UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES, COMUNICAÇÃO E DESIGN
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MÍDIA E TECNOLOGIA
MESTRADO PROFISSIONAL

JULIEL BRONZATI DOURADO

DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO DIGITAL EM REALIDADE MISTA PARA APRENDIZADO DE FUNÇÕES MATEMÁTICAS

Bauru
2025

JULIEL BRONZATI DOURADO

DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO DIGITAL EM REALIDADE MISTA PARA APRENDIZADO DE FUNÇÕES MATEMÁTICAS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Mídia e Tecnologia, da Faculdade de Artes, Arquitetura, Comunicação e Design da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para obtenção do título de Mestre em Mídia e Tecnologia, sob a orientação do Prof. Dr. Marcos Américo.

Bauru

2025

Dourado, Juliel Bronzati.
Desenvolvimento De Um Jogo Digital Em Realidade Mista Para Aprendizado De Funções Matemáticas/ Juliel Bronzati Dourado. – Bauru, 2025
88 f. : il.

Dissertação (Mestrado)–Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design, Bauru
Orientador: Marcos Américo

1. Realidade Mista. 2. Gamificação. 3. Funções matemáticas. 4. Ensino Médio. 5. Jogos Educativos. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design. II. Título.

JULIEL BRONZATI DOURADO

DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO DIGITAL EM REALIDADE MISTA PARA APRENDIZADO DE FUNÇÕES MATEMÁTICAS

Área de concentração: Mídia e Tecnologia
Linha de Pesquisa: Tecnologias Midiáticas

Banca Examinadora:

Presidente/Orientador: Professor Doutor Marcos Américo.
Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design– UNESP – Bauru.

Prof. 1: Professor Doutor Bruno Jareta de Oliveira.
Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design– UNESP – Bauru.

Prof. 2: Professor Doutor Adriano Bezerra.
Faculdade de Tecnologia Prof. Antonio Seabra - FATEC Lins.

Resultado: Aprovado

Bauru, 25 / 03 / 2025

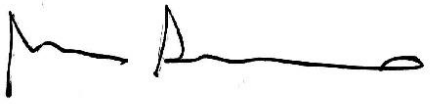
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Bauru

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE JULIEL BRONZATI DOURADO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MÍDIA E TECNOLOGIA, DA FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES, COMUNICAÇÃO E DESIGN - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 25 dias do mês de março do ano de 2025, às 9h, no(a) Sala 57 do Campus e Sala Virtual do google meet: https://meet.google.com/dfz-fxsu-htd, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de JULIEL BRONZATI DOURADO, intitulada **DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO DIGITAL EM REALIDADE MISTA PARA APRENDIZADO DE FUNÇÕES MATEMÁTICAS.**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Professor Doutor MARCOS AMERICO (Orientador(a) - Participação Presencial) do(a) Departamento de Audiovisual e Relações Públicas / Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design / Unesp Bauru, Professor Doutor BRUNO JARETA DE OLIVEIRA (Participação Presencial) do(a) Departamento de Audiovisual e Relações Públicas / Faculdade de Arquitetura, Artes, Comunicação e Design / Unesp Bauru, Professor Doutor ADRIANO BEZERRA (Participação Virtual) do(a) FATEC Lins / Faculdade de Tecnologia Prof. Antonio Seabra. Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Professor Doutor MARCOS AMERICO



AGRADECIMENTOS

A conclusão desta dissertação representa não apenas o encerramento de uma etapa acadêmica, mas também a concretização de um percurso que contou com o apoio e a colaboração de pessoas fundamentais.

Expresso minha profunda gratidão à minha esposa, Thatiane, por sua presença constante, paciência e incentivo ao longo de todo o processo. Seu apoio foi essencial para que eu mantivesse o foco e a motivação nos momentos mais desafiadores.

Às minhas irmãs, Lane e Juliane, agradeço o incentivo contínuo aos meus estudos desde os primeiros anos. O suporte familiar que sempre me proporcionaram teve papel decisivo em minha formação.

À memória dos meus pais, deixo um agradecimento especial pelo apoio que me ofereceram enquanto puderam. Seus gestos de cuidado e incentivo permaneceram comigo ao longo de toda a jornada.

Ao meu orientador, professor Marcos “Tuca” Américo, agradeço pela orientação segura, pela disponibilidade e pelos valiosos ensinamentos ao longo desta jornada. Sua contribuição foi indispensável para a realização deste trabalho.

Registro, ainda, meus agradecimentos aos professores Adriano Bezerra e Adriana de Bortoli, cujas atuações durante a graduação foram decisivas para minha escolha de percurso acadêmico. Suas aulas, conselhos e exemplos profissionais exerceram grande influência sobre minha formação.

Agradeço também ao professor Bruno Jareta, pela participação atenta e criteriosa na banca de qualificação e defesa, cujas contribuições foram fundamentais para o aprimoramento desta dissertação. Reitero meu reconhecimento ao professor Adriano Bezerra, desta vez como membro da banca de defesa, por sua leitura atenta e pelas valiosas considerações oferecidas.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho, deixo aqui meu sincero agradecimento.

DOURADO, J. B. **Desenvolvimento De Um Jogo Digital Em Realidade Mista Para Aprendizado De Funções Matemáticas**, 2025, 88 f. Dissertação (Mestrado Mídia e Tecnologia) - FAAC - UNESP, sob a orientação do prof. Dr. Marcos Américo. Bauru, 2025.

RESUMO

Esta dissertação investiga o desenvolvimento e a avaliação de um aplicativo gamificado em Realidade Mista (RM) para o ensino de funções matemáticas no ensino médio, visando uma experiência de aprendizagem mais imersiva, engajadora e eficaz. A metodologia Design Thinking guiou o projeto, que partiu de uma versão inicial em Realidade Aumentada (RA) e culminou na versão em RM. A pesquisa envolveu pesquisa com usuários, prototipação em diferentes níveis de fidelidade e testes de usabilidade com ambas as versões (RA e RM), seguidos de uma análise comparativa. Os resultados demonstram o potencial da RM para tornar o aprendizado de funções mais intuitivo e atraente, embora desafios relacionados à usabilidade tenham sido identificados, principalmente na interação com o ambiente virtual e nos controles do jogo. A gamificação, como processo pedagógico, foi incorporada ao projeto com base nas teorias de Caillois, Huizinga e Kapp, e o ensino de funções foi contextualizado com base na literatura da área de Educação Matemática. A comparação entre as versões RA e RM revelou que, apesar da maior facilidade de uso da RA, a RM proporcionou maior diversão e engajamento, indicando o potencial da imersão para motivar os estudantes, mesmo com os desafios de usabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Realidade Mista; Gamificação; Funções matemáticas; Ensino Médio; Jogos Educativos.

ABSTRACT

This dissertation investigates the development and evaluation of a gamified Mixed Reality (MR) application for teaching mathematical functions in high school, aiming for a more immersive, engaging, and effective learning experience. The Design Thinking methodology guided the project, starting with an initial Augmented Reality (AR) version and culminating in the MR version. The research encompassed user research, prototyping at different fidelity levels, and usability testing with both AR and MR versions, followed by a comparative analysis. Results demonstrate MR's potential to make learning functions more intuitive and appealing, despite identified usability challenges, particularly regarding interaction with the virtual environment and game controls. Gamification, as a pedagogical process, was incorporated based on the theories of Caillois, Huizinga, and Kapp, and the teaching of functions was contextualized using relevant literature in mathematics education. The comparison between AR and MR versions revealed that, despite AR's greater ease of use, MR provided more enjoyment and engagement, indicating the potential of immersion to motivate students, even with usability challenges.

Keywords: Mixed reality. Gamification. Mathematical functions. High school. Educational games. Usability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Exemplo de uso de RV com HMD (Oculus) 15
Figura 2: Visualização de dados com Realidade Aumentada. 16
Figura 3: Jogo Angry Birds no Magic Leap 1, um exemplo de uso da RM 17
Figura 4: Rota (indicada pelos marcadores amarelos) definida que será usada para chegar até a ilha. 19
Figura 5: Desafio matemático proposto ao jogador 20
Figura 6: *Framework* Octalysis 25
Figura 7: O design do jogo permite ao jogador explorar diferentes possibilidades ...29
Figura 8: Uma das telas de introdução do jogo, colocando o jogador na história do jogo 30
Figura 9: Jogador podendo explorar possibilidades no jogo 31
Figura 10: Interface do Calculadora Gráfica Geogebra 3D. 34
Figura 11: Imagem do jogo Minecraft 37
Figura 12: Imagem do jogo *Kerbal Space Program* 38
Figura 13: Cubo virtual projetado em ambiente real com GeoGebra 39
Figura 14: Forma geométrica sendo configurada em RA com Geo-AR 40
Figura 15: Ensino de álgebra em um aplicativo Dragonbox 41
Figura 16: Captura de tela do jogo MathLand. 42
Figura 17: Metodologia a ser utilizada no projeto de pesquisa.....46
Figura 18: Gráficos de colunas sobre familiaridade com Realidade Virtual 53
Figura 19: Gráficos de colunas sobre familiaridade com Realidade Aumentada 53
Figura 20: Gráficos de colunas sobre familiaridade com jogos educacionais sobre Matemática.....54
Figura 21: Gráfico sobre Compreensão do Conceito de Função 55
Figura 22: Gráfico sobre Identificação de Funções em Contextos Práticos 55
Figura 23: Gráfico sobre Representação Gráfica de Funções 56
Figura 24: Gráfico sobre Resolução de Equações e Inequações Envolvendo Funções 56
Figura 25: Imagem do Fluxograma 61
Figura 26: Gráfico referente aos testes com RA 68
Figura 27: Gráfico referente aos testes com RM 69
Figura 28: Análise comparativa entre RA e RM 71

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 11

1 TECNOLOGIAS IMERSIVAS, GAMIFICAÇÃO E O ENSINO DE FUNÇÕES MATEMÁTICAS 14

1.1 Realidade Mista e Realidade Aumentada na Educação 15

1.1.1 Imersão, Interação e Aprendizagem 17

1.1.2 Aplicações da RA e RM no Ensino de Matemática 18

1.1.3 Desafios e Potencialidades da RM na Educação 21

1.2 Gamificação e o Ensino de Funções 22

1.2.1 Mecânicas e Dinâmicas de Jogos no Contexto Educacional 22

1.2.2 Motivação, Engajamento e Aprendizagem 23

1.2.3 *Framework*s de Gamificação (Octalysis *Framework*) 24

1.3 O Jogo como Elemento Cultural e Pedagógico 27

1.3.1 A Tipologia dos Jogos segundo Roger Caillois 28

1.3.2 O Círculo Mágico do Jogo (Johan Huizinga) 29

1.3.3 Conclusão sobre a aplicação das teorias ao desenvolvimento do jogo 31

1.4 O Ensino de Funções Matemáticas: Desafios e Oportunidades 32

1.4.1 Abordagens Tradicionais e seus Limites 32

1.4.2 O Potencial das RE para o Ensino de Funções 33

1.4.3 RM em Oceano Matemático: Integração entre o virtual e o real 35

1.5 Exemplos de Jogos e Aplicativos Educacionais para o Ensino de Matemática 36

1.5.1 Análise de Jogos com Mecânicas Semelhantes 36

1.5.2 Jogos e Aplicativos com RA/RM na Educação 38

1.5.3 Jogos que abordam Conceitos Matemáticos 40

1.5.4 Conclusão 42

1.6 Edutretenimento e Aprendizagem Imersiva com Realidade Mista 43

1.6.1 O Poder da Narrativa e da Interação 44

1.6.2 Criando Experiências de Aprendizagem Significativas 44

2 METODOLOGIA 45

2.1 Estudo Exploratório de Revisão Bibliográfica 46

2.1.1 Aplicação do Design Thinking para o Desenvolvimento do Aplicativo Gamificado 47
2.2 PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO/PROTÓTIPO utilizando o design thinking 49
2.2.1 Entendendo o usuário: pesquisa de empatia no design do jogo educacional em realidade mista para o ensino de funções matemáticas 49
2.2.2 Decifrando as Necessidades do Usuário: Análise de Dados e Definição do Problema no Design de um Jogo em Realidade Mista para o Ensino de Funções ... 52
2.2.3 Etapa da ideação: Documento de Conceito e Proposta de Jogo 57
2.2.4 Modelagem do fluxo interativo no desenvolvimento do game para o ensino de funções matemáticas em realidade mista 60
2.2.5 Dando Vida à Ideia: Prototipação do Jogo em Realidade Mista para o Ensino de Funções Matemáticas 62
2.3 Resultados e Discussão 66
2.3.1 Resultados da Versão em Realidade Aumentada (RA) 67
2.3.2 Resultados da Versão em Realidade Mista (RM) 69
2.3.3 Análise Comparativa (RA vs. RM) 70
2.4 Considerações Finais 71
REFERÊNCIAS 75
APÊNDICES 81

INTRODUÇÃO

A matemática, alicerce fundamental das ciências e linguagem universal para descrever o mundo, frequentemente se apresenta como um desafio significativo para muitos estudantes. Sua natureza abstrata e a dificuldade em conectar seus conceitos com a realidade prática muitas vezes geram desinteresse, ansiedade e baixo rendimento. No entanto, o domínio da matemática é crucial para o desenvolvimento do pensamento lógico, do raciocínio crítico e da capacidade de resolução de problemas, habilidades essenciais para o sucesso acadêmico e profissional no século XXI. Diante desse cenário, a busca por abordagens pedagógicas inovadoras que tornem o aprendizado da matemática mais envolvente, intuitivo e significativo é uma constante na educação contemporânea.

As tecnologias digitais, cada vez mais presentes na vida dos estudantes, oferecem um potencial transformador para a educação. Em particular, as tecnologias imersivas, como a Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Mista (RM), despontam como ferramentas promissoras para revolucionar a forma como aprendemos e interagimos com o conhecimento. Ao sobrepor elementos virtuais ao mundo real, a RA permite que os alunos visualizem e manipulem objetos matemáticos em 3D, criando pontes entre a abstração dos conceitos e a concretude da experiência. Essa interação dinâmica e multissensorial favorece a compreensão e a retenção do conhecimento.

A RM, por sua vez, amplia as possibilidades da RA ao integrar elementos reais e virtuais em um mesmo ambiente, permitindo interações mais complexas e experiências mais imersivas. No contexto do ensino da matemática, a RM oferece um ambiente rico em recursos para a exploração de conceitos abstratos, como funções. É possível vislumbrar um cenário em que alunos visualizam gráficos de funções em 3D, manipulando variáveis em tempo real e observando as transformações resultantes. E ir além, com os estudantes resolvendo equações e inequações em um ambiente virtual interativo, onde podem testar hipóteses, visualizar soluções e receber feedback imediato. Essas são apenas algumas das possibilidades que a RM oferece para tornar o aprendizado de funções mais concreto, intuitivo e significativo.

Este trabalho investiga o potencial da gamificação e da RM para o ensino de funções matemáticas no ensino médio. Partindo de uma versão inicial do aplicativo

desenvolvida em RA, a pesquisa culmina na criação de uma versão em RM, permitindo uma análise comparativa entre as duas abordagens. A gamificação, com suas mecânicas de jogo, desafios, recompensas e feedback, é integrada a ambas as versões para aumentar o engajamento e a motivação dos alunos. O projeto se propõe a responder à seguinte questão de pesquisa: Como a transição da RA para RM, em um aplicativo gamificado para ensino de funções, afeta a experiência de aprendizagem dos alunos em termos de usabilidade, aprendizagem, motivação e engajamento?

Para alcançar esse objetivo, a pesquisa se desdobra em quatro objetivos específicos: (1) Desenvolver um aplicativo gamificado em RA e RM para o ensino de funções matemáticas, incorporando mecânicas de jogo como desafios, recompensas, feedback e narrativa; (2) Realizar testes de usabilidade com ambas as versões do aplicativo, avaliando critérios como facilidade de uso, intuitividade dos controles, e experiência geral do usuário; (3) Comparar os resultados dos testes de usabilidade, analisando as diferenças e semelhanças entre RA e RM em termos de aprendizagem, motivação e engajamento dos alunos; e (4) Identificar as melhores práticas para o design de jogos educativos em RE, considerando as especificidades de cada tecnologia (RA e RM).

A justificativa para este estudo se baseia na necessidade de explorar novas abordagens pedagógicas que sejam mais eficazes para o ensino de matemática, atendendo às características e necessidades da geração digital. A investigação do potencial da RM e da gamificação no contexto educacional é de extrema relevância, pois essas tecnologias podem tornar o aprendizado mais significativo, contextualizado e motivador para os alunos. Além disso, a comparação entre RA e RM permite uma análise mais completa dos benefícios e desafios de cada tecnologia, fornecendo subsídios para o desenvolvimento de aplicativos educacionais mais eficazes.

A metodologia da pesquisa, fundamentada nos princípios do Design Thinking, adota uma abordagem centrada no usuário, buscando compreender as necessidades e expectativas dos estudantes para o desenvolvimento de um aplicativo que seja relevante, intuitivo e eficaz. A pesquisa envolveu as seguintes etapas: (1) Pesquisa com usuários: foram realizados questionários e entrevistas com estudantes do ensino médio para levantar suas dificuldades no aprendizado de funções e suas experiências com tecnologias imersivas; (2) Prototipação: foram desenvolvidos protótipos do aplicativo em RA e RM, em diferentes níveis de fidelidade, para testar e refinar as

funcionalidades do jogo; (3) Testes de usabilidade: os protótipos foram testados com alunos do ensino médio, coletando dados sobre a usabilidade, a experiência de jogo e o aprendizado de funções; e (4) Análise de dados: os dados coletados nos testes de usabilidade foram analisados para comparar as versões em RA e RM e identificar as melhores práticas para o design de jogos educacionais. A dissertação também apresenta uma discussão teórica sobre gamificação, jogo e aprendizagem imersiva, contextualizando o ensino de funções e apresentando exemplos de outros jogos e aplicativos educacionais.

Alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU

Este projeto de pesquisa, ao investigar o potencial das tecnologias imersivas e da gamificação para aprimorar o ensino de funções matemáticas, se alinha a alguns dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, contribuindo para a construção de uma educação mais equitativa, inclusiva e de qualidade.

- ODS 4: Educação de Qualidade: Este projeto está diretamente relacionado ao ODS 4, que visa "assegurar a educação inclusiva e equitativa de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos". Ao desenvolver um aplicativo gamificado em Realidade Aumentada (RA) e Realidade Mista (RM) para o ensino de funções, a pesquisa busca inovar as práticas pedagógicas e tornar a aprendizagem da matemática mais acessível, envolvente e significativa para os estudantes, contribuindo para a melhoria da qualidade da educação. A pesquisa também aborda as dificuldades de aprendizagem em matemática, buscando oferecer uma ferramenta que auxilie os alunos a superarem esses desafios e a desenvolverem habilidades matemáticas essenciais.
- ODS 9: Indústria, Inovação e Infraestrutura: O desenvolvimento de um aplicativo em RE gamificado se encaixa no ODS 9, que visa "construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação". A pesquisa contribui para a inovação na área de tecnologia educacional, explorando o potencial da RA e da RM para criar soluções de aprendizagem mais imersivas e interativas. O projeto demonstra como a tecnologia pode ser utilizada para criar ferramentas educacionais mais

eficazes e acessíveis, contribuindo para o desenvolvimento de uma infraestrutura educacional mais resiliente e inovadora.

- ODS 10: Redução das Desigualdades: Ao buscar soluções de aprendizagem mais inclusivas e acessíveis, o projeto também se alinha ao ODS 10, que visa "reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles". A pesquisa considera as limitações de acesso à tecnologia e busca oferecer uma ferramenta que possa ser utilizada por alunos de diferentes contextos socioeconômicos. A gamificação, ao tornar o aprendizado mais motivador e engajador, pode ser particularmente benéfica para alunos que enfrentam dificuldades em matemática, contribuindo para a redução das desigualdades no acesso à educação de qualidade.

Ao alinhar-se com esses ODS, a pesquisa reforça seu compromisso com a construção de um futuro mais sustentável, equitativo e inclusivo, onde a educação de qualidade seja acessível a todos. O desenvolvimento e a avaliação do aplicativo em RA e RM para o ensino de funções matemáticas representam um passo importante nessa direção, demonstrando o potencial da tecnologia para transformar a educação e contribuir para o alcance dos ODS.

1 TECNOLOGIAS IMERSIVAS, GAMIFICAÇÃO E O ENSINO DE FUNÇÕES MATEMÁTICAS

Este capítulo explora a interseção entre tecnologias imersivas, gamificação e o ensino de funções matemáticas, fundamentando a proposta deste trabalho de desenvolver um aplicativo em Realidade Aumentada (RA) e Realidade Mista (RM) para aprimorar a aprendizagem de estudantes do ensino médio. A discussão contextualiza a importância da matemática, em especial o ensino de funções, e como as dificuldades de aprendizagem nesse tópico motivam a busca por abordagens pedagógicas inovadoras. As tecnologias imersivas, com seu potencial para criar experiências interativas e envolventes, são apresentadas como uma alternativa promissora para tornar o aprendizado de funções mais concreto, intuitivo e significativo. A gamificação, por sua vez, surge como uma estratégia complementar para aumentar o engajamento e a motivação dos alunos, transformando o aprendizado em uma experiência mais lúdica e desafiadora. A combinação dessas abordagens, potencializadas pelo uso de dispositivos móveis e a crescente

familiaridade dos jovens com tecnologias digitais, cria um cenário propício para a inovação no ensino de matemática. Este capítulo estabelece as bases teóricas para o desenvolvimento do aplicativo, explorando os principais conceitos e pesquisas que sustentem a proposta e justificam as escolhas metodológicas do trabalho.

1.1 REALIDADE MISTA E REALIDADE AUMENTADA NA EDUCAÇÃO

As tecnologias imersivas, com seu potencial para simular e expandir a realidade, estão transformando a forma como interagimos com o mundo e, consequentemente, como aprendemos. Dentro do amplo espectro das Realidades Estendidas (RE), que incluem a Realidade Virtual (RV), a Realidade Aumentada (RA) e a Realidade Mista (RM), estas duas últimas emergem como ferramentas particularmente promissoras para a educação, especialmente no ensino de disciplinas com alto grau de abstração, como a matemática. Enquanto a RV cria ambientes totalmente virtuais, oferecendo imersão completa em mundos digitais (Figura 1), a RM adota uma abordagem diferente, combinando o físico e o digital em uma experiência híbrida. Na Figura 1 é apresentada uma situação de uso da RV, em que o usuário visualiza um cenário virtual, totalmente alheio ao ambiente real em que está.

