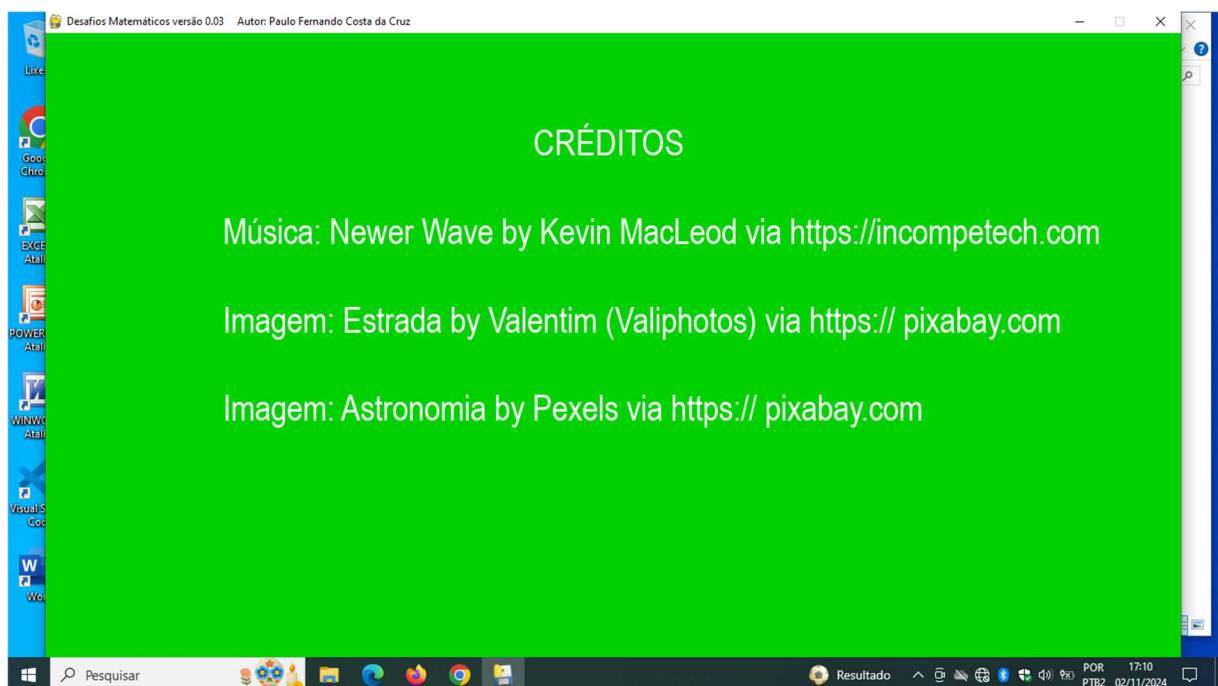


Fonte: O autor.

Figura 8 – Interface do *ranking*

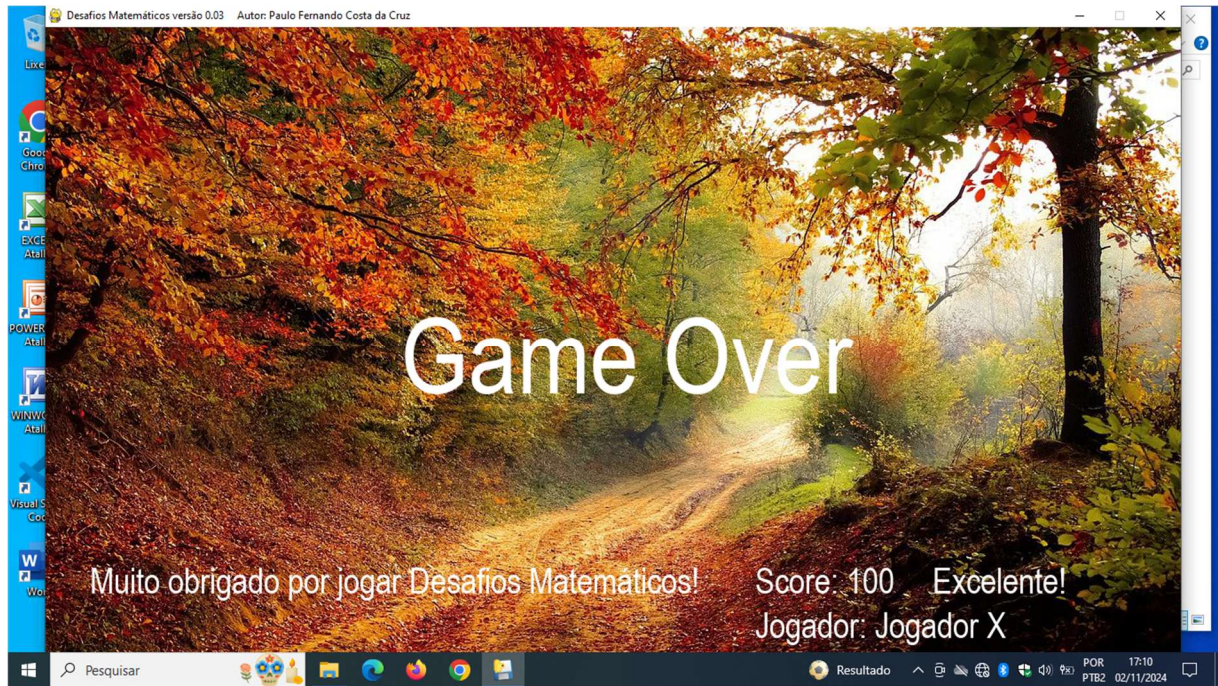
Fonte: O autor.

Figura 9 – Interface de créditos



Fonte: O autor.

Figura 10 – Interface de *Game Over*



Fonte: O autor.

APÊNDICE III – PROPOSTA SUCINTA DE PESQUISA EXPERIMENTAL

1.Objetivo:

Verificar a eficácia para a aprendizagem da matemática da aplicação da visualização matemática por meio de jogos educacionais digitais.

2. Público-alvo da pesquisa:

Estudantes de matemática do ensino fundamental e médio.

3. Amostragem:

Determinada rigorosamente com o uso de técnicas da Estatística.

4. Procedimento:

Os alunos selecionados para o experimento, experimentariam um jogo com aplicação da visualização matemática e fariam a avaliação dos efeitos percebidos por eles, de modo que se tenham métricas razoavelmente precisas sobre os efeitos.

Já os alunos do grupo controle experimentariam um jogo sem aplicação da visualização matemática e também fariam a avaliação dos efeitos percebidos por eles.

Finalmente, os pesquisadores fariam a tabulação dos dados e o relatório final da pesquisa.

DADOS CURRICULARES

IDENTIFICAÇÃO	
Nome completo	Paulo Fernando Costa da Cruz
Filiação	Jonan Joaquim da Cruz e Estherlinta Costa da Cruz
Data de nascimento	02/07/1958
Naturalidade	Salvador/BA
Nacionalidade	brasileira
Nome em citações bibliográficas:	CRUZ, Paulo Fernando Costa da CRUZ, P.F.C.
Currículo Lattes	http://lattes.cnpq.br/6022862373182608
FORMAÇÃO ACADÊMICA	
1977/1981	Engenharia (Engenheiro Civil) Universidade Federal de Sergipe - UFS
2002/2003	Especialização em Análise de Sistemas – Lato Sensu (Carga horária: 436 h) Universidade Cândido Mendes - UCAM
2018/2020	Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas (Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) Centro Universitário Internacional - UNINTER