Figura 1: Exemplo de uso de RV com HMD (Oculus)



Fonte: TORI; HOUNSELL; KIRNER, 2018.

Essa característica da RM, que a distingue da RV e a torna complementar a ela, pode ser particularmente valiosa na educação, pois permite uma transição mais natural entre o aprendizado em ambientes virtuais e a aplicação do conhecimento em contextos do mundo real.

Não obstante, a Realidade Aumentada (RA) já apresentava grande potencial ao sobrepor elementos virtuais ao ambiente físico, permitindo enriquecer a percepção do usuário sobre o mundo real, conforme demonstrado na Figura 2. No entanto, a Realidade Mista (RM) representa uma evolução significativa desse conceito, pois possibilita a interação em tempo real entre objetos reais e virtuais, em um espaço compartilhado e com entendimento contextual do ambiente. Enquanto a RA limita-se à adição de camadas digitais sobre a realidade, a RM promove uma fusão mais profunda e dinâmica entre os dois mundos (MILGRAM; KISHINO, 1994; AZUMA, 1997; MICROSOFT, 2017). Este tópico explora como a RA e a RM podem ser aplicadas ao ensino, com ênfase na aprendizagem de funções matemáticas, analisando os princípios de imersão e interação, as diferenças e complementaridades entre as tecnologias e seus desafios e potencialidades no contexto educacional. A discussão também irá abordar como a interação com o mundo real, proporcionada pela RM, pode tornar a aprendizagem mais concreta, contextualizada e significativa para os alunos.

Figura 2: Visualização de dados com Realidade Aumentada.



Fonte: TORI; KIRNER; SISCOUTTO, 2006.

A seguir, discutem-se os conceitos de imersão e interação no contexto da RM, as aplicações da RA e RM no ensino de matemática e os desafios e potencialidades dessa tecnologia no ambiente educacional.

1.1.1 Imersão, Interação e Aprendizagem

A imersão, característica fundamental das tecnologias imersivas, proporciona ao usuário a sensação de presença em um ambiente digital, transportando-o para um mundo além dos limites físicos. Slater (2009) destaca o poder da imersão no contexto educacional, argumentando que ela promove um envolvimento mais profundo com o conteúdo, favorecendo a aprendizagem experiencial. No entanto, a imersão por si só não garante um aprendizado significativo. A interação, como defendida por Johnson et al. (2016), é o elemento-chave que transforma a experiência imersiva em aprendizado ativo. Ao manipular objetos virtuais, explorar o ambiente e influenciar o curso da narrativa, o aluno se torna protagonista de sua aprendizagem, experimentando, manipulando e descobrindo conceitos por meio da ação direta no ambiente virtual.

A Realidade Mista (RM) se destaca nesse cenário por sua capacidade única de integrar os mundos físico e digital. Diferentemente da Realidade Aumentada (RA), que se limita a sobrepor elementos virtuais à realidade física, a RM permite uma interação dinâmica e bidirecional entre os elementos reais e virtuais. Tori, Kirner e Siscoutto (2006) definem RM como "a sobreposição de objetos virtuais tridimensionais gerados por computador com o ambiente físico, mostrada ao usuário, com o apoio de algum dispositivo tecnológico, em tempo real". Como exemplo, a Figura 3 apresenta uma imagem do jogo Angry Birds sendo executado no Magic Leap 1, um dispositivo destinado para o uso desta tecnologia.

Figura 3: Jogo Angry Birds no Magic Leap 1, um exemplo de uso da RM



Fonte: Fernandes, 2024.

A fim de se obter uma compreensão mais aprofundada da tecnologia de RM, neste estudo foi desenvolvido um jogo digital, de cunho educacional, intitulado Oceano Matemático. Neste jogo, a integração do cenário real com objetos virtuais, um dos princípios da RM, é concretizada pelo uso de um tabuleiro impresso com um plano cartesiano que interage com os elementos virtuais do jogo. Os jogadores manipulam marcadores físicos no tabuleiro, que representam coordenadas de funções no gráfico virtual. Essa interação tangível, aliada à visualização da trajetória de um navio virtual no ambiente real, estabelece uma conexão clara entre o mundo concreto e o mundo simulado eletronicamente.

Essa abordagem híbrida, que combina a manipulação de objetos físicos com a interação em um ambiente virtual, se alinha à teoria da aprendizagem experiencial de Kolb (1984). Segundo Kolb, o aprendizado é mais eficaz quando os alunos podem vivenciar conceitos em contextos práticos, passando por um ciclo que envolve a experiência concreta, a observação reflexiva, a conceitualização abstrata e a experimentação ativa. Ao permitir que os alunos "vivenciem" as funções matemáticas de forma tangível e manipulável, a RM favorece a construção ativa do conhecimento, como demonstrado por Chiang, Yang & Hwang (2014). Além disso, pesquisas indicam que a combinação de imersão e interação, características marcantes da RM, promove maior engajamento, melhora a retenção do conteúdo e pode reduzir a ansiedade em relação à matemática (Radu, 2014; Dunleavy, Dede & Mitchell, 2009).

É importante ressaltar, no entanto, que o planejamento cuidadoso das experiências em RM é crucial para o sucesso da aprendizagem. Como apontado por Makransky & Petersen (2021), é essencial evitar a sobrecarga cognitiva, garantindo que a complexidade da interação e a quantidade de informações apresentadas sejam adequadas ao nível de conhecimento e à capacidade de processamento dos alunos. Um design instrucional bem estruturado, com objetivos claros e feedback adequado, é fundamental para maximizar os benefícios da RM e criar uma experiência de aprendizagem verdadeiramente significativa.

1.1.2 Aplicações da RA e RM no Ensino de Matemática

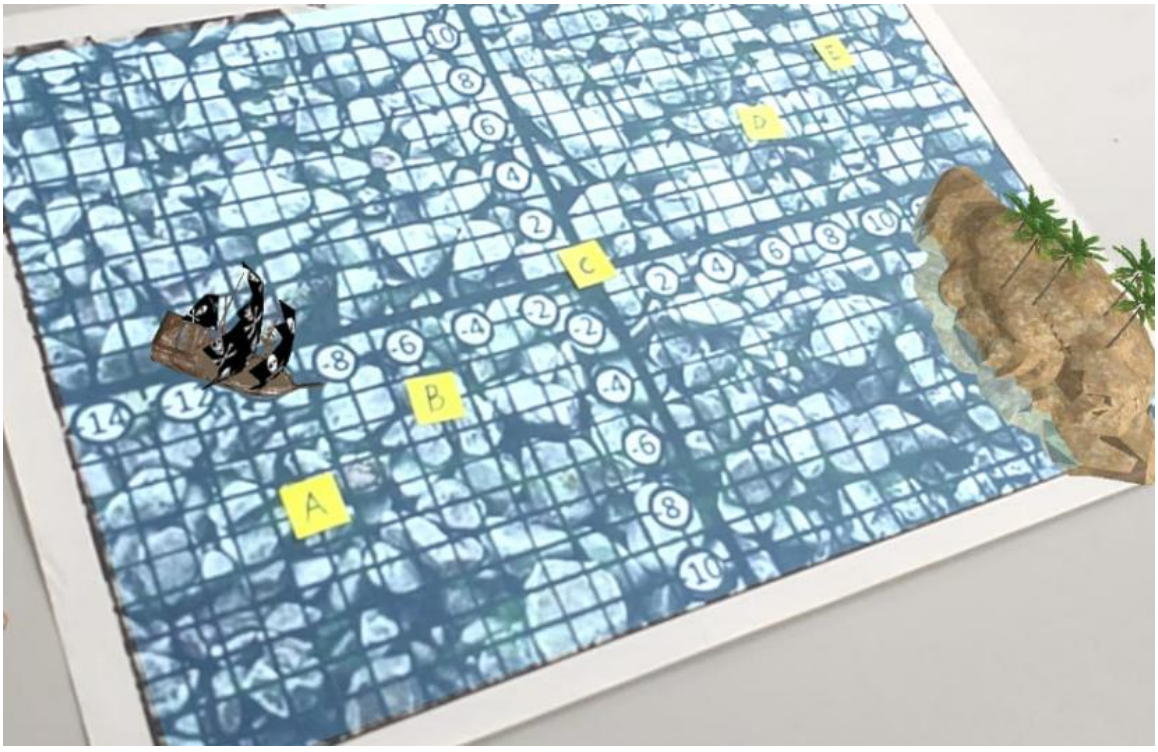
A RA e a RM têm se destacado como ferramentas poderosas para o ensino de matemática, transformando a forma como os alunos visualizam e interagem com

conceitos abstratos. Em disciplinas como álgebra e geometria, essas tecnologias permitem a visualização de formas, gráficos e relações matemáticas, tornando o aprendizado mais intuitivo e significativo (Billinghurst & Duenser, 2012). No contexto do ensino de funções, a capacidade da RM de misturar o mundo real com o virtual, permitindo a interação e a sobreposição de objetos, oferece oportunidades únicas para a aprendizagem.

No "Oceano Matemático", a RM é utilizada para criar um ambiente de aprendizagem onde os alunos podem:

- Explorar coordenadas e trajetórias: Os alunos inserem marcadores no tabuleiro impresso, que representam coordenadas em um plano cartesiano, como pode ser visto na Figura 4. Ao mover o navio (seu avatar) pelo mapa virtual, eles visualizam a trajetória correspondente no plano cartesiano, concretizando a relação entre pontos, coordenadas e gráficos de funções. Essa interação com o tabuleiro físico, combinada com a visualização em RM, torna a experiência mais tangível e menos abstrata.

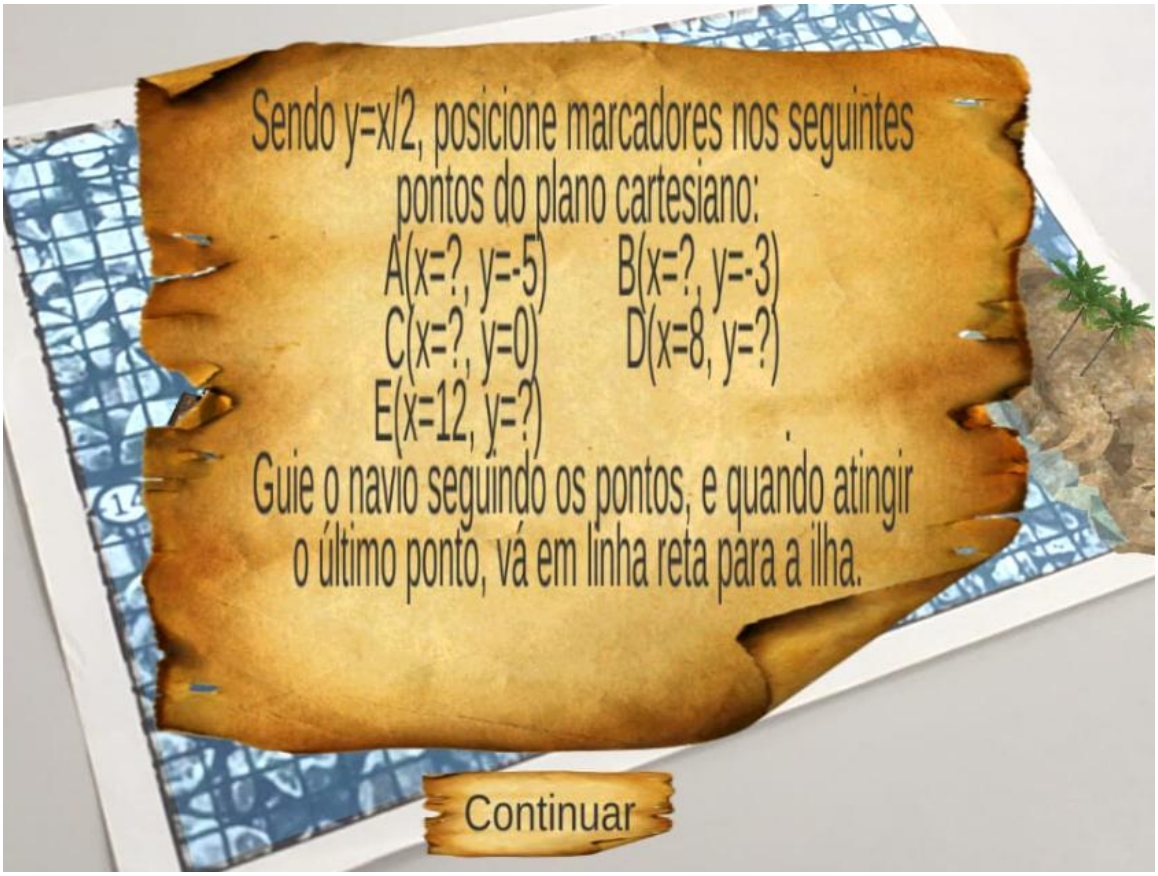
Figura 4: Rota (indicada pelos marcadores amarelos) definida que será usada para chegar até a ilha.



Fonte: Próprio autor, 2025

- Visualizar transformações de funções: Embora não seja o objetivo do jogo atual, a RM poderia permitir que alterações nos coeficientes das funções fossem visualizadas em tempo real, mostrando como as transformações afetam o gráfico, como ocorre no aplicativo GeoGebra. Esse recurso pode ser explorado em versões futuras do aplicativo, para aprofundar a compreensão das transformações de funções.
- Realizar atividades gamificadas: A mecânica principal do jogo consiste em resolver problemas matemáticos para traçar a rota do navio e alcançar o tesouro (Figura 5). Essa abordagem gamificada, combinada com a imersão da RM, torna o aprendizado mais dinâmico, desafiador e motivador, como demonstrado em estudos como os de Radu (2014) e Cheng & Tsai (2013).

Figura 5: Desafio matemático proposto ao jogador



Fonte: Próprio autor, 2025

A eficácia da RA e da RM no ensino de matemática depende, no entanto, da sua integração com metodologias pedagógicas adequadas, como ressaltado por Wu et al. (2013). A simples introdução da tecnologia não garante a aprendizagem; é necessário que sua implementação seja planejada e fundamentada em princípios educacionais sólidos. A RM, ao permitir que os alunos manipulem e experimentem conceitos matemáticos de forma concreta e contextualizada, oferece um caminho promissor para superar as limitações do ensino tradicional e promover uma aprendizagem mais significativa.

1.1.3 Desafios e Potencialidades da RM na Educação

Apesar das inúmeras vantagens, a implementação da RM no ensino ainda enfrenta desafios significativos. Alguns dos principais obstáculos incluem:

- Custo e acessibilidade: Dispositivos de RM, como óculos HoloLens ou Magic Leap, ainda são caros para a maioria das escolas (Bacca et al., 2014).
- Complexidade técnica: O desenvolvimento de conteúdos educacionais em RM exige conhecimentos específicos, tornando sua produção mais complexa e cara (Dünser et al., 2012).
- Formação de professores: A adoção eficaz dessas tecnologias requer capacitação docente, garantindo que os educadores saibam integrá-las de forma pedagógica e eficiente (Wu et al., 2013).

Por outro lado, as potencialidades da RM são vastas. Pesquisas indicam que, quando bem aplicada, a RM pode:

- Aumentar o interesse e a motivação dos alunos, tornando a aprendizagem mais envolvente e menos abstrata (Chiang, Yang & Hwang, 2014).
- Facilitar a compreensão de conceitos matemáticos complexos, proporcionando representações visuais interativas (Radu, 2014).
- Promover a aprendizagem ativa, permitindo que os alunos experimentem e testem hipóteses matemáticas de forma autônoma (Johnson et al., 2016).

A pesquisa contínua sobre a integração da RM na educação matemática e o desenvolvimento de soluções mais acessíveis são essenciais para que essa tecnologia atinja seu pleno potencial transformador (Dede, 2009).

1.2 GAMIFICAÇÃO E O ENSINO DE FUNÇÕES

A gamificação tem se consolidado como uma estratégia eficaz para tornar o aprendizado mais atrativo, motivador e interativo. Ao incorporar elementos dos jogos no ensino, busca-se estimular o engajamento dos alunos, incentivando a participação ativa no processo de aprendizagem (Deterding et al., 2011; Kapp, 2012). No desenvolvimento do jogo Oceano Matemático, a gamificação foi aplicada com base em princípios estruturados, fundamentando-se na teoria de Karl Kapp (2012) e no Octalysis *Framework* (Chou, 2015), a fim de maximizar a motivação e proporcionar uma experiência de aprendizagem mais eficaz.

A integração de mecânicas e dinâmicas de jogos dentro do ensino de funções matemáticas permitiu criar um ambiente de aprendizagem onde os alunos são desafiados a resolver problemas, recebem feedback imediato sobre suas ações e são recompensados por seu progresso. Essas estratégias incentivam o aprendizado por meio da experimentação, permitindo que os estudantes testem diferentes abordagens para encontrar soluções matemáticas, reforçando a construção ativa do conhecimento (Landers, 2014).

Este tópico explora a aplicação de mecânicas e dinâmicas de jogos no contexto educacional, discute como a motivação e o engajamento impactam a aprendizagem e analisa o papel do Octalysis *Framework* (Chou, 2015) na estruturação da experiência gamificada.

1.2.1 Mecânicas e Dinâmicas de Jogos no Contexto Educacional

Karl Kapp (2012), em *The Gamification of Learning and Instruction*, define gamificação como "o uso de mecânicas, dinâmicas e elementos de jogos para engajar e motivar os participantes no aprendizado e na resolução de problemas" (p. 10). Segundo o autor, a aplicação de mecânicas de jogos pode tornar a aprendizagem mais envolvente, estimulando a persistência e promovendo uma experiência interativa mais rica.

No aplicativo desenvolvido para o ensino de funções matemáticas, foram incorporadas diversas mecânicas e dinâmicas de jogos para incentivar a participação ativa dos alunos e facilitar a assimilação dos conteúdos matemáticos. Dentre as principais estratégias utilizadas, destacam-se:

- Desafios Progressivos: Os alunos enfrentam uma série de desafios matemáticos graduais, nos quais precisam aplicar conceitos de funções para avançar no jogo. Esse mecanismo está alinhado ao princípio de Development & Accomplishment do Octalysis *Framework*, pois fornece um senso de progressão e conquista a cada problema resolvido (Chou, 2015).
- Feedback Imediato: A cada resposta fornecida, o aplicativo retorna instantaneamente um feedback, indicando se a solução está correta e fornecendo explicações caso haja erro. Kapp (2012) argumenta que "o feedback contínuo melhora significativamente o aprendizado, pois permite que os alunos ajustem suas estratégias em tempo real" (p. 42).
- Recompensas e Progressão: A gamificação do aplicativo inclui pontos, conquistas e desbloqueio de novos desafios, que incentivam os alunos a continuar jogando e aprendendo. Pesquisas indicam que sistemas de recompensa podem aumentar a motivação extrínseca, especialmente em contextos educacionais (Hamari, Koivisto & Sarsa, 2016).
- Narrativa Envolvente: O jogo contextualiza os desafios matemáticos dentro de uma aventura marítima, na qual os alunos assumem o papel de exploradores que precisam traçar rotas corretas em um mapa baseado em coordenadas cartesianas. Essa estratégia se baseia no princípio de Epic Meaning & Calling, que sugere que os alunos se sentem mais engajados quando percebem um propósito maior na atividade (Chou, 2015).

A combinação dessas mecânicas e dinâmicas alinha-se às diretrizes da gamificação aplicada à educação, criando um ambiente onde os alunos se sentem desafiados, recompensados e envolvidos em uma jornada de aprendizado significativa.

1.2.2 Motivação, Engajamento e Aprendizagem

A motivação e o engajamento são fatores determinantes para a aprendizagem significativa. Quando os alunos estão motivados, eles se dedicam mais ao estudo, persistem diante de desafios e apresentam melhor desempenho acadêmico (Deci & Ryan, 2000). A gamificação, ao incorporar elementos lúdicos, desafios e recompensas, pode potencializar esses aspectos, tornando o aprendizado mais dinâmico e interessante (Hamari, Koivisto & Sarsa, 2016).

Diversos estudos demonstram que a adoção da gamificação na educação resulta em benefícios como:

- Maior envolvimento e participação dos alunos (Landers & Landers, 2014);
- Aumento da motivação para a resolução de problemas complexos (Dichev & Dicheva, 2017);
- Melhora na retenção de conhecimento devido ao uso de feedback imediato e recompensas progressivas (Seaborn & Fels, 2015).

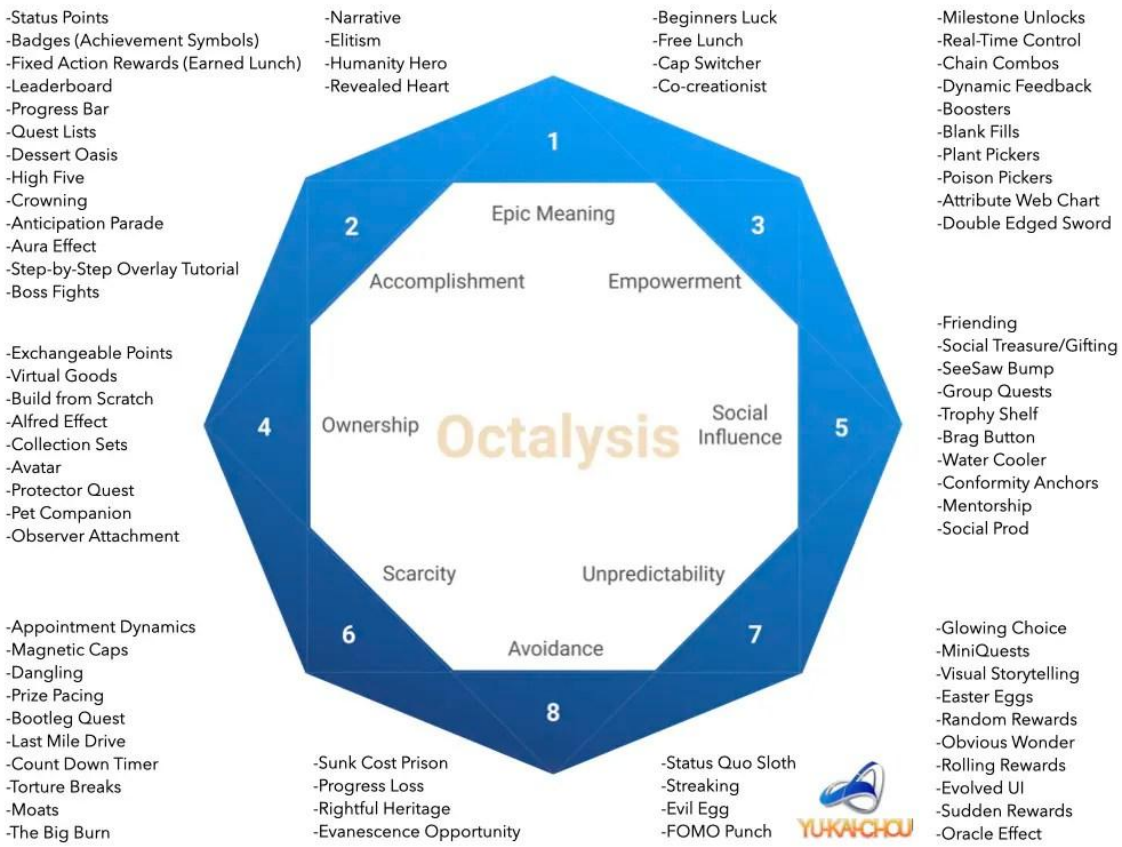
No contexto deste estudo, a gamificação foi utilizada para incentivar a aprendizagem ativa de funções matemáticas. Ao invés de simplesmente absorver conteúdos teóricos, os alunos interagem com um ambiente digital dinâmico, no qual precisam aplicar conhecimentos matemáticos para traçar rotas corretas no jogo. Essa abordagem alinha-se à teoria da autodeterminação, que enfatiza a importância da autonomia, competência e relação social na motivação dos alunos (Deci & Ryan, 1985).

Além disso, o uso de desafios graduais e feedback contínuo contribui para o desenvolvimento da motivação intrínseca, pois os alunos percebem seu próprio progresso e aprimoram suas habilidades matemáticas de forma progressiva (Ryan & Deci, 2000).

1.2.3 *Framework*s de Gamificação (Octalysis *Framework*)

O Octalysis *Framework* (Figura 6), desenvolvido por Yu-kai Chou (2015), é um modelo amplamente utilizado para o design de experiências gamificadas eficazes. Ele identifica oito "core drives" – motivadores intrínsecos e extrínsecos – que impulsionam o engajamento e a motivação dos usuários. Esses "core drives" foram cuidadosamente considerados durante o desenvolvimento do "Oceano Matemático" para garantir que a gamificação fosse implementada de forma pedagógica e intencional, visando maximizar a motivação e o aprendizado dos alunos.

Figura 6: *Framework* Octalysis



Fonte: Chou, Y.-K, 2015.

A seguir, descrevemos como cada um desses "core drives" foi aplicado no jogo:

- Epic Meaning & Calling (Significado Épico e Propósito): Este "core drive" se concentra em conectar o jogador a um propósito maior, fazendo-o sentir que faz parte de algo importante. No "Oceano Matemático", isso é alcançado através da narrativa de exploração marítima, na qual os alunos assumem o papel de exploradores em busca de um tesouro perdido. Essa narrativa dá significado à jornada de aprendizagem, tornando-a mais envolvente e motivadora. A busca pelo tesouro, metaforicamente, representa a busca pelo conhecimento matemático.
- Development & Accomplishment (Desenvolvimento e Conquista): Este "core drive" foca na sensação de progressão, maestria e conquista. No jogo, isso é implementado por meio de: (1) Desafios progressivos - Os desafios matemáticos aumentam gradativamente de dificuldade, proporcionando aos

alunos a sensação de superação a cada nova fase; (2) Feedback imediato - Após cada resposta, o aplicativo fornece feedback imediato, permitindo que os alunos aprendam com seus erros e acertos e ajustem suas estratégias; (3) Sistema de pontuação - Os alunos ganham pontos por cada desafio concluído, o que reforça a sensação de progresso e incentiva a busca por melhores resultados.

- Empowerment of Creativity & Feedback (Empoderamento da Criatividade e Feedback): Este "core drive" incentiva a criatividade, a experimentação e o feedback. No "Oceano Matemático", embora limitado pela mecânica principal do jogo, os alunos podem escolher diferentes estratégias para resolver os desafios matemáticos e traçar a rota de seu navio. O feedback imediato do aplicativo permite que eles testem diferentes abordagens e refinem suas habilidades de resolução de problemas.
- Ownership & Possession (Propriedade e Posse): Este "core drive" se relaciona com a sensação de controle e posse sobre algo. No jogo, os alunos têm propriedade sobre seu navio (avatar) e controlam suas ações. A cada fase concluída, eles conquistam uma nova parte do mapa, reforçando a sensação de progresso e posse sobre seu aprendizado.
- Social Influence & Relatedness (Influência Social e Relacionamento): Este "core drive" explora a interação social e a competição. O "Oceano Matemático" incorpora esse aspecto por meio de um placar de líderes (ranking), onde os alunos podem comparar seu desempenho com o de outros jogadores, incentivando a competição saudável e a busca por melhores resultados.
- Scarcity & Impatience (Escassez e Impaciência): Este "core drive" utiliza a sensação de urgência e escassez para motivar os jogadores. No jogo, isso pode ser implementado por meio de desafios diários com recompensas limitadas, que incentivam os alunos a jogar regularmente.
- Unpredictability & Curiosity (Imprevisibilidade e Curiosidade): Este "core drive" se baseia na surpresa e na descoberta. No "Oceano Matemático", a imprevisibilidade dos desafios e a curiosidade de descobrir o que vem a seguir motivam os alunos a continuar jogando e aprendendo.
- Loss & Avoidance (Perda e Evitação): Este "core drive" utiliza a aversão à perda como motivador. No jogo, os alunos podem perder pontos de vida se o navio

sair da rota ou se as respostas estiverem incorretas, incentivando-os a se concentrar e a evitar erros.

A aplicação desses "core drives" no "Oceano Matemático" pode criar uma experiência de aprendizagem gamificada mais rica e envolvente, alinhada aos princípios do Octalysis *Framework* e buscando maximizar o engajamento e a motivação dos alunos para o aprendizado de funções matemáticas. Estudos como os de Chou (2019) e Hanus e Fox (2015) demonstram que a aplicação do Octalysis *Framework* em contextos educacionais pode levar a uma melhora na retenção do conhecimento e a um aumento no engajamento dos alunos.

1.3 O JOGO COMO ELEMENTO CULTURAL E PEDAGÓGICO

O jogo é uma prática cultural presente em diversas sociedades ao longo da história, desempenhando um papel essencial na construção de significados, valores e formas de interação social. No contexto educacional, sua utilização como estratégia pedagógica tem se mostrado eficaz para promover a motivação e o engajamento dos alunos, transformando a aprendizagem em uma experiência mais interativa e significativa (Salen & Zimmerman, 2004; Kishimoto, 2011).

Este tópico explora a relevância do jogo como elemento cultural e pedagógico, fundamentando sua aplicação em Oceano Matemático, um aplicativo educacional em Realidade Mista (RM) desenvolvido para o ensino de funções matemáticas. A discussão se baseia nas teorias de Johan Huizinga (1938) e Roger Caillois (1958), que analisam o jogo como um fenômeno estruturante da cultura e da sociedade.

Huizinga (1938) argumenta que o jogo cria um espaço simbólico e imersivo, no qual regras específicas são estabelecidas, afastando-se da realidade cotidiana. Já Caillois (1958) propõe uma tipologia dos jogos, classificando-os conforme suas dinâmicas e objetivos. A análise a seguir demonstra como esses conceitos foram aplicados em Oceano Matemático, evidenciando o papel do jogo na construção de uma experiência educacional atrativa e desafiadora.

1.3.1 A Tipologia dos Jogos segundo Roger Caillois

Em Les Jeux et les Hommes (1958), Roger Caillois estabelece uma classificação dos jogos baseada em sua estrutura e objetivos. Ele propõe quatro categorias principais:

- Agon (Competição): Jogos baseados em disputa e habilidade, como esportes e jogos de tabuleiro.
- Alea (Sorte): Jogos cujo resultado depende do acaso, como roleta e loterias.
- Mimicry (Simulação): Jogos que envolvem a imitação de papéis e a criação de realidades alternativas.
- Ilinx (Vertigem): Jogos que exploram a excitação e a desorientação sensorial, como brinquedos radicais.

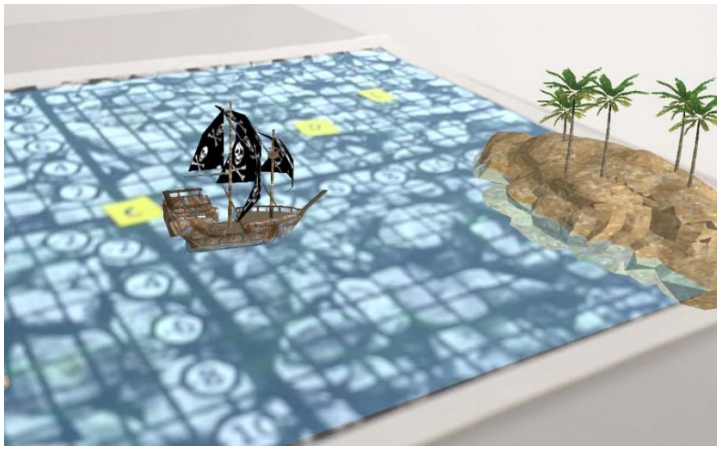
Além dessas categorias, Caillois diferencia entre dois modos de envolvimento no jogo: Paidia - Jogos espontâneos e livres, sem regras rígidas; Ludus - Jogos estruturados, com regras definidas e objetivos claros.

No desenvolvimento de Oceano Matemático, a Mimicry (Simulação) foi a categoria predominante, pois o jogo cria um ambiente onde os alunos assumem o papel de exploradores navegando por um mapa, resolvendo desafios matemáticos para avançar. A RM intensifica essa experiência ao integrar elementos virtuais ao mundo real, tornando a simulação mais interativa e permitindo que os alunos visualizem funções matemáticas de maneira contextualizada e dinâmica.

A distinção entre Paidia e Ludus também foi fundamental no design do jogo (

Figura 7). A exploração livre do ambiente digital e a possibilidade de testar diferentes funções matemáticas refletem a Paidia, pois os alunos podem experimentar e explorar conceitos sem restrições rígidas. Por outro lado, os desafios estruturados, que exigem a aplicação correta dos conceitos para avançar no jogo, representam o Ludus, garantindo que a aprendizagem tenha um direcionamento claro.

Figura 7: O design do jogo permite ao jogador explorar diferentes possibilidades



Fonte: Próprio autor, 2025

A competição (Agon) também foi incorporada por meio de pontuações, incentivando os alunos a aprimorar suas habilidades matemáticas e alcançar melhores desempenhos. Essa abordagem está alinhada a estudos que indicam que elementos competitivos podem aumentar a motivação dos alunos quando aplicados de maneira equilibrada e positiva (Hamari, Koivisto & Sarsa, 2016).

Dessa forma, a tipologia de Caillois permitiu estruturar o jogo Oceano Matemático de maneira que equilibrasse liberdade e estrutura, exploração e desafios, buscando favorecer um aprendizado motivador e significativo.

1.3.2 O Círculo Mágico do Jogo (Johan Huizinga)

Johan Huizinga, em Homo Ludens (1938), propõe que o jogo é um fenômeno cultural fundamental, influenciando a maneira como sociedades constroem significados e relações sociais. Ele introduz o conceito de círculo mágico, que descreve o espaço simbólico onde ocorre a experiência lúdica, separado da realidade cotidiana.

Segundo Huizinga, "o jogo cria sua própria ordem e significado, estabelecendo um mundo temporário onde regras distintas são aceitas voluntariamente pelos participantes" (Huizinga, 1938, p. 10). Esse conceito é essencial para entender como a gamificação em Oceano Matemático criou um ambiente de aprendizagem mais cativante e eficaz.

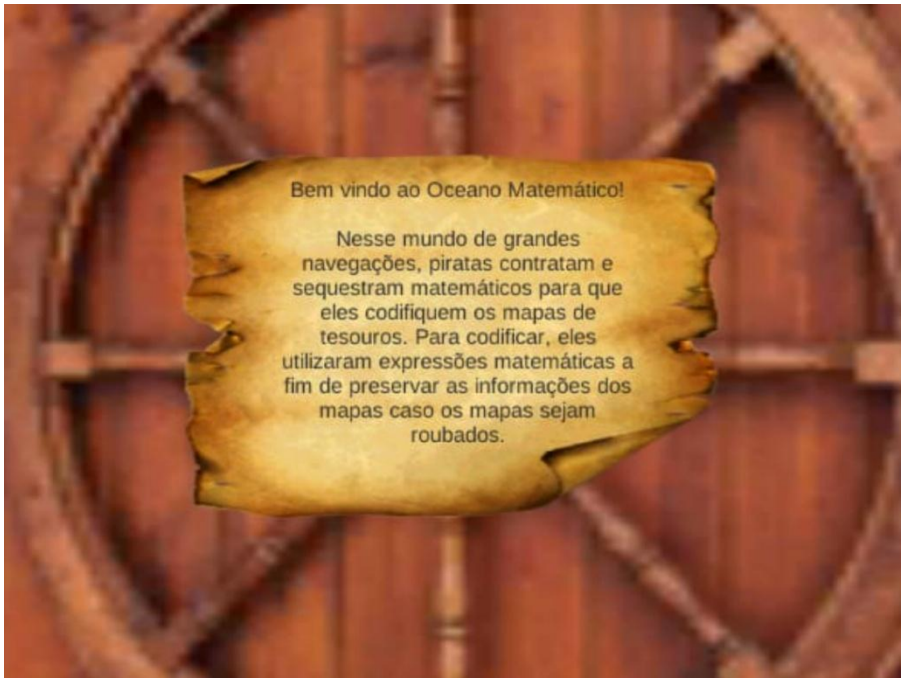
No jogo desenvolvido, a RE foi um elemento essencial na construção do círculo mágico, pois transportou os alunos para um ambiente virtual no qual as limitações do

mundo real foram suspensas. Esse espaço lúdico permitiu que os estudantes explorassem conceitos matemáticos de forma mais interativa e intuitiva, reduzindo a ansiedade associada ao aprendizado tradicional.

Sendo assim, buscou-se uma imersão fortalecida por três elementos principais:

- Narrativa envolvente – A história do jogo posiciona os alunos como exploradores em busca de um tesouro, como demonstrado na Figura 8, tornando a experiência mais significativa e motivadora.

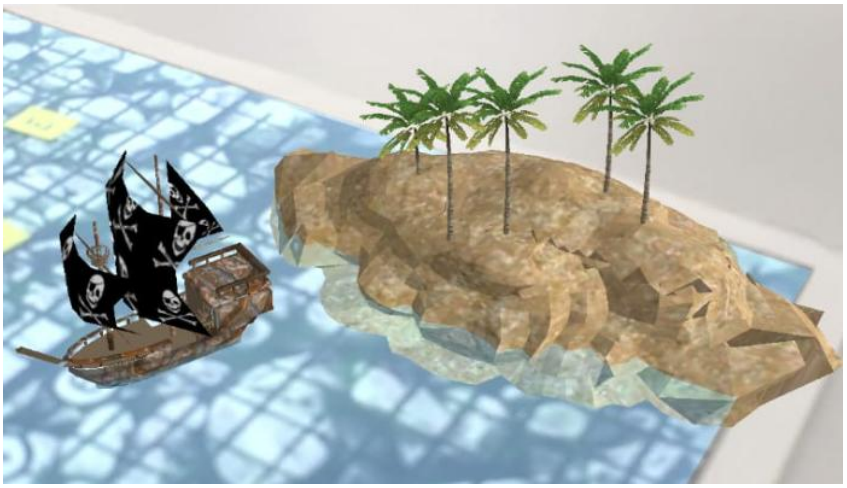
Figura 8: Uma das telas de introdução do jogo, colocando o jogador na história do jogo



Fonte: Próprio autor, 2025

- Interação com o ambiente virtual – A possibilidade de selecionar coordenadas no mapa e resolver desafios matemáticos para avançar reforçou a sensação de pertencimento ao mundo do jogo.
- Ausência das pressões escolares tradicionais – Dentro do jogo, os alunos puderam testar hipóteses (Figura 9) e cometer erros sem medo de punição, favorecendo uma aprendizagem mais autônoma e baseada na experimentação.

Figura 9: Jogador podendo explorar possibilidades no jogo



Fonte: Próprio autor, 2025

A pesquisa de Gee (2003) demonstra que jogos digitais podem criar espaços de aprendizagem onde os alunos se sentem mais confortáveis para testar soluções e desenvolver autonomia. No caso de Oceano Matemático, o círculo mágico proporcionado pela RM permitiu que os estudantes se engajassem com os conceitos matemáticos sem a rigidez das aulas tradicionais, promovendo uma relação mais positiva com a disciplina.

Dessa forma, a teoria de Huizinga reforça a ideia de que o jogo pode criar um espaço de experimentação, criatividade e engajamento, no qual os alunos se envolvem ativamente com o conteúdo e constroem conhecimento de maneira significativa.

1.3.3 Conclusão sobre a aplicação das teorias ao desenvolvimento do jogo

A aplicação das teorias de Caillois e Huizinga no desenvolvimento de Oceano Matemático demonstra como os princípios do jogo podem ser aproveitados para estruturar experiências educacionais imersivas e eficazes.

A tipologia dos jogos de Caillois ajudou a definir as mecânicas do jogo, equilibrando simulação (Mimicry), exploração livre (Paidia) e desafios estruturados (Ludus).

Assim, o conceito de círculo mágico de Huizinga pode ser entendido como uma evidência de que a imersão proporcionada pela RM talvez permita que os alunos explorassem funções matemáticas de forma mais intuitiva e engajadora.

Com base nessas teorias, o jogo Oceano Matemático pode não apenas ensinar funções matemáticas, mas também, criar uma experiência significativa e motivadora, demonstrando o potencial dos jogos e da RM para inovar o ensino da matemática.

1.4 O ENSINO DE FUNÇÕES MATEMÁTICAS: DESAFIOS E OPORTUNIDADES

O ensino de funções matemáticas desempenha um papel fundamental na educação matemática, sendo essencial para diversas áreas do conhecimento, como física, engenharia, economia e ciências da computação. No entanto, sua aprendizagem frequentemente apresenta desafios para alunos e professores, seja pela abstração dos conceitos, pela dificuldade de visualização gráfica ou pelo distanciamento da aplicação prática (Tall, 2013).

Neste tópico, analisam-se as dificuldades mais comuns no ensino de funções matemáticas, as limitações das abordagens tradicionais e as oportunidades que as RE, especialmente a RM, oferecem para superar esses desafios. Por meio de experiências interativas e imersivas, a RM pode tornar a compreensão das funções mais intuitiva, dinâmica e contextualizada, promovendo um aprendizado mais significativo e alinhado às necessidades dos alunos do século XXI (Ferrer-Torregrosa et al., 2015; Wu et al., 2013).

1.4.1 Abordagens Tradicionais e seus Limites

O ensino tradicional de funções matemáticas baseia-se predominantemente em aulas expositivas, demonstrações algébricas e exercícios repetitivos, com forte ênfase na memorização de fórmulas e algoritmos (Sfard, 1991). Embora essa abordagem seja eficaz para consolidar habilidades operatórias, ela muitas vezes não favorece a compreensão conceitual das funções, tornando o aprendizado desmotivador para muitos estudantes (Tall, 2013).

Assim, as principais limitações das abordagens tradicionais são:

- Dificuldade na visualização gráfica: Muitos alunos enfrentam problemas ao associar equações algébricas às suas representações gráficas, o que compromete a compreensão de conceitos como domínio, imagem e taxa de variação (Duval, 2006).

- Aprendizado mecânico: A prática excessiva de cálculo sem contexto pode levar os estudantes a memorizar regras sem compreender seu significado, dificultando a transferência do conhecimento para novas situações (Sfard, 1991).
- Falta de contextualização: A matemática, quando apresentada de forma abstrata e sem relação com aplicações práticas, pode parecer desconectada da realidade dos alunos, reduzindo seu interesse e motivação (Boaler, 2016).
- Baixo nível de engajamento: O ensino passivo, centrado na exposição do professor e na resolução mecânica de exercícios, não incentiva a exploração, a experimentação e a descoberta, elementos essenciais para o aprendizado ativo e significativo (Freudenthal, 1973).

Diante desses desafios, torna-se essencial explorar metodologias inovadoras, que favoreçam a visualização dinâmica das funções, a interatividade e a contextualização do conhecimento matemático. Nesse sentido, as Realidades Estendidas (RE) representam uma alternativa promissora para transformar o ensino de funções, tornando-o mais acessível, interessante e significativo para os alunos.

1.4.2 O Potencial das RE para o Ensino de Funções

As RE, que incluem a RA e a RM, possuem um grande potencial para superar as limitações das abordagens tradicionais, tornando a aprendizagem das funções matemáticas mais intuitiva, visual e interativa (Ferrer-Torregrosa et al., 2015).

A RA permite sobrepor gráficos e elementos virtuais ao mundo físico, possibilitando que os alunos visualizem funções matemáticas diretamente no espaço ao seu redor (Martins, 2021). Isso pode ser útil para:

- Exibir gráficos de funções tridimensionais sobre um plano cartesiano impresso ou uma superfície real (Figura 10).
- Manipular coeficientes e observar transformações em tempo real, facilitando a compreensão de conceitos como translações, reflexões e dilatações (Figura 10).

Figura 10: Interface do Calculadora Gráfica Geogebra 3D.



Fonte: Martins, 2021.

Já a RM vai além da RA, pois permite interação direta com os elementos digitais, criando um ambiente mais imersivo e cativante (Milgram & Kishino, 1994). No contexto de Oceano Matemático, a RM foi aplicada procurando-se permitir que os alunos explorem os conceitos de coordenadas em mapa interativo, promovendo um aprendizado mais dinâmico e intuitivo das funções matemáticas. Porém, ainda não foi possível implementar um sistema como do aplicativo GeoGebra (Martins, 2021), no qual é possível manipular as funções e verificar seus efeitos de forma direta.

Ainda assim, é possível sugerir, como principais diferenciais de um jogo em RM para ensino de funções matemáticas:

- Interação e manipulação dinâmica: Diferente das abordagens tradicionais, onde os gráficos são estáticos, na RM os alunos podem alterar variáveis e observar mudanças na função em tempo real, favorecendo a construção de um

entendimento mais intuitivo e exploratório, como ocorre no aplicativo GeoGebra (Ferri, 2018).

- Contextualização e aplicação prática: O ambiente do jogo permite que os alunos apliquem conceitos matemáticos para solucionar desafios reais, como traçar rotas corretas no mapa, promovendo um aprendizado mais contextualizado e significativo.
- Apoio à aprendizagem visual e cinestésica: A possibilidade de manipular diretamente os elementos matemáticos com gestos favorece alunos com diferentes estilos de aprendizagem, tornando o ensino mais acessível (Mayer, 2005). Para tal, é importante o uso de tecnologias de rastreamento de movimentos agregado à RM.

Pesquisas apontam que o uso de RE na educação matemática pode aumentar significativamente o engajamento e a retenção de conhecimento, uma vez que os alunos deixam de ser apenas espectadores e passam a experimentar e interagir com os conceitos matemáticos (Bacca et al., 2014; Radu, 2014).

1.4.3 RM em Oceano Matemático: Integração entre o virtual e o real

No jogo Oceano Matemático, a RM foi utilizada para criar um ambiente em que os alunos podem explorar coordenadas cartesianas diretamente no mapa interativo do jogo, estabelecendo uma ponte entre a matemática abstrata e sua aplicação concreta. A interação espacial diferenciada da RM permitiu:

- Uma experiência mais intuitiva, onde os alunos visualizam e traçam trajetórias em um mapa baseado em funções matemáticas.
- A integração do mundo real ao jogo, como o uso de um plano cartesiano impresso que interage com os elementos digitais da RM.
- Uma abordagem mais inclusiva, oferecendo suporte a alunos com diferentes estilos de aprendizagem, permitindo movimentação livre e interação gestual.

Além da visualização e manipulação de gráficos, a RM também pode ser usada para simulações interativas, nas quais os alunos aplicam seus conhecimentos para resolver problemas práticos, como a modelagem de trajetórias de veículos, o crescimento populacional ou a previsão de lucros empresariais. Essa abordagem aproxima a matemática da realidade dos alunos, tornando-a mais relevante e aplicável ao mundo real (Boaler, 2016).

1.5 EXEMPLOS DE JOGOS E APLICATIVOS EDUCACIONAIS PARA O ENSINO DE MATEMÁTICA

O uso de jogos e aplicativos educacionais tem se mostrado uma abordagem eficaz para tornar a aprendizagem da matemática mais interessante e interativa (Ke, 2016; Gee, 2007). Esses recursos exploram diferentes mecânicas e dinâmicas para ensinar conceitos matemáticos, desde jogos com mundos abertos até plataformas gamificadas específicas para conteúdos matemáticos.

Este tópico apresenta uma análise de jogos e aplicativos que compartilham características com Oceano Matemático, seja por suas mecânicas de jogo, pelo uso de Realidade Aumentada (RA) e Realidade Mista (RM), ou pelo foco em conceitos matemáticos específicos. A comparação entre essas ferramentas educacionais permite destacar as inovações e contribuições de Oceano Matemático no ensino de funções matemáticas, demonstrando como a combinação de RM, gamificação e narrativa imersiva pode potencializar o aprendizado.

1.5.1 Análise de Jogos com Mecânicas Semelhantes

Alguns jogos digitais, apesar de não terem sido desenvolvidos com o propósito específico de ensino da matemática, exploram mecânicas que incentivam o raciocínio lógico, a resolução de problemas e a aplicação de conceitos matemáticos de maneira contextualizada. Dois exemplos notáveis são Minecraft e Kerbal Space Program, que, assim como Oceano Matemático, promovem o aprendizado ativo e a experimentação.

1.5.1.1 Minecraft (Mojang Studios, 2011)

Minecraft (Figura 11) é um dos jogos mais populares do mundo e favorece a aprendizagem matemática de maneira indireta, permitindo que os jogadores explorem conceitos espaciais, geométricos e de lógica matemática (Schifter; Cipollone, 2015). Os jogadores constroem estruturas em um ambiente tridimensional baseado em blocos, o que exige habilidades relacionadas a proporção, simetria, volume e planejamento de recursos.

Figura 11: Imagem do jogo Minecraft



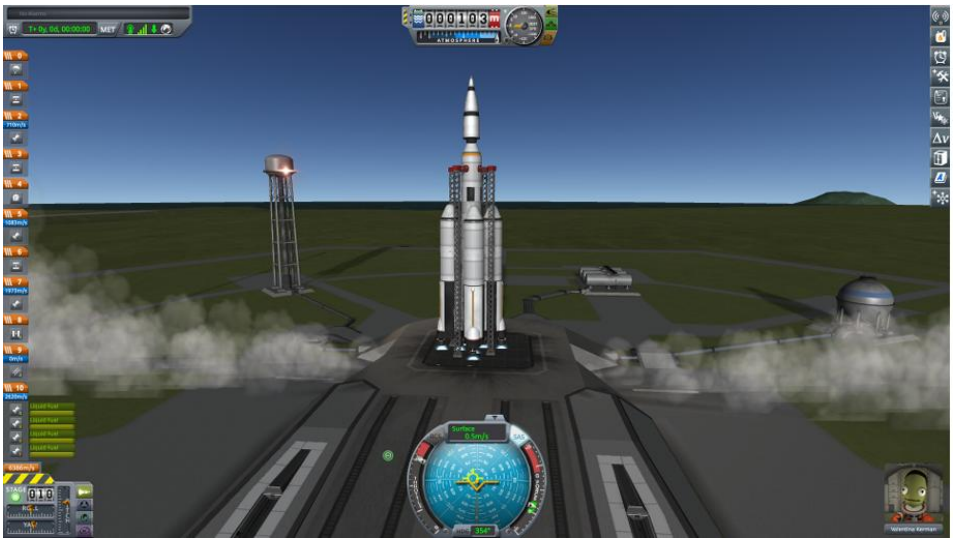
Fonte: Schifter; Cipollone, 2015.

Semelhante ao Oceano Matemático, Minecraft permite que os alunos desenvolvam pensamento matemático dentro de um contexto gamificado, incentivando a criatividade e a resolução de problemas. No entanto, Minecraft não é focado no ensino formal de matemática, enquanto Oceano Matemático se concentra especificamente no aprendizado de funções matemáticas, estruturando desafios que exigem a aplicação direta desses conceitos.

1.5.1.2 Kerbal Space Program (Squad, 2015)

Kerbal Space Program (Figura 12) é um jogo de simulação que desafia os jogadores a construir e lançar espaçonaves aplicando princípios da física e da matemática. O jogo exige conhecimento sobre trajetórias, órbitas e manobras espaciais, tornando-se um exemplo de como a matemática pode ser ensinada de forma aplicada (Cahoy; Murphy, 2023).

Figura 12: Imagem do jogo *Kerbal Space Program*



Fonte: Cahoy ; Murphy, 2023.

O jogo Oceano Matemático compartilha semelhanças com Kerbal Space Program no uso da resolução de problemas para estimular o raciocínio matemático, mas difere ao ser projetado especificamente para alunos do ensino fundamental e médio, com desafios graduais e uma curva de aprendizado mais acessível.

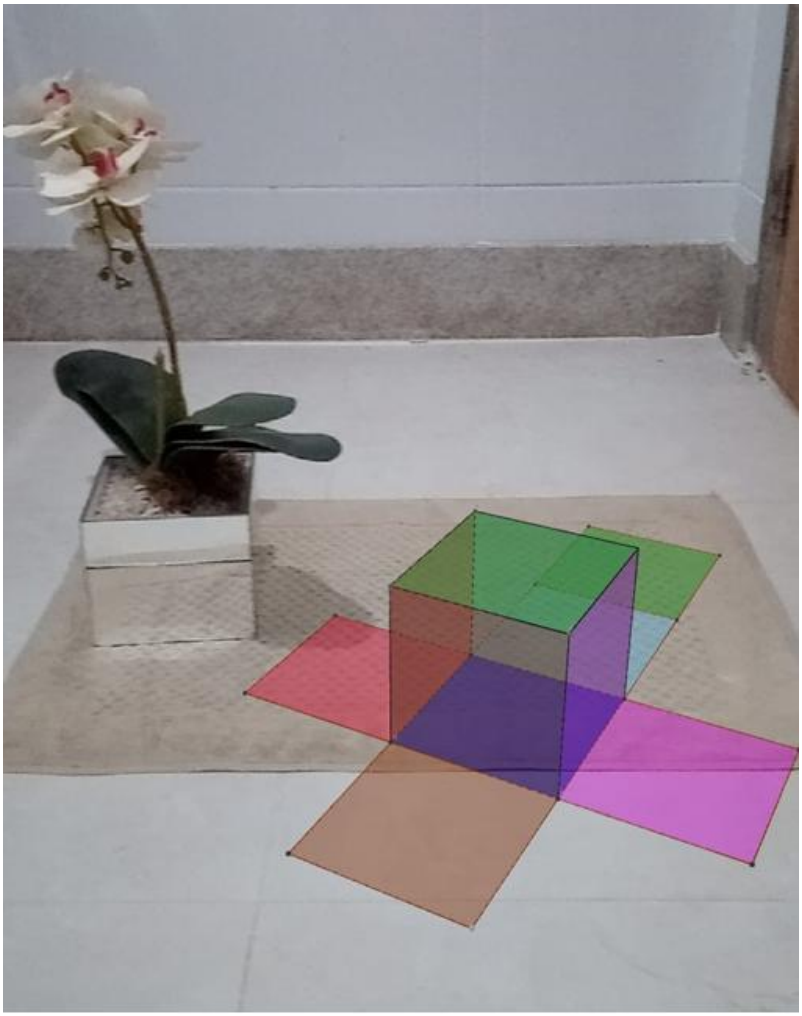
1.5.2 Jogos e Aplicativos com RA/RM na Educação

O avanço das tecnologias imersivas tem permitido a criação de aplicativos educacionais que utilizam RA e RM para tornar a matemática mais visual e interativa (Bacca et al., 2014). Dois exemplos relevantes são GeoGebra AR e Shapes 3D Geometry Learning, que exploram representações gráficas em ambientes virtuais, assim como Oceano Matemático.

1.5.2.1 GeoGebra AR (Hohenwarter et al., 2001)

O GeoGebra AR é um dos aplicativos mais conhecidos para a visualização matemática em RA. Ele permite que os alunos explorem gráficos de funções tridimensionais, oferecendo uma ferramenta interativa para compreender relações matemáticas complexas (Ferri, 2018).

Figura 13: Cubo virtual projetado em ambiente real com GeoGebra



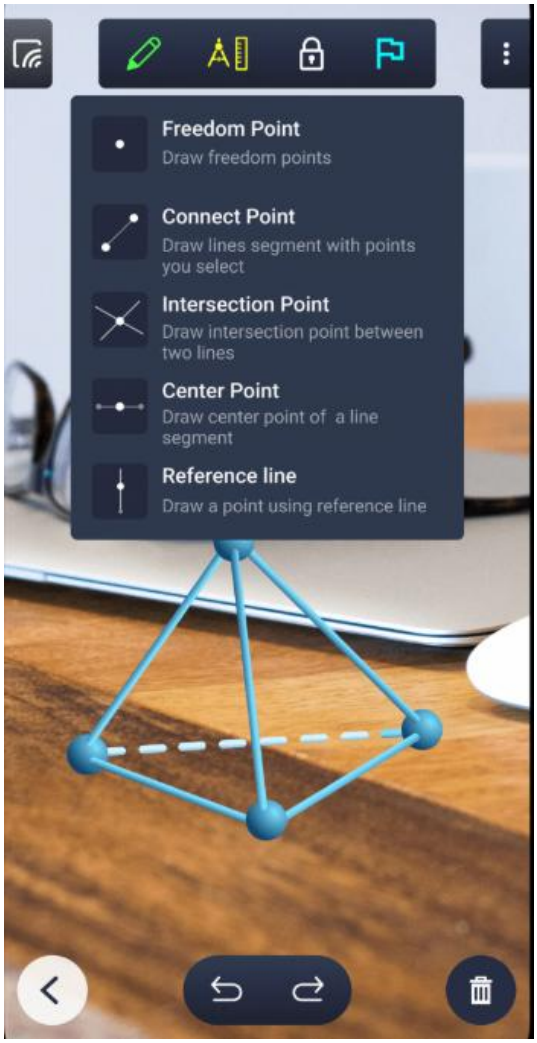
Fonte: Macedo, 2024.

O jogo Oceano Matemático se inspira no aplicativo GeoGebra AR ao utilizar uma tecnologia de RE para visualizar gráficos de funções. Por um lado, ainda não oferece a possibilidade de manipular as funções como GeoGebra, por outro lado, avança ao integrar esses elementos a uma narrativa gamificada, proporcionando desafios e missões que exigem a aplicação prática dos conceitos matemáticos.

1.5.2.2 Geo-AR (Spring Knowledge Global, 2024)

O Geo-AR (Figura 14) utiliza RA para ensinar conceitos de geometria, permitindo que os alunos manipulem sólidos geométricos em 3D. A interação direta com os objetos matemáticos facilita a compreensão de propriedades espaciais e relações geométricas.

Figura 14: Forma geométrica sendo configurada em RA com Geo-AR



Fonte: Spring Knowledge Global, 2024

Assim como Oceano Matemático, Geo-AR utiliza tecnologias de RE para tornar a matemática mais concreta e acessível. No entanto, enquanto Shapes 3D foca na geometria, Oceano Matemático concentra-se no ensino de funções matemáticas, combinando visualização gráfica com desafios interativos.

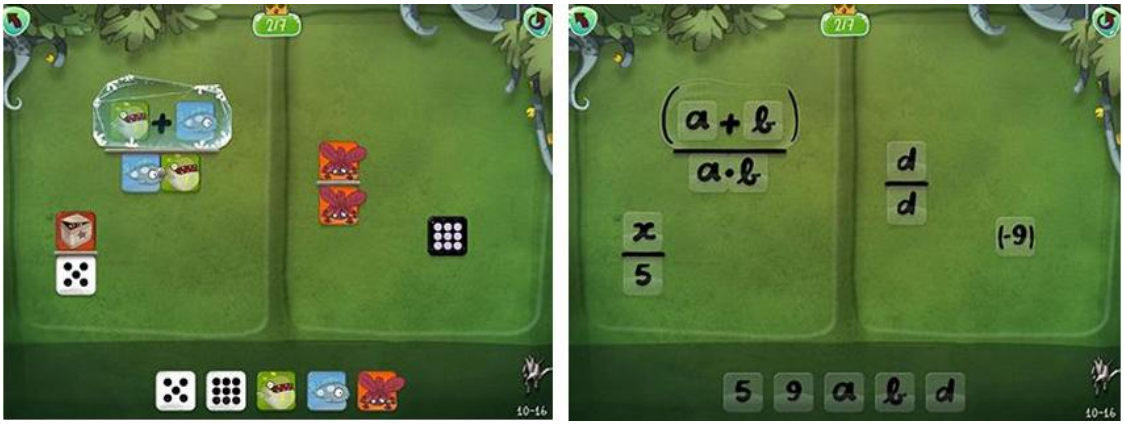
1.5.3 Jogos que abordam Conceitos Matemáticos

Alguns jogos foram desenvolvidos especificamente para o ensino de conceitos matemáticos, utilizando mecânicas de jogo para tornar o aprendizado mais dinâmico e engajador. Dois exemplos são DragonBox e MathLand, que utilizam narrativas e desafios matemáticos contextualizados, assim como Oceano Matemático.

1.5.3.1 DragonBox (Kahoot DragonBox, 2024)

DragonBox (Figura 15) é uma série de jogos educativos que ensina álgebra e geometria de forma lúdica, utilizando metáforas visuais para representar operações matemáticas (Toneis; Paulo. 2019). O jogo enfatiza a descoberta e a exploração, permitindo que os alunos aprendam conceitos matemáticos de forma intuitiva antes de serem expostos à notação formal.

Figura 15: Ensino de álgebra em um aplicativo Dragonbox



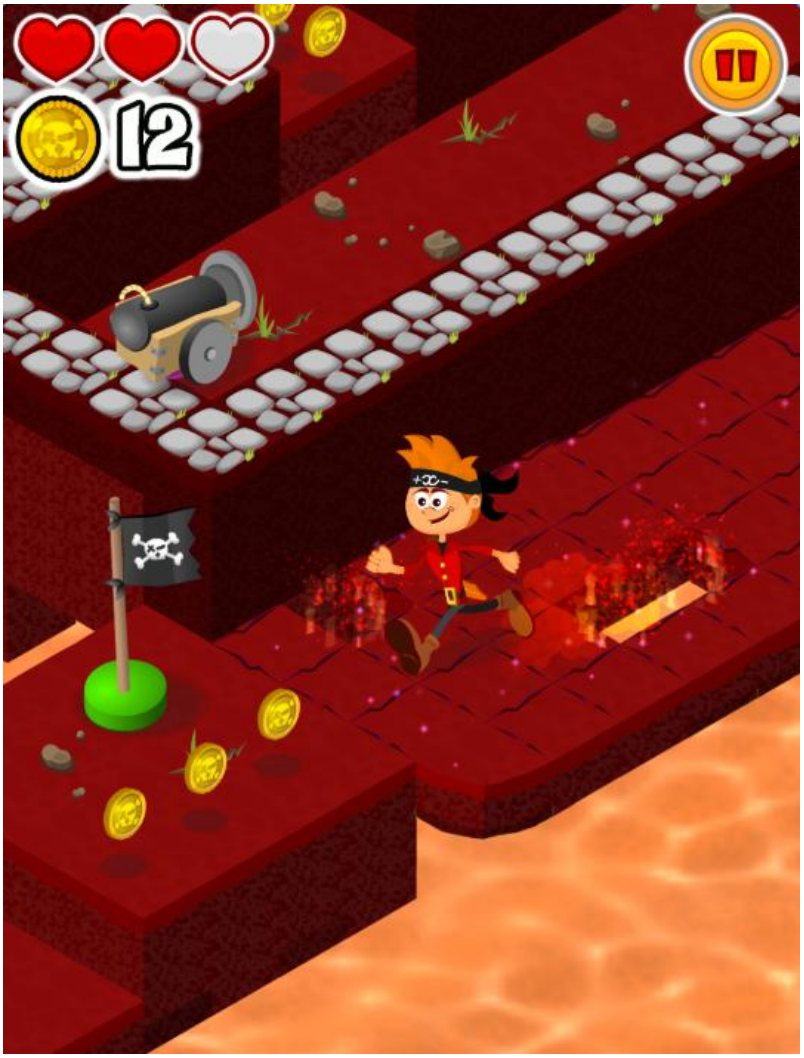
Fonte: Toneis; Paulo. 2019.

O jogo Oceano Matemático compartilha essa abordagem ao estruturar desafios matemáticos de forma progressiva, permitindo que os alunos experimentem diferentes estratégias para resolver problemas. No entanto, seu diferencial está no uso da RM para criar um ambiente interativo, aumentando a imersão na experiência de aprendizagem.

1.5.3.2 MathLand (Didactoons, 2024)

MathLand é um jogo de aventura matemática que desafia os jogadores a resolver problemas matemáticos para progredir na história. O jogo utiliza uma temática de exploração pirata, semelhante à narrativa de Oceano Matemático, demonstrando o potencial das narrativas e da gamificação para tornar o aprendizado mais envolvente.

Figura 16: Captura de tela do jogo MathLand.



Fonte: Didactoons, 2024.

Embora os dois jogos compartilhem a ideia de usar desafios matemáticos dentro de uma narrativa de exploração, Oceano Matemático se diferencia pelo uso da RM, que proporciona uma experiência de jogo mais imersiva e interativa.

1.5.4 Conclusão

A análise de jogos e aplicativos educacionais demonstra que Oceano Matemático combina elementos de diferentes abordagens, em que se busca oferecer uma experiência inovadora para o ensino de funções matemáticas. Podemos destacar como semelhanças e diferenciações os seguintes pontos:

- Assim como Minecraft e Kerbal Space Program, Oceano Matemático integra desafios matemáticos em um contexto de exploração, mas com um foco específico no ensino de funções.
- Inspirado em GeoGebra AR e Shapes 3D, o jogo utiliza RM para tornar a matemática mais visual e interativa, mas avança ao combinar isso com desafios e narrativa gamificada.
- Como DragonBox e MathLand, o jogo usa desafios lúdicos para ensinar matemática, diferenciando-se pela imersão proporcionada pela RM.

Portanto, Oceano Matemático representa uma inovação no ensino de matemática, ao unir gamificação, narrativa e RM para criar uma experiência educacional mais atrativa, imersiva e acessível aos alunos.

1.6 EDUTRETENIMENTO E APRENDIZAGEM IMERSIVA COM REALIDADE MISTA

A essência de edutretenimento, que combina educação e entretenimento, tem ganhado espaço na educação moderna ao criar experiências de aprendizagem mais motivadoras e eficazes. Como Américo (2010) apresenta e utiliza em sua obra, o conceito de Edutretenimento pode ser considerado como Walldén (2004) definiu de forma simples e completa: “são programas que utilizam diversas mídias para incorporar mensagens educativas em formatos de entretenimento, ou seja, educam com métodos de entretenimento”.

Sendo assim, a RM potencializa essa abordagem ao permitir que os alunos interajam com elementos virtuais de maneira imersiva, promovendo uma compreensão mais profunda dos conteúdos ensinados. Estudos indicam que o uso de tecnologias imersivas na educação aumenta a motivação e melhora a retenção do conhecimento ao proporcionar um ambiente de aprendizagem mais ativo e participativo (Handrianto, Salmaini & Nor-Azhar, 2024).

No contexto do ensino de matemática, a integração de RM ao edutretenimento pode facilitar a visualização de conceitos abstratos, tornando-os mais concretos e acessíveis. Oceano Matemático, ao utilizar RM e gamificação, cria um ambiente interativo em que os alunos assumem um papel ativo na construção do conhecimento, resolvendo desafios matemáticos e interagindo com representações gráficas em um espaço tridimensional. Essa combinação de aprendizagem baseada em tecnologia e engajamento lúdico pode favorecer um aprendizado mais significativo e duradouro.

1.6.1 O Poder da Narrativa e da Interação

A narrativa tem um papel central no edutretenimento, pois cria um contexto envolvente que dá sentido ao aprendizado. Quando os alunos são inseridos em uma história, eles se tornam participantes ativos do processo de aprendizagem, o que aumenta o engajamento e a motivação. A RM fortalece esse efeito ao permitir que os alunos interajam diretamente com o ambiente virtual, explorando conceitos matemáticos por meio da experimentação e da resolução de desafios.

Em Oceano Matemático, a narrativa de exploração marítima insere os alunos em um contexto dinâmico no qual eles precisam traçar rotas no mapa e resolver problemas matemáticos para avançar. Esse modelo segue princípios identificados em pesquisas sobre aprendizado imersivo, que demonstram que ambientes interativos baseados em narrativa promovem maior retenção de conhecimento e incentivam a exploração ativa do conteúdo (Harmon, Plotzker et al., 2025).

A interação, além da narrativa, desempenha um papel crucial na criação de experiências de aprendizado eficazes. Tecnologias como RM e Realidade Virtual (RV) permitem que os alunos manipulem objetos matemáticos e testem hipóteses em tempo real, promovendo uma compreensão mais intuitiva dos conceitos. O aprendizado interativo tem se mostrado mais eficaz do que abordagens tradicionais, pois permite que os alunos construam conhecimento por meio da experimentação e da descoberta (Damianova & Berrezueta-Guzman, 2025).

1.6.2 Criando Experiências de Aprendizagem Significativas

O edutretenimento busca transformar o aprendizado em uma experiência significativa, despertando a curiosidade dos alunos e incentivando sua participação ativa. A RM contribui para esse objetivo ao criar ambientes que estimulam a exploração e a interação, tornando o aprendizado mais concreto e relevante. Estudos apontam que a aplicação da RM na educação melhora a retenção do conhecimento e motiva os alunos ao integrar elementos de entretenimento ao processo de ensino (Handrianto, Salmaini & Nor-Azhar, 2024).

Em Oceano Matemático, a RM permite que os alunos visualizem gráficos de funções em 3D, manipulando variáveis e observando suas transformações em tempo real. Essa abordagem facilita a compreensão de conceitos matemáticos complexos, tornando o aprendizado mais intuitivo e acessível. A gamificação reforça esse efeito ao introduzir desafios progressivos e recompensas, incentivando os alunos a persistirem na resolução de problemas e aprimorarem suas habilidades matemáticas.

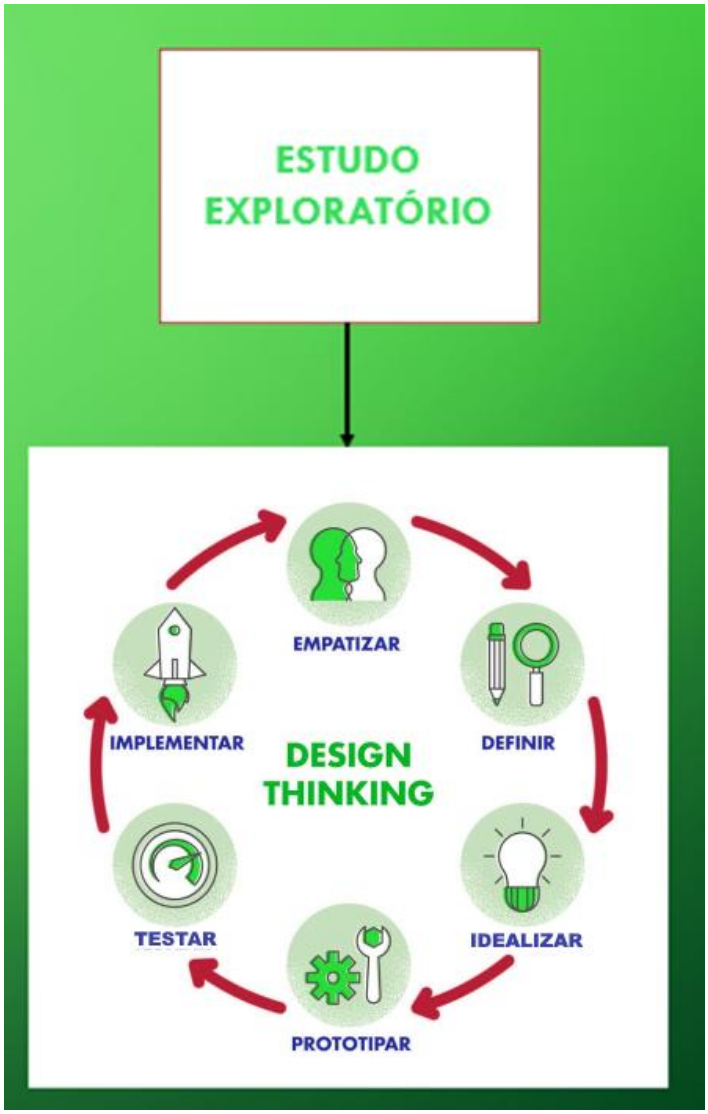
Além disso, a combinação de narrativa, interação e imersão transforma o processo de aprendizagem em uma experiência dinâmica e atrativa. Pesquisas sobre tecnologias imersivas na educação demonstram que ambientes interativos promovem maior envolvimento e incentivam os alunos a explorar o conteúdo de forma autônoma e significativa (Harmon, Plotzker et al., 2025). Dessa forma, Oceano Matemático não apenas ensinaria funções matemáticas, mas também tem como objetivo criar um ambiente estimulante que fortalece o interesse dos alunos pela disciplina.

2 METODOLOGIA

Neste tópico, será apresentada a metodologia adotada para conduzir o projeto de pesquisa sobre a utilização da tecnologia de Realidade Mista gamificada no auxílio ao processo de aprendizagem de Funções Matemáticas para alunos do ensino médio. A metodologia consiste, como mostrado na

Figura 17, em duas fases principais: um estudo exploratório de revisão bibliográfica e a aplicação do Design Thinking para o desenvolvimento do aplicativo gamificado, considerando seis etapas: Empatizar, Definir, Idealizar, Prototipar, Testar e Implementar.

Figura 17: Metodologia a ser utilizada no projeto de pesquisa



Fonte: Adaptado pelo autor[1]

[1]Montagem a partir de imagem disponível em https://www.123rf.com/profile_normaals. Acesso em 12 jun. 2023.

2.1 ESTUDO EXPLORATÓRIO DE REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta primeira etapa, é realizado um estudo exploratório de revisão bibliográfica. Esse processo consiste na coleta e análise de trabalhos acadêmicos, artigos científicos, livros e outras fontes relevantes que abordem os temas centrais do projeto. Esse levantamento bibliográfico permite a compreensão aprofundada dos conceitos, teorias e melhores práticas relacionadas a cada um desses tópicos.

O estudo exploratório de revisão bibliográfica é essencial para fornecer uma base sólida de conhecimento e compreensão sobre o tema de pesquisa. Conforme proposto por Prensky (2001), a revisão bibliográfica permite explorar as contribuições teóricas e práticas existentes sobre a gamificação e a realidade mista no contexto educacional.

Dicheva et al. (2015) destacam a importância da revisão bibliográfica para mapear estudos anteriores sobre gamificação na educação. Essa revisão fornece uma visão abrangente das estratégias, modelos e efeitos da gamificação no ensino de matemática.

Além disso, o estudo exploratório de revisão bibliográfica também leva em consideração a aplicação do Octalysis *Framework* de Yu-Kai Chou. Esse *Framework*, conforme proposto por Chou (2015), é baseado em oito motivadores intrínsecos que impulsionam o engajamento do usuário em atividades gamificadas.

Ainda, a revisão bibliográfica é conduzida de forma sistemática, utilizando bases de dados acadêmicas, como PubMed, IEEE Xplore e ERIC, além de pesquisas em bibliotecas digitais e motores de busca especializados. Sendo utilizadas palavras-chave relevantes, como "Realidade Mista", "Gamificação no ensino de Matemática", "Estratégias de ensino de Matemática" e "Edutretenimento".

Dessa forma, a partir da revisão bibliográfica, foram selecionadas as definições e conceitos mais relevantes que serão adotados como base teórica para a condução do projeto de pesquisa. Essas definições foram escolhidas com base em sua adequação aos objetivos e à proposta do estudo, considerando também as limitações de acesso dos alunos aos dispositivos necessários.

2.1.1 Aplicação do Design Thinking para o Desenvolvimento do Aplicativo Gamificado

A etapa seguinte da metodologia consiste na aplicação do Design Thinking para o desenvolvimento do aplicativo gamificado em RM. O Design Thinking é uma abordagem centrada no usuário que enfatiza a empatia, a colaboração e a iteração no processo de design (Brown, 2008).

O Design Thinking, conforme proposto por Tim Brown, é uma abordagem centrada no ser humano que visa solucionar problemas de forma criativa e inovadora. Brown propõe um processo em seis etapas para aplicar o Design Thinking:

- Empatia: A primeira etapa envolve uma profunda compreensão e empatia pelos usuários ou stakeholders envolvidos no problema a ser resolvido. Trata-se de colocar-se no lugar do outro, entender suas necessidades, desejos e frustrações. Essa etapa é fundamentada na pesquisa qualitativa, na observação direta e na realização de entrevistas para obter insights valiosos sobre os usuários.
- Definição do problema: Nesta etapa, o foco é identificar e definir claramente o problema a ser resolvido. Com base nas informações coletadas na etapa anterior, é possível formular uma perspectiva mais precisa e definir o escopo do desafio a ser abordado. É importante reformular o problema de maneira ampla para explorar diferentes soluções.
- Ideação: A etapa de ideação é o momento de gerar o maior número possível de ideias e soluções para o problema identificado. Aqui, busca-se uma mentalidade de abertura, encorajando a criatividade e a geração de alternativas diversas. Técnicas como brainstorming, mapas mentais e prototipagem rápida são comumente utilizadas para estimular a geração de ideias.
- Prototipagem: Na etapa de prototipagem, as ideias geradas na etapa anterior começam a ganhar forma física ou digital. O objetivo é criar protótipos simples e rápidos que permitam testar e experimentar as soluções propostas. Esses protótipos podem ser tangíveis, como modelos físicos, ou intangíveis, como simulações digitais. O importante é obter feedback e aprender com a interação com os protótipos.

- Teste: A etapa de teste é crucial para validar as soluções propostas. Aqui, os protótipos são apresentados aos usuários reais ou stakeholders relevantes, que fornecem feedback e avaliam a eficácia das soluções. O objetivo é iterar e refinar as ideias com base no feedback recebido, buscando aprimorar a solução e garantir sua viabilidade.
- Implementação: A última etapa envolve a implementação da solução escolhida. Nesta fase, é necessário planejar e executar ações concretas para tornar a solução uma realidade. Isso pode envolver o desenvolvimento de produtos, a implementação de processos ou a criação de serviços. É importante acompanhar a implementação e fazer ajustes conforme necessário para garantir a efetividade da solução.

Ao seguir essas seis etapas do Design Thinking, é possível abordar os desafios de forma holística, considerando as necessidades e perspectivas dos usuários e gerando soluções inovadoras e impactantes.

Neste sentido, Dorst e Cross (2001) destacam que o Design Thinking promove a coevolução entre problema e solução, permitindo a identificação de desafios específicos no ensino de funções matemáticas e a proposição de soluções criativas.

Além disso, durante o processo de design, foram adotadas práticas como a prototipação rápida, a iteração e a coleta de feedback dos usuários, conforme proposto por Liedtka (2014) e Plattner, Meinel e Leifer (2010).

Destarte, essa abordagem de design iterativo e centrado no usuário possibilitou a criação de um protótipo do aplicativo gamificado em realidade mista cujo objetivo é atender às necessidades dos alunos do ensino médio, oferecendo uma experiência de aprendizagem engajadora e eficaz.

2.2 PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO/PROTÓTIPO UTILIZANDO O DESIGN THINKING

2.2.1 Entendendo o usuário: pesquisa de empatia no design do jogo educacional em realidade mista para o ensino de funções matemáticas

A etapa de Empatizar teve como objetivo central compreender as dificuldades dos alunos no aprendizado de funções e suas expectativas em relação a um aplicativo

educacional. Para isso, foi utilizada uma abordagem triangular, combinando três fontes de informação:

- Experiência pessoal: Foi realizada uma reflexão sobre os desafios enfrentados no aprendizado de funções. Essa reflexão inicial serviu para levantar hipóteses sobre as dificuldades dos alunos e como um aplicativo gamificado poderia auxiliar na sua superação.
- Conversas com professores: Foram conduzidas conversas informais com aproximadamente 6 professores de matemática do ensino médio e superior. Esses diálogos permitiram obter uma perspectiva mais ampla sobre os desafios do ensino de funções e as lacunas nas abordagens tradicionais. Os professores foram questionados sobre as dificuldades dos alunos, suas experiências com tecnologia em sala de aula e sugestões para o aplicativo.
- Pesquisa com estudantes: Foi realizada uma pesquisa com aproximadamente 50-60 estudantes do ensino médio. Essa pesquisa, descrita em detalhes a seguir, utilizou questionários e entrevistas para investigar as dificuldades no aprendizado de funções, a familiaridade com tecnologias imersivas e os interesses em jogos educacionais. Os dados coletados foram importantes para o desenvolvimento de personas e a definição do problema de design.

A triangulação dessas fontes de informação – experiência pessoal, conversas com professores e pesquisa com estudantes – proporcionou uma compreensão aprofundada do contexto do ensino de funções, fornecendo uma base sólida para as etapas seguintes do Design Thinking. As principais descobertas dessa etapa foram:

- Baixa familiaridade com Realidade Virtual: A maioria dos estudantes (69,2%) relatou nunca ter tido experiência com RV, indicando a necessidade de uma curva de aprendizado gradual e intuitiva para o aplicativo, com tutoriais interativos e elementos visuais que facilitem a navegação no ambiente virtual.
- Maior familiaridade com Realidade Aumentada: Em contraste com a RV, a maioria dos estudantes (70,8%) já teve contato com RA, sugerindo maior facilidade de adaptação a essa tecnologia.
- Dificuldades com conceitos de funções: Os estudantes demonstraram dificuldades significativas em diversos aspectos relacionados a funções,

incluindo a compreensão do conceito de função. Essas dificuldades reforçam a necessidade de abordagens didáticas inovadoras, como a gamificação e o uso de RE, para tornar o aprendizado de funções mais acessível e engajador. O problema de design, portanto, consiste em criar uma experiência imersiva que transforme o aprendizado de funções em algo intuitivo, eficaz e engajador, superando essas dificuldades e explorando o potencial da tecnologia.

2.2.1.1 Pesquisa 1: Familiaridade com Tecnologias Imersivas e Jogos Educacionais

A primeira pesquisa, de caráter exploratório, buscou identificar o nível de familiaridade dos estudantes com tecnologias imersivas e jogos educacionais, utilizando um questionário online com perguntas como:

- Você já teve alguma experiência em Realidade Virtual? (Exemplo: Montanha Russa virtual)
- Você já teve alguma experiência em Realidade Aumentada? (Exemplo: Pokémon GO)
- Você já jogou algum jogo educativo para aprender matemática? (Exemplo: de peças, sudoku, de tabuleiro, etc.)

A análise das respostas, majoritariamente qualitativas, permitiu traçar um perfil do público-alvo em relação às suas experiências prévias com tecnologias e jogos, servindo de base para decisões de design mais assertivas. Por exemplo, um baixo índice de familiaridade com REs poderia indicar a necessidade de tutoriais mais detalhados no aplicativo.

2.2.1.2 Pesquisa 2: Dificuldades no Aprendizado de Funções Matemáticas

A segunda pesquisa teve como objetivo aprofundar a compreensão sobre as dificuldades enfrentadas pelos estudantes no aprendizado de funções matemáticas. Para tanto, foi utilizado um questionário com escala Likert de cinco pontos (muito fácil, fácil, moderado, difícil, muito difícil) para avaliar a percepção de dificuldade em relação aos seguintes tópicos:

- Compreensão do Conceito de Função
- Identificação de Funções em Contextos Práticos

- Representação Gráfica de Funções
- Resolução de Equações e Inequações Envolvendo Funções

Os dados coletados permitiram identificar os pontos críticos que exigem maior atenção no desenvolvimento do jogo. Tópicos considerados "difíceis" ou "muito difíceis" pela maioria dos estudantes, por exemplo, poderiam ser abordados de forma mais lúdica e interativa no aplicativo, com o uso de elementos visuais da RM para facilitar a compreensão (IDEO, 2009).

2.2.1.3 Síntese da Etapa de Empatia

A etapa de empatia, realizada através das duas pesquisas, possibilitou a criação de personas que representam o público-alvo, com suas necessidades, expectativas e dificuldades específicas. Essa compreensão profunda do usuário é crucial para nortear as próximas etapas do Design Thinking (prototipação, testagem e iteração), garantindo que o aplicativo em realidade mista desenvolvido seja não apenas tecnologicamente inovador, mas também eficaz e engajador no ensino de funções matemáticas.

2.2.2 Decifrando as Necessidades do Usuário: Análise de Dados e Definição do Problema no Design de um Jogo em Realidade Mista para o Ensino de Funções

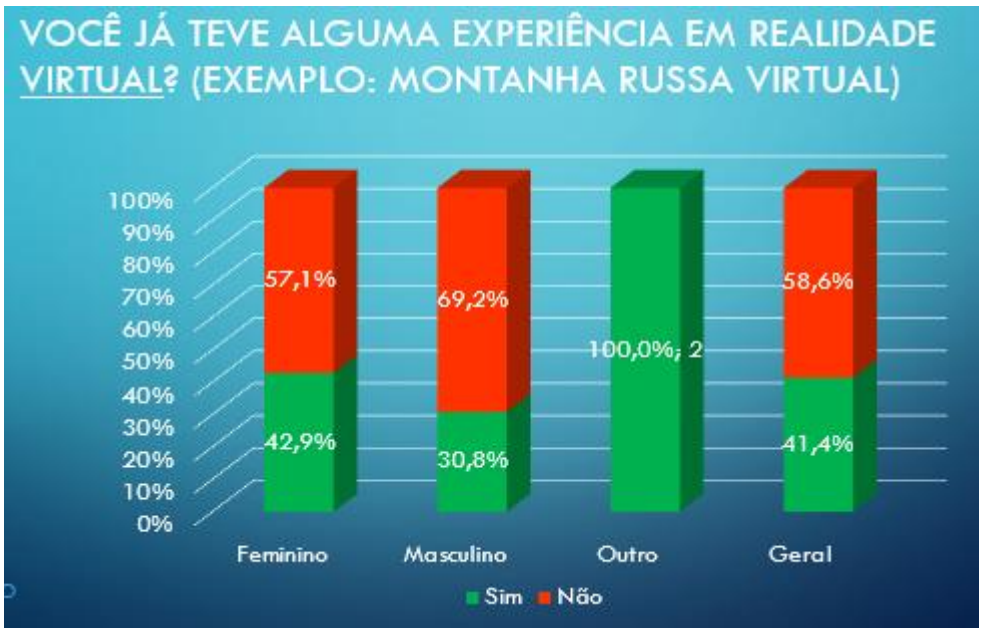
Após a etapa de imersão e empatia com o público-alvo, o processo de Design Thinking (BROWN, 2009) avança para a análise crítica dos dados coletados. Neste tópico, detalhamos como as informações sobre a familiaridade com tecnologias imersivas, jogos digitais e as dificuldades no aprendizado de funções, obtidas através de pesquisas com estudantes, foram transformadas em *insights* valiosos por meio de gráficos de colunas e de pizza, utilizando o Microsoft Excel. Essa análise criteriosa serviu de base para a definição clara e concisa do problema de design a ser solucionado pelo aplicativo em RM.

2.2.2.1 Familiaridade com Tecnologias Imersivas e Jogos Educacionais: Uma Visão Quantitativa

Os gráficos de colunas construídos a partir dos dados da primeira pesquisa revelaram um panorama interessante sobre a relação dos estudantes com tecnologias

imersivas e jogos. Conforme apresentado na Figura 18 e na Figura 19, a experiência com RV ainda se mostra limitada, com a maioria dos estudantes (69,2% no geral) afirmando nunca ter vivenciado tal imersão. Em contraste, a RA, impulsionada por jogos como Pokémon GO, apresenta maior penetração, com 70,8% dos estudantes (no geral) afirmando já terem tido contato com a tecnologia.

Figura 18: Gráficos de colunas sobre familiaridade com Realidade Virtual



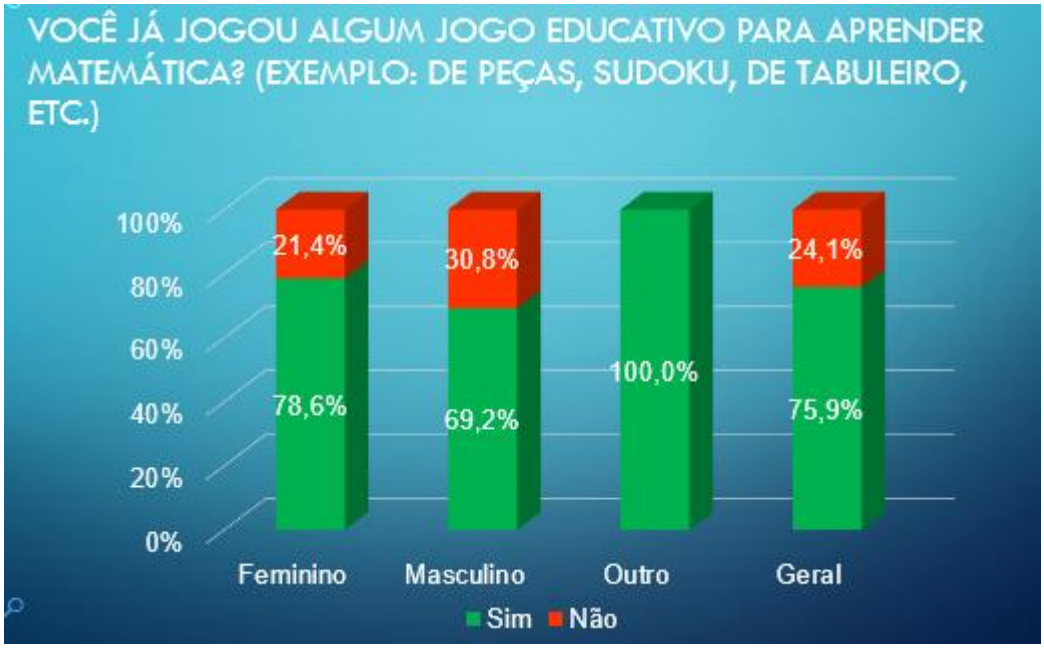
Fonte: Próprio autor, 2024

Figura 19: Gráficos de colunas sobre familiaridade com Realidade Aumentada



Fonte: Próprio autor, 2024

Figura 20: Gráficos de colunas sobre familiaridade com jogos educacionais sobre Matemática



Fonte: Próprio autor, 2024

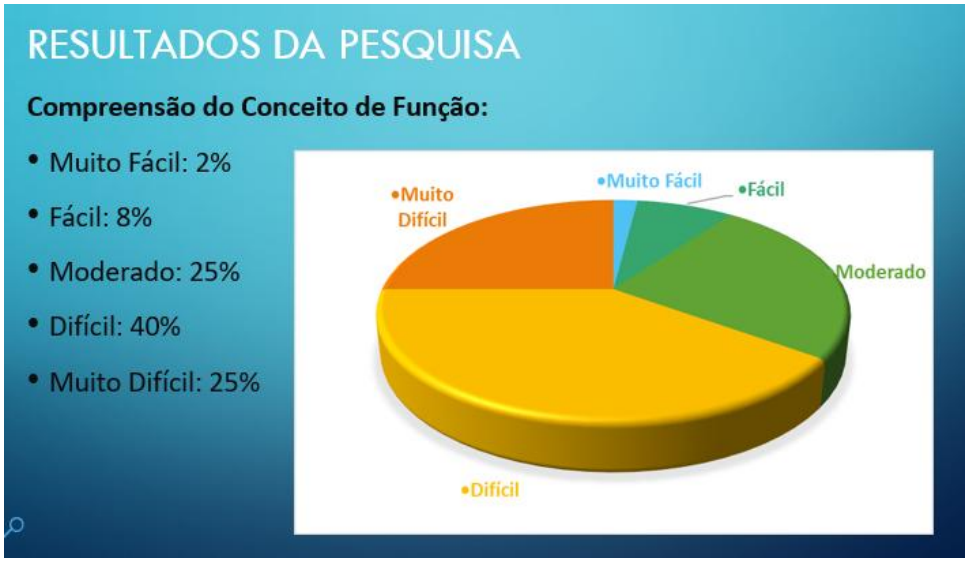
No contexto do desenvolvimento do jogo em RM, essa disparidade evidencia a necessidade de se estabelecer uma curva de aprendizado gradual e intuitiva. Tutoriais interativos e elementos visuais que facilitem a compreensão e navegação no ambiente virtual serão cruciais para engajar os estudantes, especialmente aqueles com pouca ou nenhuma experiência prévia com RV.

2.2.2.2 Desvendando as Dificuldades no Aprender Funções

A segunda pesquisa, focada nas dificuldades no aprendizado de funções matemáticas, teve seus dados representados em gráficos de pizza. A análise individualizada de cada tópico revelou os seguintes insights:

- Compreensão do Conceito de Função: A maioria dos estudantes classificou o tópico como "Difícil" (40%) ou "Muito Difícil" (25%), indicando a necessidade de abordagens didáticas inovadoras. (Figura 21)

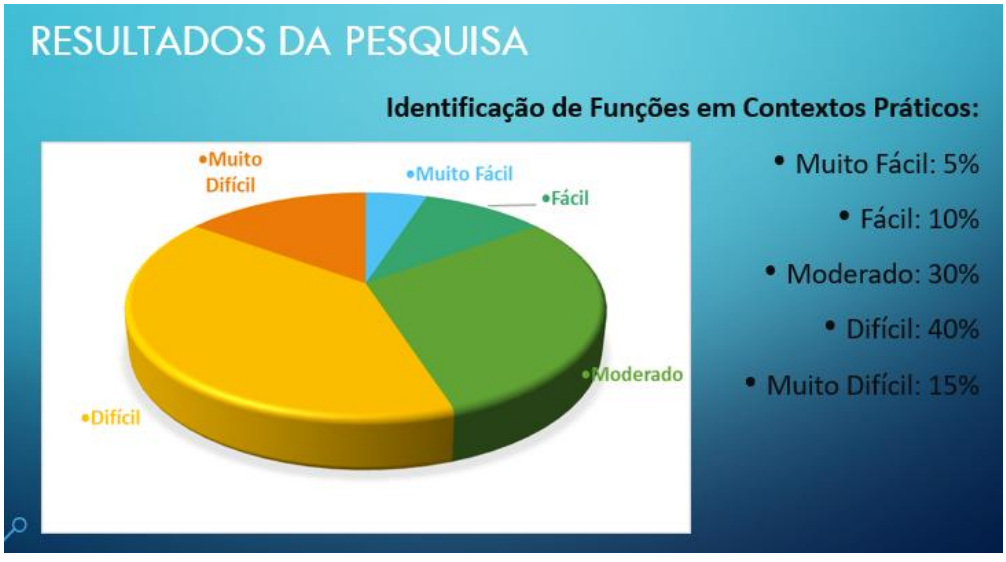
Figura 21: Gráfico sobre Compreensão do Conceito de Função



Fonte: Próprio autor, 2024

- Identificação de Funções em Contextos Práticos: A dificuldade se mantém, com 40% classificando como "Difícil" e 15% como "Muito Difícil" (Figura 22).

Figura 22: Gráfico sobre Identificação de Funções em Contextos Práticos

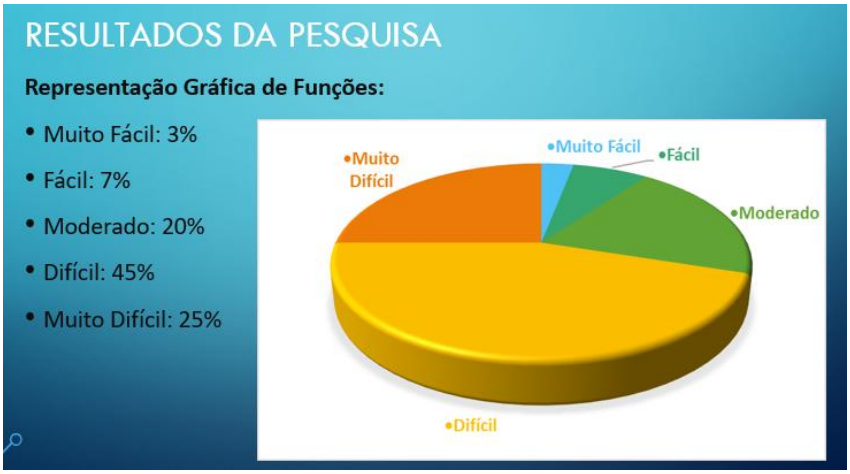


Fonte: Próprio autor, 2024

Representação Gráfica de Funções: Um dos maiores desafios, com 45% considerando "Difícil" e 25% "Muito Difícil" (

- Figura 23).

Figura 23: Gráfico sobre Representação Gráfica de Funções



Fonte: Próprio autor, 2024

- Resolução de Equações e Inequações Envolvendo Funções: O tópico que apresentou maior dificuldade, com 48% classificando como "Difícil" e 29% "Muito Difícil" (Figura 24).

Figura 24: Gráfico sobre Resolução de Equações e Inequações Envolvendo Funções



Fonte: Próprio autor, 2024

2.2.2.3 Definindo o Problema: Convergência da Análise para a Ação

A análise combinada dos gráficos de colunas e pizza permitiu traçar um perfil detalhado do público-alvo e suas necessidades. A partir desses dados, o problema de design pode ser definido da seguinte forma: Como criar uma experiência imersiva em RM que transforme o aprendizado de funções matemáticas em algo intuitivo, engajador e eficaz para estudantes do ensino médio, superando suas dificuldades e explorando o potencial da tecnologia?

Após a definição do problema central, as próximas etapas do processo de Design Thinking se concentram na busca por soluções. A exploração de mecânicas de jogo inovadoras, o desenvolvimento de interfaces intuitivas e o uso estratégico da narrativa e recompensas serão guiados pela análise detalhada realizada nesta etapa, com o objetivo de criar um aplicativo que transforme a experiência de aprendizado de funções matemáticas em algo realmente imersivo, interativo e eficaz.

2.2.3 Etapa da ideação: Documento de Conceito e Proposta de Jogo

A indústria de jogos digitais caracteriza-se por um panorama competitivo, no qual a transformação de ideias inovadoras em experiências interativas imersivas e bem-sucedidas constitui um desafio constante. Nesse contexto, a elaboração de documentos que delineiem com clareza e precisão a visão do projeto, desde sua concepção até sua estrutura completa, torna-se crucial. Dois instrumentos demonstram especial relevância nesse processo: o Documento de Conceito e a Proposta de Jogo.

2.2.3.1 Documento de Conceito (Game Concept Document): Delineamento da Visão Central

O Documento de Conceito configura-se como uma peça de comunicação concisa e atrativa, responsável por apresentar a essência do jogo de forma clara, objetiva e instigante. Sua função primordial reside em comunicar a visão central do projeto a diferentes interlocutores, incluindo membros da equipe de desenvolvimento,

stakeholders e potenciais investidores, atuando como um "contrato de alto nível" que define os parâmetros basilares do projeto (CHANDLER, 2019).

Elementos constituintes:

- Título do Jogo: Deve ser conciso, memorável e condizente com a temática do jogo, promovendo impacto e fácil memorização.
- Gênero: A definição do gênero (RPG, Ação, Aventura, etc.) delimita as expectativas do jogador e auxilia na compreensão da proposta do jogo.
- Plataforma: Especificar o ambiente de execução (PC, Mobile, Console, Realidade Virtual, etc.) é fundamental, pois impacta diretamente nas decisões de design e desenvolvimento.
- Público-alvo: Definir o jogador ideal, considerando seus gostos, expectativas e experiências prévias, é essencial para direcionar as decisões de design e marketing.
- High Concept: Trata-se de uma frase impactante que sintetiza a essência do jogo, evidenciando sua proposta única e atratividade.
- Mecânicas principais: Descrever as principais mecânicas de interação do jogador com o mundo do jogo e as regras que o regem é crucial para apresentar a dinâmica do jogo.
- Estilo visual: A definição do estilo visual (Pixel art, Realista, Cartoon, etc.) impacta diretamente na imersão, atmosfera e identidade visual do jogo.
- Música e Sonoplastia: Aspectos sonoros como trilha sonora e efeitos sonoros são elementos relevantes na construção da identidade sonora e imersão do jogador.

2.2.3.2 Proposta de Jogo (Game Design Document): Detalhamento Estrutural e Metodológico

A Proposta de Jogo expande o Documento de Conceito, aprofundando-se em um plano detalhado que descreve cada aspecto do jogo de forma estruturada e abrangente. Trata-se de um guia prático para a equipe de desenvolvimento, um documento dinâmico que acompanha as etapas do projeto, funcionando como um "plano de negócios" para o jogo, definindo escopo, recursos e metas (BATEMAN, 2010).

Elementos constituintes:

- Visão geral do jogo: Expande o conceito, detalhando aspectos como história, personagens, universo e elementos narrativos, contextualizando o jogador no mundo do jogo.
- Mecânicas de jogo: Detalhamento aprofundado das regras, progressão do jogador, sistemas de combate, interface, economia do jogo, etc., definindo o funcionamento do jogo.
- Design de níveis: Descrição detalhada dos ambientes de jogo, desafios, progressão do jogador e como o level design contribui para a experiência de jogo.
- Interface e Controles: Define como o jogador interage com o jogo, os mecanismos de controle disponíveis, buscando garantir uma experiência intuitiva e informativa.
- Arte e Som: Especificação detalhada do estilo visual, trilha sonora, design de personagens, assets visuais e demais elementos estéticos, definindo a identidade visual e sonora do jogo.
- Tecnologia: Detalha as especificações técnicas, como engine utilizada, plataformas suportadas, linguagens de programação, otimizando o processo de desenvolvimento.
- Cronograma e Orçamento: Define a previsão de tempo e recursos para cada etapa do desenvolvimento, incluindo equipe, softwares, marketing, etc., garantindo a viabilidade do projeto.

2.2.3.3 Adoção dos padrões de documentos no projeto

Em conclusão, o Documento de Conceito e a Proposta de Jogo configuram-se como instrumentos essenciais no desenvolvimento de jogos digitais. Enquanto o primeiro apresenta a visão central do projeto de forma concisa e envolvente, o segundo detalha a estrutura e os métodos para a concretização dessa visão. A elaboração cuidadosa de ambos os documentos contribui significativamente para a comunicação eficiente entre os envolvidos no projeto, otimizando o processo de desenvolvimento e potencializando as chances de sucesso do jogo. Sendo assim, foram desenvolvidos o Documento de Conceito do Jogo e a Proposta de Jogo para o jogo digital a ser desenvolvido neste projeto, conforme pode ser conferido na seção “Apendice”.

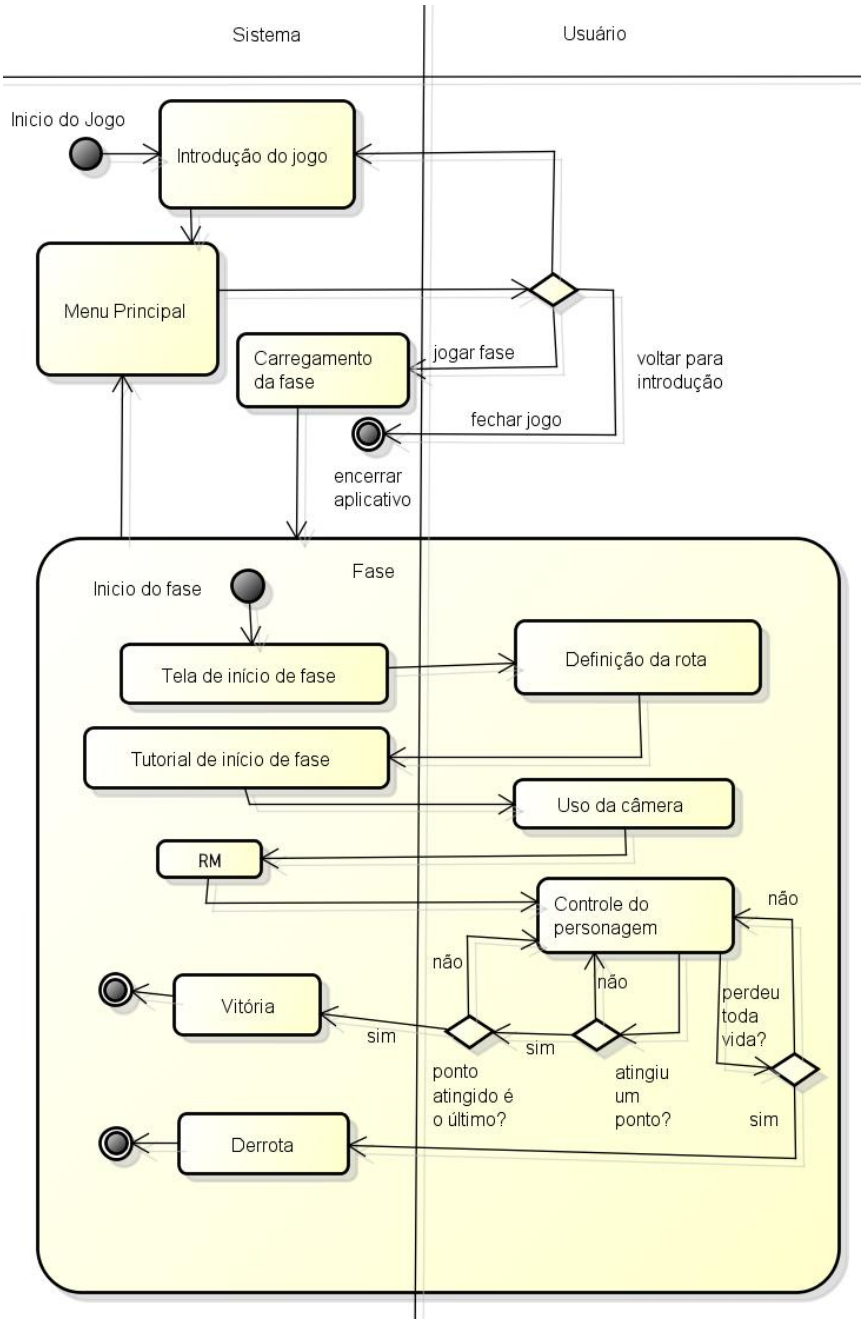
2.2.4 Modelagem do fluxo interativo no desenvolvimento do game para o ensino de funções matemáticas em realidade mista

O presente tópico do relatório técnico aborda o desenvolvimento e a importância do fluxograma que modela a interação do usuário com o aplicativo em realidade mista (RM) para o aprendizado de funções matemáticas, objetivo central deste projeto de mestrado. A criação de um fluxograma detalhado se mostra crucial para guiar o desenvolvimento do aplicativo, assegurando uma experiência de jogo fluida e intuitiva (SCHUYTEMA, 2008).

2.2.4.1 O Fluxograma como Guia para o Design da Interação

Na Figura 25 é apresentado o fluxograma desenvolvido, o qual ilustra o ciclo de vida de uma partida, desde a introdução do jogo até o término de uma fase. A navegação entre as diferentes seções do aplicativo (Introdução, Menu Principal, Carregamento de Fase e Fase) é claramente definida, demonstrando o fluxo de interação do usuário com o sistema.

Figura 25: Imagem do Fluxograma



Fonte: Próprio autor, 2024

A utilização da notação padrão de fluxograma, com o uso de retângulos para representar ações, losangos para decisões e setas para indicar o fluxo, torna a leitura e compreensão do diagrama acessível a diferentes públicos, incluindo membros da banca avaliadora, futuros desenvolvedores e potenciais usuários do aplicativo (FULLERTON, 2018).

O fluxograma proposto reflete decisões de design alinhadas com as melhores práticas no desenvolvimento de jogos educacionais, incluindo:

- Curva de Aprendizado: A progressão gradual, com "Tela de início de fase" e "Tutorial" opcionais, visa familiarizar o jogador com as mecânicas antes da imersão na RM. (Gee, 2007b)
- Loop Principal da Fase: A repetição da interação na RM (controle do personagem, uso da câmera e progressão por pontos) reforça o aprendizado por meio da prática. (Prensky, 2001)
- Feedback Constante: A verificação constante de "atingiu um ponto" e "perdeu toda a vida" fornece feedback imediato ao jogador, elemento crucial para o aprendizado. (Kapp, 2012)

A modelagem do fluxo interativo, representada pelo fluxograma, demonstra ser um passo fundamental no desenvolvimento do aplicativo em realidade mista para o ensino de funções matemáticas. A clareza na visualização das etapas, pontos de decisão e elementos chave do jogo contribui para: (i) orientar as etapas de desenvolvimento; (ii) facilitar a comunicação entre os membros da equipe; (iii) validar a proposta junto à comunidade acadêmica; e (iv) garantir uma experiência de jogo cativante e pedagogicamente eficaz.

2.2.5 Dando Vida à Ideia: Prototipação do Jogo em Realidade Mista para o Ensino de Funções Matemáticas

Com o problema de design claramente definido, a etapa de Prototipação no processo de Design Thinking (Brown, 2009) assume o protagonismo. Este tópico detalha como o conceito abstrato do jogo educativo em Realidade Mista (RM) para o ensino de funções matemáticas começou a ganhar forma através da criação de protótipos. A prototipação, neste projeto, se deu em duas frentes principais: (i) um protótipo de baixa fidelidade, utilizando cartões de papel para simular a interação, e (ii) protótipos funcionais em RA e RM de alta fidelidade, desenvolvidos com o motor de jogo Unity, a biblioteca de Realidade EasyAR e a linguagem de programação C#.

2.2.5.1 Prototipação em Papel: Interação Tangível e Feedback Ágil

A prototipação em papel, apesar de sua simplicidade, mostrou-se uma ferramenta poderosa para testar e refinar as ideias iniciais do jogo. Utilizando cartões para representar elementos do jogo, como cartas de funções, gráficos e desafios, e simulando a interação do usuário com o aplicativo, foi possível:

- Visualizar o fluxo do jogo: Validar a sequência de ações e decisões do jogador dentro da interface do aplicativo.
- Testar a clareza das instruções: Verificar se as informações apresentadas nas telas do jogo eram facilmente compreensíveis.
- Obter feedback rápido e iterar: Ajustar as mecânicas e elementos do jogo de forma ágil com base no feedback de usuários e colegas.

2.2.5.2 Desenvolvimento das Telas de Interação e Programação do Protótipo

O processo de prototipação funcional envolveu:

- Desenvolvimento das telas de interação: Design e desenvolvimento das interfaces do usuário (UI) para o menu principal, telas de jogo, tutoriais e elementos visuais da interface. (Detalhes na seção “Apêndice”).
- Programação do protótipo em C#: Implementação das mecânicas de jogo, interação com elementos de Realidade Mista, lógica de progressão e feedback ao usuário.

2.2.5.3 Prototipação Funcional: Realidade Aumentada e Realidade Mista em Ação

Com o protótipo em papel validado em seus aspectos básicos, o desenvolvimento avançou para a criação de protótipos funcionais de alta fidelidade. A escolha da plataforma Unity, em conjunto com a biblioteca EasyAR, se justifica pela:

- Robustez e versatilidade da Unity: Amplamente utilizada na indústria de jogos, a Unity oferece um ambiente de desenvolvimento completo para a criação de experiências em Realidade Aumentada.

- Simplicidade da EasyAR: A biblioteca facilita a integração de elementos de Realidade Mista no projeto, permitindo o desenvolvimento ágil de protótipos funcionais.
- Popularidade da linguagem C#: A linguagem C#, utilizada na Unity, é amplamente adotada no desenvolvimento de jogos, garantindo acesso a uma vasta comunidade online e recursos de aprendizado.

A etapa de prototipação, tanto em baixa quanto em alta fidelidade, foi fundamental para materializar o conceito do jogo e identificar oportunidades de melhoria. Os protótipos funcionais, em especial, permitiram testar a viabilidade técnica das soluções proposta e coletar feedback inicial sobre a experiência do usuário em RA e, na sequência, em RM.

2.2.5.4 Desenvolvimento do Aplicativo: Versões em RA e RM

Esta seção descreve o desenvolvimento do aplicativo “Oceano Matemático”, nas versões em Realidade Aumentada (RA) e Realidade Mista (RM), detalhando as tecnologias utilizadas, as funcionalidades, a interação, os controles e a experiência do usuário. As diferenças entre as duas versões são destacadas, mostrando como a transição da RA para a RM buscou aprimorar a experiência de aprendizagem.

2.2.5.5 Versão em Realidade Aumentada (RA)

A versão em RA foi desenvolvida utilizando a plataforma Unity em conjunto com a biblioteca AR Foundation. A linguagem de programação C# foi utilizada para implementar as funcionalidades do jogo. O jogo utiliza o reconhecimento de imagem para detectar marcadores no tabuleiro impresso, que representam as coordenadas no plano cartesiano. Os alunos interagem com o aplicativo através da tela touchscreen do dispositivo móvel, utilizando botões virtuais para controlar o movimento do navio. A câmera do dispositivo captura a imagem do tabuleiro e sobrepõe os elementos virtuais do jogo, como o navio e a ilha do tesouro.

2.2.5.6 Versão em Realidade Mista (RM)

A versão em RM foi desenvolvida com o objetivo de proporcionar uma experiência mais imersiva e interativa, aproveitando as potencialidades da interação com o mundo real. Para isso, foi utilizada a plataforma Unity em conjunto com a

biblioteca EasyAR, que permite a integração de elementos de RM. Assim como na versão RA, a linguagem C# foi utilizada para a programação.

As principais diferenças da versão em RM em relação à versão RA são:

- Dispositivo: A versão em RM requer o uso de óculos de realidade mista que, neste caso, foram utilizados óculos de realidade virtual para acoplamento com smartphone e abertura para câmera, para assim projetar imagens holográficas no ambiente real diretamente na visão do usuário.
- Interação: Os alunos interagem com o jogo utilizando um joystick compatível com dispositivos Android, o que proporciona maior liberdade de movimento e facilita a navegação pelo mapa.
- Visualização: Na versão em RM, os alunos visualizam o jogo através dos óculos, que estão fixos em sua visão. Isso permite que eles realizem os cálculos matemáticos com as mãos livres, consultando o material de apoio, e que visualizem o gráfico da função e as coordenadas diretamente no espaço tridimensional do jogo. Diferentemente da versão em RA, onde os alunos precisam manter o celular apontado para o tabuleiro, limitando sua mobilidade e interação com o ambiente físico.
- Imersão: A combinação do joystick, da visualização 3D com os óculos e da interação com o tabuleiro físico cria uma experiência mais imersiva na versão em RM, aumentando a sensação de presença no ambiente do jogo e o engajamento dos alunos.

Ambas as versões (RA e RM) compartilham as seguintes funcionalidades:

- Mecânicas de jogo: As mecânicas principais do jogo, como a navegação pelo mapa, a resolução de desafios matemáticos e o sistema de pontuação, são as mesmas nas duas versões.
- Narrativa: A narrativa do jogo, com a temática de piratas e a busca por tesouros, é a mesma nas duas versões.
- Conteúdo pedagógico: Ambas as versões abordam o mesmo conteúdo pedagógico, com foco no ensino de funções matemáticas.

Ao oferecer duas versões do aplicativo, com diferentes níveis de imersão e interação, a pesquisa buscou atender às diferentes necessidades e disponibilidades tecnológicas das escolas e dos alunos, além de permitir uma análise comparativa dos benefícios e desafios de cada abordagem.

O jogo Oceano Matemático, resultado deste processo de desenvolvimento, está disponível para download no seguinte link:

https://drive.google.com/drive/folders/1ukrPSNSgQDr20eTOPpB0xrDdDaOEeQzf?usp=drive_link

A pasta contém dois arquivos APK:

- Oceano Matemático RA.apk – versão em Realidade Aumentada
- Oceano Matemático RM.apk – versão em Realidade Mista

Requisitos mínimos para instalação e execução:

- Sistema operacional: Android 9.0 (Pie) ou superior
- Memória RAM mínima: 4 GB
- Processador: Octa-core (recomenda-se Snapdragon 730 ou superior)
- Armazenamento livre: cerca de 500 MB
- Câmera traseira funcional e sensores de movimento habilitados

É necessário também permitir a instalação de aplicativos de fontes desconhecidas.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta os resultados dos testes de usabilidade realizados com as versões em Realidade Aumentada (RA) e Realidade Mista (RM) do aplicativo "Oceano Matemático". Os testes avaliaram a usabilidade, a aprendizagem, o engajamento e a motivação dos participantes em relação a cada versão do jogo, buscando compreender como a transição da RA para a RM afeta a experiência de aprendizagem. Logo após o teste, cada participante respondeu a um questionário impresso, que pode ser conferido no Anexo 4. Pode-se afirmar, então, que para esta pesquisa foi utilizado um questionário estruturado, respondido por usuários finais (alunos), focado em usabilidade percebida, aprendizagem e engajamento.

O questionário utilizado para avaliar a experiência do usuário foi composto por 9 itens. Cada item avalia uma dimensão diferente da usabilidade e da experiência subjetiva com o aplicativo. Embora não tenha sido considerado explicitamente o uso

de heurísticas, é possível perceber que muitos dos critérios se aproximam das heurísticas de usabilidade de Nielsen (como feedback, controle, consistência, etc.) e de heurísticas específicas para realidades imersivas.

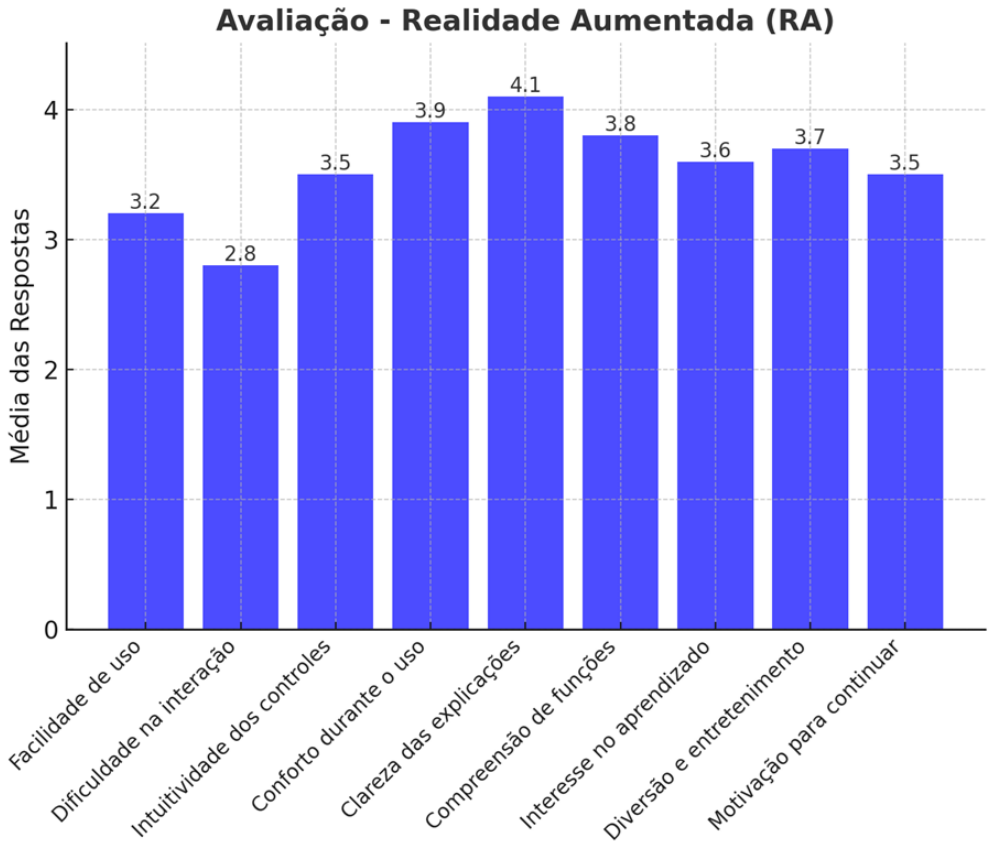
Objetivo de cada item:

- Facilidade de uso: Avalia o quão simples é utilizar o aplicativo, do ponto de vista do usuário.
- Dificuldade na interação: Mede o grau de frustração ou barreiras enfrentadas pelo usuário para interagir com o sistema.
- Intuitividade dos controles: Verifica se os comandos do aplicativo são autoexplicativos e fáceis de aprender.
- Conforto durante o uso: Avalia desconfortos físicos ou cognitivos, como cansaço visual ou sobrecarga de informações.
- Clareza das explicações: Refere-se à qualidade dos tutoriais, instruções e guias de uso disponíveis.
- Compreensão de funções: Mede se os usuários entenderam claramente as funcionalidades do aplicativo.
- Interesse no aprendizado: Investiga se o aplicativo estimula a curiosidade e o desejo de aprender.
- Diversão e entretenimento: Avalia o quanto a experiência foi envolvente ou divertida.
- Motivação para continuar: Indica o quanto o usuário se sente motivado a usar novamente ou continuar explorando.

2.3.1 Resultados da Versão em Realidade Aumentada (RA)

A versão em RA do "Oceano Matemático" foi testada com 53 participantes, idades entre 15 e 20 anos, alunos de cursos profissionalizantes do SENAI em Lins. Conforme indicado ainda na pesquisa, a maioria dos estudantes já possuía experiência prévia com RA (70.8%), o que sugere uma maior facilidade de adaptação a essa tecnologia. Os resultados do questionário de usabilidade, aprendizagem e engajamento, utilizando uma escala Likert de 1 a 5 (1 = Muito Difícil/Discordo Totalmente e 5 = Muito Fácil/Concordo Totalmente), são apresentados no gráfico da Figura 26.

Figura 26: Gráfico referente aos testes com RA



Fonte: Próprio autor, 2025

Os resultados da versão com RA indicam boa intuitividade dos controles e clareza nas explicações, alinhadas às expectativas da pesquisa de empatia. As métricas de facilidade de uso, interação e engajamento ficaram próximas à média neutra da escala Likert.

Assim, pode-se considerar como pontos positivos:

- A clareza das explicações (4.1) e o conforto durante o uso (3.9) foram os mais bem avaliados, indicando uma experiência mais cômoda e bem guiada.
- A intuitividade dos controles (3.5) também se destacou positivamente em comparação com a versão em RM (2.9).

Em contrapartida, observa-se os seguintes pontos a melhorar:

- O engajamento emocional foi um pouco mais baixo do que na RM: "Diversão e entretenimento" (3.7) e "Motivação para continuar" (3.5) mostram que, apesar de mais fácil, a experiência foi menos engajadora.

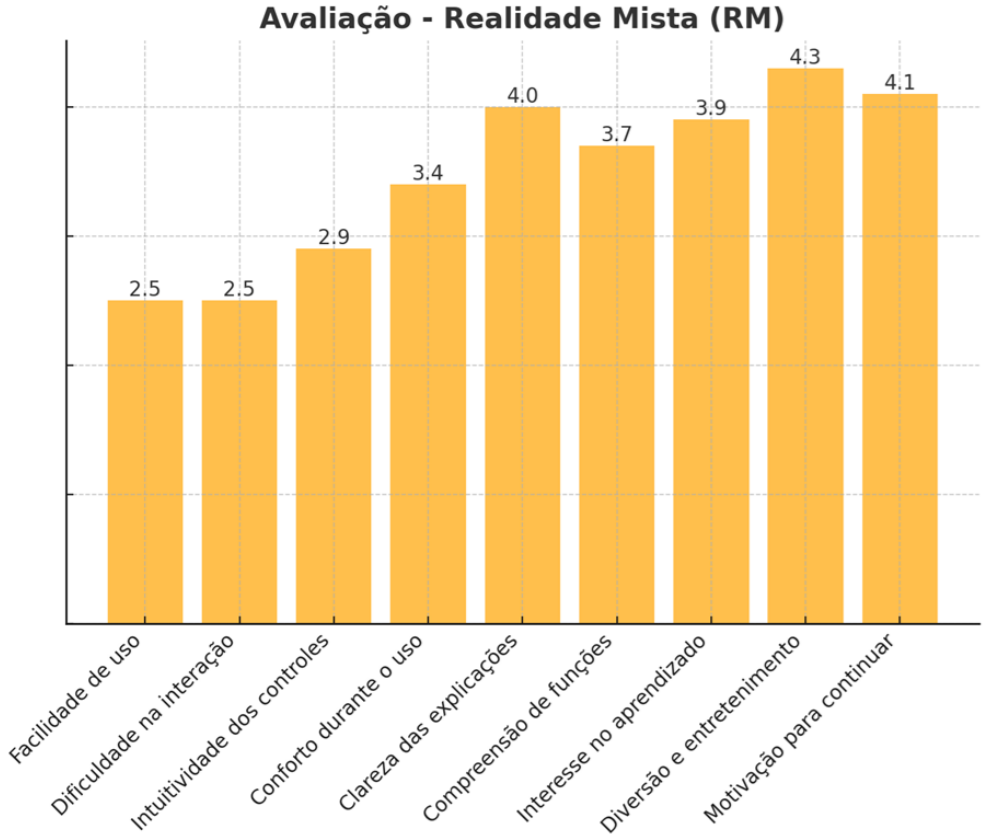
- "Dificuldade na interação" obteve 2.8, um valor melhor que na RM, mas ainda sinaliza espaço para melhorias.

A versão em RA foi mais amigável e acessível, com menos barreiras técnicas. No entanto, ofereceu menor impacto emocional do que a RM, sendo percebida como mais funcional do que divertida.

2.3.2 Resultados da Versão em Realidade Mista (RM)

A versão em RM do "Oceano Matemático" foi testada com 49 participantes. Conforme indicado na pesquisa de empatia (seção 3.3.1), a grande maioria (96%) dos estudantes não possuía experiência prévia com RM, o que justifica a importância dos tutoriais interativos e de uma curva de aprendizado gradual no aplicativo. Os resultados do questionário são apresentados em gráfico na Figura 27.

Figura 27: Gráfico referente aos testes com RM



Fonte: Próprio autor, 2025

Os resultados da versão RM indicam maior dificuldade na interação e menor facilidade de uso, coerente com a menor familiaridade dos estudantes com essa tecnologia. No entanto, observou-se um aumento significativo nos níveis de diversão, entretenimento e motivação, sugerindo que a imersão e a interação proporcionadas pela RM podem ser altamente engajadoras para os alunos. A clareza das explicações e o aprendizado se mantiveram similares à versão RA.

Dessa forma, nota-se os seguintes pontos negativos:

- As médias mais baixas ocorreram nos itens "Facilidade de uso" e "Dificuldade na interação" (2.5), indicando que os usuários enfrentaram desafios técnicos ou operacionais significativos durante o uso.
- A intuitividade dos controles também ficou abaixo da média (2.9), o que sugere baixa familiaridade com a interface ou com os dispositivos de interação utilizados.

Já como pontos positivos, pode-se considerar:

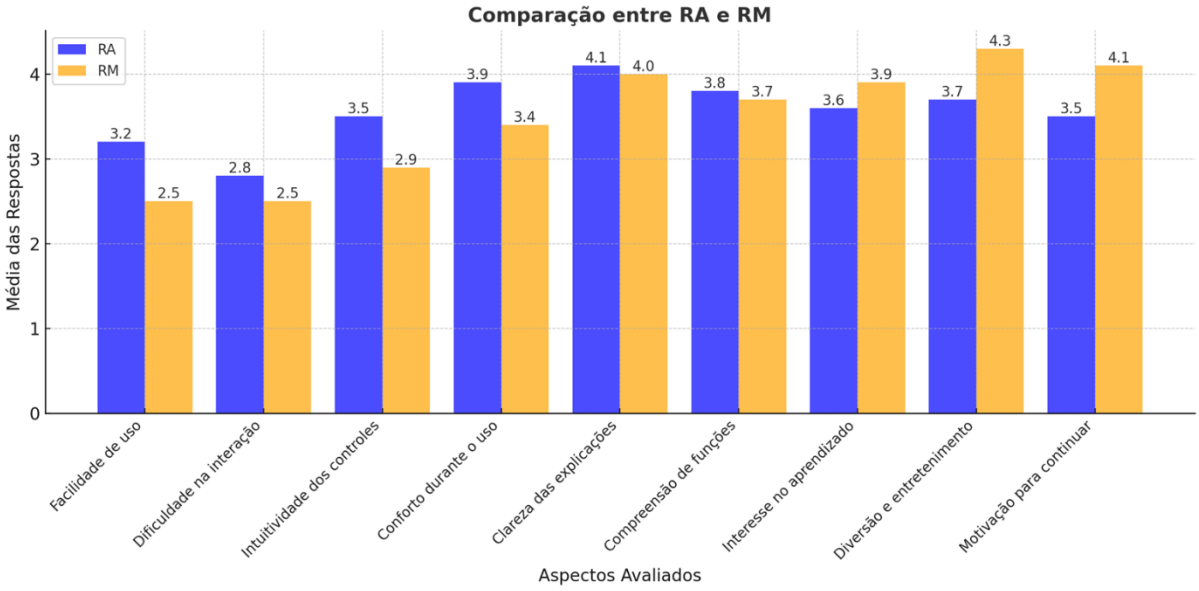
- Os itens "Diversão e entretenimento" (4.3) e "Motivação para continuar" (4.1) foram os mais bem avaliados, indicando que, apesar das dificuldades iniciais, os usuários se sentiram engajados e motivados com a experiência.
- "Clareza das explicações" (4.0) mostra que as instruções foram bem compreendidas, podendo ter ajudado a mitigar as dificuldades iniciais.

Ou seja, a versão em RM foi percebida como pouco intuitiva, mas imersiva e envolvente, proporcionando uma boa experiência emocional, ainda que com desafios operacionais.

2.3.3 Análise Comparativa (RA vs. RM)

A análise comparativa (Figura 28) reforça que a versão RA apresentou maior facilidade de uso e controles mais intuitivos, o que era esperado, dado o maior nível de familiaridade dos alunos com a RA. Por outro lado, a versão RM, apesar dos desafios de usabilidade, proporcionou maior diversão, entretenimento e motivação. Essa diferença sugere que a experiência mais imersiva da RM, mesmo sendo inicialmente mais complexa de usar, tem o potencial de gerar maior engajamento e interesse nos alunos.

Figura 28: Análise comparativa entre RA e RM



Fonte: Próprio autor, 2025

Vale destacar que não houve diferença significativa na aprendizagem entre as duas versões, indicando que ambas podem ser eficazes para o ensino de funções, desde que os desafios de usabilidade da RM sejam devidamente abordados.

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho, ainda que em fase de prototipação, já permite vislumbrar o potencial transformador da Realidade Mista (RM) gamificada no ensino de funções matemáticas. A jornada percorrida até o momento, desde a imersão na problemática até a materialização do protótipo funcional, reforça a importância de uma abordagem centrada no usuário, guiada pelos princípios do Design Thinking.

A análise das dificuldades enfrentadas pelos estudantes no aprendizado de funções, combinada à compreensão de seus hábitos e expectativas em relação à tecnologia, permitiu direcionar o desenvolvimento do aplicativo para suprir uma necessidade real da sala de aula. A prototipação, em seus diferentes níveis de fidelidade, mostrou-se fundamental para validar as ideias, identificar oportunidades de melhoria e testar a viabilidade técnica da solução.

Os resultados indicam que o aplicativo em desenvolvimento, ao combinar a imersividade da RM com elementos de gamificação, tem o potencial de transformar a forma como os estudantes percebem e interagem com conceitos matemáticos abstratos. A possibilidade de visualizar e manipular graficamente as funções, explorando suas propriedades de forma lúdica e interativa, abre um leque de possibilidades para tornar o aprendizado mais significativo e interessante.

É fundamental reconhecer, no entanto, que o projeto ainda está em andamento. A próxima fase da pesquisa, com a realização de testes de usabilidade com estudantes, será crucial para validar as hipóteses levantadas e coletar dados concretos sobre a efetividade do jogo. Os resultados obtidos nestas etapas serão fundamentais para nortear o refinamento do protótipo e garantir que o aplicativo desenvolvido atenda às necessidades do público-alvo de forma eficaz.

É importante dizer que durante o desenvolvimento do jogo Oceano Matemático, foram exploradas diferentes possibilidades para integrar os desafios matemáticos à narrativa do jogo de forma mais contextualizada e significativa. Buscou-se inspiração em jogos como DragonBox Algebra, que apresentam desafios matemáticos mais significativos e integrados à história do jogo. Idealizou-se, por exemplo, que os alunos pudessem calcular a trajetória do navio para evitar obstáculos, decifrar códigos com base em equações ou usar funções para descobrir a localização de tesouros de uma maneira mais natural em relação ao enredo. No entanto, devido a limitações de tempo e recursos, a implementação completa dessas ideias não foi possível nesta fase do projeto. O jogo, em sua versão atual, mantém o foco na resolução de desafios matemáticos apresentados de forma mais direta, com a narrativa servindo como pano de fundo para a experiência gamificada. Essa limitação abre caminho para o desenvolvimento de versões futuras do jogo, com uma integração mais profunda entre a matemática e a narrativa.

Essa limitação pode ter influenciado os resultados da pesquisa, especialmente em relação ao engajamento e à motivação dos alunos. Embora a gamificação e a Realidade Mista (RM) tenham se mostrado eficazes para tornar o aprendizado mais divertido e interativo, a falta de uma conexão mais forte entre os desafios matemáticos e a narrativa pode ter limitado o potencial do jogo para contextualizar o aprendizado e torná-lo mais significativo para os alunos. A narrativa, em sua forma atual, serve mais como um pano de fundo para a experiência gamificada, sem estar intrinsecamente ligada aos conceitos matemáticos abordados. Isso pode ter contribuído para que os

alunos percebessem os desafios como meros exercícios matemáticos, e não como parte integrante da aventura no jogo.

Em trabalhos futuros, essa limitação poderá ser superada com o desenvolvimento de uma nova versão do "Oceano Matemático" com uma narrativa mais integrada aos conceitos matemáticos. Algumas possibilidades para essa integração incluem:

- Desafios contextualizados: Criar desafios matemáticos que surjam naturalmente da narrativa do jogo, como calcular a trajetória do navio para evitar obstáculos, usar funções para decifrar mensagens secretas ou modelar o crescimento de algas marinhas com base em funções exponenciais.
- Narrativa interativa: Permitir que as escolhas do jogador influenciem o curso da narrativa, criando ramificações na história com base nas respostas aos desafios matemáticos.
- Personagens com histórias relacionadas à matemática: Desenvolver personagens cujas histórias e motivações estejam ligadas aos conceitos de funções, tornando a matemática mais relevante para o enredo do jogo.
- Integração com recursos multimídia: Utilizar vídeos, áudios e outros recursos multimídia para contextualizar os desafios matemáticos e torná-los mais interessantes para os alunos.

A implementação dessas ideias poderia fortalecer o potencial do "Oceano Matemático" como ferramenta pedagógica, promovendo uma experiência de aprendizagem mais imersiva, significativa e motivadora para os estudantes.

Dessa forma, olhando para o futuro, vislumbra-se um leque de possibilidades para expandir o escopo e o impacto deste projeto. Pode-se citar, como trabalhos futuros, a integração de Inteligência Artificial (IA) para personalizar a experiência de aprendizado, adaptando os desafios do jogo ao nível de cada estudante. A IA também pode ser utilizada para implementar uma camada de não linearidade no jogo, tornando a experiência mais imprevisível e desafiadora, explorando o potencial motivacional da imprevisibilidade, conforme proposto pelo Octalysis *Framework*.

Além de suas contribuições específicas para o ensino de funções matemáticas, este projeto também instiga a reflexão sobre o papel da tecnologia na construção de um futuro educacional mais inclusivo, interativo e motivador. A continuidade da pesquisa, com a realização de novos testes, o aprimoramento do protótipo e a

exploração de outras áreas da matemática, certamente poderá render frutos significativos para a área de Educação Matemática.

REFERÊNCIAS

AMÉRICO, M. TV Digital: Propostas para Desenvolvimento de Conteúdos em Animação para o Ensino de Ciências. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, UNESP, Bauru, 2010.

ARCAVI, A. The role of visual representations in the learning of mathematics. Educational Studies in Mathematics, v. 52, n. 3, p. 215-241, 2003.

AUSUBEL, D. P. Educational psychology: A cognitive view. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968.

AZUMA, R. T. A survey of augmented reality. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, Cambridge, v. 6, n. 4, p. 355-385, 1997. Disponível em: https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355. Acesso em: 20 maio 2025.

BACCA, J.; BALDIRIS, S.; FABREGAT, R.; GRAF, S.; KINSHUK. Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. Educational Technology & Society, v. 17, n. 4, p. 133-149, 2014.

BILLINGHURST, M.; DUENSER, A. Augmented Reality in the Classroom. Computer, v. 45, n. 7, p. 56-63, 2012.

BOALER, J. Mathematical mindsets: Unleashing students' potential through creative math, inspiring messages and innovative teaching. San Francisco: Jossey-Bass, 2016.

BROWN, T. Design thinking: integração entre o virtual e o real. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.

BROWN, T. Design thinking: uma metodologia poderosa para decretar o fim das velhas ideias. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

CAHOY, Ryan; MURPHY, Joey. Using Space Games like SimpleRockets, Spaceflight Simulator, and Kerbal Space Program to Teach Kids Orbital Mechanics. 2023.

CAILLOIS, R. Les jeux et les hommes: le masque et le vertige. Paris: Gallimard, 1958.

CHENG, K.-H.; TSAI, C.-C. Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research. Journal of Science Education and Technology, v. 22, n. 4, p. 449-462, 2013.

CHIANG, T. H. C.; YANG, S. J. H.; HWANG, G. J. An Augmented Reality-based Mobile Learning System to Improve Students' Learning Achievements and Motivations in Natural Science Inquiry Activities. Educational Technology & Society, v. 17, n. 4, p. 352–365, 2014.

CHOU, Y.-K. Actionable Gamification: Beyond Points, Badges, and Leaderboards. Champagne: Octalysis Group, 2015.

CHOU, Y.-K. Octalysis: Complete Gamification *Framework*. Octalysis Group. Disponível em: https://yukaichou.com/gamification-examples/octalysis-complete-gamification-*Framework*/. Acesso em: 18/11/2024.

DAMIANOVA, T.; BERREZUETA-GUZMAN, I. Exploring the Potential of Virtual Reality for Enhancing Higher Education Pedagogy. International Journal of Educational Technology in Higher Education, v. 22, n. 1, p. 1-18, 2025.

DECI, E. L.; RYAN, R. M. Intrinsic motivation and self-determination in human behavior. New York: Plenum, 1985.

DECI, E. L.; RYAN, R. M. The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. Psychological inquiry, v. 11, n. 4, p. 227-268, 2000.

DEDE, C. Immersive interfaces for engagement and learning. Science, v. 323, n. 5910, p. 66-69, 2009.

DETERDING, S.; DIXON, D.; KHALED, R.; NACKE, L. From game design elements to gamefulness: defining gamification. In: Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning future media environments. New York: ACM, 2011. p. 9-15.

DICHEV, C.; DICHEVA, D. Gamifying education: what is known, what is believed and what remains uncertain: a critical review. International Journal of Educational Technology in Higher Education, v. 14, n. 1, p. 1-21, 2017.

DIDACTOONS. MathLand. 2024. Disponível em: https://www.didactoons.com/mathland-mathforkids. Acesso em: 18/11/2024.

DORST, K.; CROSS, N. Creativity in the design process: Co-evolution of problem–solution. Design studies, v. 22, n. 5, p. 425-437, 2001.

DUNLEAVY, M.; DEDE, C. Augmented reality teaching and learning. In: Handbook of research on educational communications and technology. New York: Springer, 2014. p. 735-745.

DUNLEAVY, M.; DEDE, C.; MITCHELL, M. Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning. Journal of Science Education and Technology, v. 18, n. 1, p. 7-22, 2009.

DUVAL, R. A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. Educational studies in mathematics, v. 61, n. 1-2, p. 103-131, 2006.

FERNANDES, A. C. B. et al. Evolução tecnológica e experiência do usuário na realidade estendida: análise de dispositivos de realidade mista a partir de publicações oficiais e da cobertura de portais de tecnologia. 2024.

FERRER-TORREGROSA, J.; TORRALBA, J.; JIMÉNEZ, M.; GARCÍA, S.; BARCIA, J. M. ARBOOK: Development and Assessment of a Tool Based on Augmented Reality for Anatomy. Journal of Science Education and Technology, v. 24, n. 1, p. 119-124, 2015.

FERRI, R. B. The role of mathematical competencies in mathematical modelling. In: KAISER, G. et al. (Eds.). International Handbook of Mathematical Modelling Education. Cham: Springer, 2018. p. 221-247.

FREUDENTHAL, H. Mathematics as an educational task. Dordrecht: D. Reidel, 1973.

FULLERTON, T. Game design workshop: a playcentric approach to creating innovative games. Boca Raton: CRC Press, 2018.

GEE, J. P. What video games have to teach us about learning and literacy. New York: Palgrave Macmillan, 2007.

GEE, J. P. What Video Games Have to Teach Us About Learning and Literacy. Basingstoke: Palgrave Macmillan.

HAMARI, J.; KOIVISTO, J.; SARSA, H. Does Gamification Work? A Literature Review of Empirical Studies on Gamification. In: Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences. [S. l.: s. n.], 2014. p. 3025-3034.

HANDRIANTO, I.; SALMAINI, S.; NOR-AZHAR, A. The Effectiveness of Using Metaverse as a Learning Media on Students' Motivation and Learning Outcomes. **International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, v.19, n. 4, p. 65-78, 2024.

HANUS, M. D.; FOX, J. Assessing the effects of gamification in the classroom: A longitudinal study on intrinsic motivation, social comparison, satisfaction, effort, and academic performance. Computers & Education, v. 80, p. 152-161, 2015.

HARMON, E.; PLOTZKER, J. et al. Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education. In: Learning, Design, and Technology: An International Compendium of Theory, Research, Practice, and Policy. Cham: Springer International Publishing, 2025. p. 1-21.

HOHENWARTER, M.; FUCHS, K. Combination of dynamic geometry, algebra and calculus in the software system GeoGebra. In: Computer algebra systems in secondary school mathematics education. [S. l.: s. n.], 2001.

HUIZINGA, J. Homo ludens: A study of the play-element in culture. London: Routledge & Kegan Paul, 1938.

IDEO. Human Centered Design Toolkit: An open-source toolkit to inspire human-centered problem solving. IDEO.org, 2009.

KAHOOT DRAGONBOX. DragonBox Apps, 2024. Disponível em: https://dragonbox.com. Acesso em: 18/11/2024.

KE, F. An implementation of design thinking in game development education. In: 2016 7th International Conference on Information, Business and Education Technology (ICIBET). [S. l.: s. n.], 2016. p. 154-158.

KISHIMOTO, T. M. Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação. São Paulo: Cortez, 2011.

KOLB, D. A. Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1984.

LANDERS, R. N. Developing a theory of gamified learning: Linking serious games and gamification of learning. Simulation & gaming, v. 45, n. 6, p. 752-768, 2014.

LIEDTKA, J. Solving problems with design thinking: Ten stories of what works. New York: Columbia University Press, 2014.

MACEDO, F. A. Contribuições para o ensino de geometria espacial com uso do GeoGebra em articulação com realidade aumentada. 2024.

MAKRANSKY, G.; PETERSEN, G. B. The cognitive affective model of immersive learning (CAMIL): An integrated model for the learning effects of immersive virtual reality. Educational Psychology Review, v. 33, n. 3, p. 991-1023, 2021.

MARTINS, Fernando Nascimento. Uma proposta de abordagem da planificação de poliedros no ensino básico utilizando o recurso de realidade aumentada do geogebra. 2021. Dissertação de Mestrado.

MAYER, R. E. Cognitive theory of multimedia learning. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

MEDEIROS, A. D.; WELTER, M. P. Dificuldades na aprendizagem da matemática: como superá-las? In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DO CURSO DE PEDAGOGIA DA FAI FACULDADES, 6., 2015, Itapiranga. Anais... Itapiranga: FAI Faculdades, 2015. Disponível em: http://faifaculdades.edu.br/eventos/SEMIC/6SEMIC/arquivos/resumos/RES11.pdf. Acesso em: 15 jan. 2024.

MICROSOFT. What is mixed reality? 2017. Disponível em: https://learn.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/discover/mixed-reality. Acesso em: 20/02/2025.

MILGRAM, P.; KISHINO, F. A taxonomy of mixed reality visual displays. IEICE TRANSACTIONS on Information and Systems, v. 77, n. 12, p. 1321-1329, 1994.

MOJANG STUDIOS. Minecraft. Versão [versão do jogo]. [Plataforma], 2011.

MOREIRA, M. A. Teorias de aprendizagem. São Paulo: EPU, 2011.

PLATTNER, H.; MEINEL, C.; LEIFER, L. Design thinking: understand, improve, apply. Heidelberg: Springer, 2010.

POLYA, G. How to solve it: A new aspect of mathematical method. Princeton: Princeton University Press, 1945.

PRENSKY, M. Digital game-based learning. New York: McGraw-Hill, 2001.

PRESMEG, N. C. Research on visualization in learning and teaching mathematics. In: Handbook of research on the psychology of mathematics education. Rotterdam: Sense Publishers, 2006. p. 205-235.

RADU, I. Experiencing augmented reality: A case study on the implementation and perceptions of an educational app for enhancing elementary students' understanding of animal adaptations. Journal of Computers in Education, v. 1, n. 2-3, p. 117-131, 2014.

RYAN, R. M.; DECI, E. L. Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. Contemporary educational psychology, v. 25, n. 1, p. 54-67, 2000.

SALEN, K.; ZIMMERMAN, E. Rules of play: Game design fundamentals. Cambridge: MIT press, 2004.

SCHIFTER, C. C.; CIPOLLONE, M. Minecraft as a tool for engagement in mathematics education. In: Society for Information Technology & Teacher Education International Conference. [S. l.: s. n.], 2015. p. 1317-1322.

SCHOENFELD, A. H. Mathematical problem solving. Orlando: Academic Press, 1985.

SCHUYTEMA, P. Design de games: uma abordagem prática. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

SFARD, A. On the dual nature of mathematical conceptions: Reflections on processes and objects as different sides of the same coin. Educational studies in mathematics, v. 22, n. 1, p. 1-36, 1991.

SLATER, M. Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, v. 364, n. 1535, p. 3549-3557, 2009.

SPRING KNOWLEDGE GLOBAL. Geo-AR. 2024. Disponível em: https://geoar.sk-global.biz/. Acesso em: 18/11/2024.

SQUAD. Kerbal Space Program. [Plataforma], 2015. Disponível em: https://squad.com.mx/kerbal-space-program. Acesso em: 18/11/2024.

TALL, D. How humans learn to think mathematically: Exploring the three worlds of mathematics. New York: Cambridge University Press, 2013.

TANG, A.; OWENS, J.; BIOCCA, F.; LIU, Y. Evaluating mixed reality applications for learning: A study comparing immersive virtual reality and augmented reality in engineering education. Virtual Reality, v. 24, n. 3, p. 551-567, 2020.

TOLEDO, M. B. de A.; TOLEDO, M. de A. Teoria e prática de matemática: com dois e dois. São Paulo: FTD, 2009.

TONEIS, C. N.; PAULO, R. M. O game DragonBox 12+ e o papel das metáforas em sala de aula para o ensino da álgebra escolar. Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia, v. 12, n. 1, 2019.

TORI, R.; HOUNSELL, M. da S.; KIRNER, C. Realidade virtual. Introdução a Realidade Virtual e Aumentada.[Internet]. Porto Alegre: Editora SBC, p. 9-25, 2018.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOUTTO, R. A. Fundamentos e tecnologia de realidade virtual e aumentada. 2006.

TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOUTTO, R. Realidade aumentada: uma nova forma de interação entre o real e o virtual para o ensino de física. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 4, p. 481-491, 2006.

WU, H.-K.; LEE, S. W.-Y.; CHANG, H.-Y.; LIANG, J.-C. Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. Computers & Education, v. 62, p. 41-49, 2013.

APÊNDICES

Apêndice 1: Documento de Conceito do Jogo

1. Título do Jogo: Oceano Matemático RM

2. Gênero: Jogo Educacional, Realidade Mista, Puzzle, Aventura

3. Plataforma: Aplicativo Móvel (Android) com integração a Óculos de Realidade Virtual

4. Público-alvo: Estudantes do Ensino médio (15 a 20 anos)

5. High Concept:

Mergulhe em um mundo de piratas e tesouros em Realidade Mista, onde a chave para desvendar os mapas e conquistar as riquezas perdidas está no domínio das funções matemáticas!

6. Conceito Central:

"Oceano Matemático RM" transporta o jogador para uma aventura marítima em Realidade Mista, onde ele assume o papel de um pirata em busca de tesouros escondidos. Os mapas que levam às riquezas são codificados com desafios matemáticos, exigindo que o jogador domine o conceito de funções para desvendar suas pistas e navegar por mares virtuais.

7. Mecânicas Principais:

- **Imersão em Realidade Mista:** Ao conectar o smartphone Android a um óculos de Realidade Virtual, o jogador mergulha em um ambiente imersivo, onde o mundo real se mistura com elementos virtuais, como navios piratas, ilhas e tesouros.
- **Mapas Codificados por Funções:** Os mapas do tesouro são representados por gráficos de funções matemáticas. O jogador precisa analisar as funções, identificar seus pontos chave e traçar as rotas para navegar até os tesouros.
- **Progressão por Níveis:** O jogo se divide em níveis com desafios progressivamente mais complexos, introduzindo novos tipos de funções e conceitos matemáticos.
- **Elementos Interativos em RM:** O jogador interage com o ambiente virtual utilizando controles intuitivos, como olhar para um ponto para navegar até ele ou usar as mãos para manipular objetos virtuais.
- **Tutoriais Interativos:** Tutoriais integrados ao jogo explicam os conceitos de funções matemáticas de forma clara e visual, auxiliando os jogadores a progredirem nos desafios.

8. Estilo Visual:

- Estilo cartoon estilizado, criando um ambiente visualmente atraente e envolvente para o público jovem.
- Ambientação inspirada na Era de Ouro da Pirataria, com navios, ilhas, tesouros e personagens característicos do período.
- Representação visual clara e intuitiva das funções matemáticas, utilizando cores, formas e animações para facilitar a compreensão.

9. Música e Sonoplastia:

- Trilha sonora original com temas que evocam a aventura, o mar e a pirataria.
- Efeitos sonoros imersivos que complementam a experiência em Realidade Mista, como o som das ondas, o vento, os canhões e o canto dos pássaros.

10. Elementos de Gamificação:

- **Sistema de Pontuação e Recompensas:** Os jogadores ganham pontos por completar desafios e desbloquear conquistas.
- **Coleção de Itens:** Os jogadores colecionam itens virtuais, como moedas de ouro, joias e artefatos piratas, que podem ser utilizados para personalizar seus avatares.
- **Ranking:** Um ranking online permite que os jogadores comparem seu progresso com o de outros estudantes.

11. Proposta de Individualidade:

"Oceano Matemático" se destaca por:

- Combinar a emoção da temática pirata com a aprendizagem de funções matemáticas em uma experiência imersiva em Realidade Mista.
- Oferecer um jogo educacional voltado para o ensino médio e superior, abordando conteúdos matemáticos mais avançados, com um visual e uma jogabilidade atraentes para o público jovem.
- Explorar o potencial da Realidade Mista para a visualização e manipulação de conceitos matemáticos, tornando o aprendizado mais intuitivo e significativo.

APÊNDICE 2: Documento de Proposta do Jogo

1. Premissa:

Em "Oceano Matemático RM", o jogador é transportado para o mundo das grandes navegações, onde mapas de tesouros são codificados por meio de expressões matemáticas. Ao jogar, o usuário desenvolverá uma profunda compreensão de tópicos matemáticos como exponenciação, radiciação, equações e funções. Com um roteiro envolvente, efeitos audiovisuais imersivos e inovadores recursos de Realidade Mista (RM), o jogo oferece uma experiência educacional única.

2. Motivação do Jogador:

O jogador assume o papel de um pirata em busca de tesouros escondidos. Para encontrar as ilhas e os baús, ele precisa decifrar mapas codificados por funções matemáticas. No início, os desafios envolvem funções elementares, como funções de primeiro grau. À medida que o jogo avança, a complexidade aumenta, com funções de segundo e terceiro grau, funções trigonométricas e combinações de diferentes funções.

Para desvendar o mapa, o jogador precisa construir o gráfico da função em um ambiente virtual, utilizando a RM. O aplicativo reconhece os padrões do gráfico e revela os elementos virtuais do mapa, guiando o jogador até o tesouro. Tutoriais interativos fornecem o conhecimento necessário para superar os desafios.

3. Proposta de Individualidade:

"Oceano Matemático RM" se diferencia por:

- Combinar uma jogabilidade inovadora em RM com conteúdo matemático do ensino médio e superior, pouco explorado em jogos educacionais.
- Oferecer um visual e uma trilha sonora envolventes, criados especificamente para o público jovem.
- Proporcionar uma experiência imersiva de aprendizagem que torna a matemática mais atraente e acessível.

4. Público Alvo:

Estudantes do ensino médio e superior (15 a 25 anos).

5. Indicação Etária:

Livre.

6. Gênero:

Aventura e Puzzle.

7. Plataforma e Requisitos de Hardware:

- **Plataforma:** Aplicativo Móvel (Android) com integração a Óculos de Realidade Virtual.
- **Requisitos de Hardware:**
    - **Desenvolvimento:** Processador Intel i5 ou equivalente, 4GB de RAM, placa de vídeo dedicada, placa de som, 5GB de espaço em disco, mouse, teclado, câmera de 2MP.
    - **Execução (Móvel):** Processador Dual-Core Cortex A7, 1GB de RAM, 4GB de armazenamento, áudio e microfone integrados, webcam traseira de 2MP, Android 4 ou superior.

8. Licenças:

- Todas as ferramentas e recursos utilizados no desenvolvimento possuem licenças abertas para este projeto.
- Os elementos do jogo (arte, música, código) serão originais ou utilizarão recursos com licenças que permitam a distribuição gratuita do jogo.

9. Análise Competitiva:

"Oceano Matemático RM" se diferencia dos jogos educacionais existentes por:

- Abordar conteúdos matemáticos mais avançados, voltados para o ensino médio e superior.
- Utilizar Realidade Mista para criar uma experiência de aprendizagem imersiva e interativa.
- Apresentar um visual e uma trilha sonora atraentes para o público jovem.

10. Objetivos:

- Proporcionar uma forma divertida e inovadora de aprender e praticar funções matemáticas.
- Despertar o interesse dos estudantes pela matemática, tornando o aprendizado mais engajador.
- Explorar o potencial da Realidade Mista como ferramenta educacional.

11. Gancho:

- **Imersão em RM:** Mergulhe em um mundo pirata virtual que se mistura ao mundo real através da Realidade Mista.
- **Desafios Matemáticos Instigantes:** Desvende mapas codificados por funções matemáticas, testando seus conhecimentos e habilidades.
- **Aventura Pirata Épica:** Embarque em uma jornada emocionante em busca de tesouros, enfrentando desafios e desvendando mistérios.
- **Visual Envolvente:** Explore um mundo visualmente rico e detalhado, inspirado na Era de Ouro da Pirataria.

12. Jogabilidade:

- **Exploração em RM:** Navegue por mares e ilhas virtuais, interagindo com o ambiente e descobrindo pistas.

- **Resolução de Desafios Matemáticos:** Analise gráficos de funções, identifique pontos chave e trace rotas para encontrar os tesouros.
- **Combate Naval:** Enfrente navios inimigos em batalhas estratégicas, utilizando seus conhecimentos de funções para calcular trajetórias de projéteis.
- **Coleta de Itens e Personalização:** Colete moedas de ouro, joias e artefatos para personalizar seu avatar e seu navio.
- **Progressão por Níveis e Dificuldade Gradual:** Avance por níveis com desafios cada vez mais complexos, dominando novos tipos de funções.
- **Tutoriais Interativos:** Aprenda os conceitos de funções matemáticas de forma clara e acessível.

13. Tecnologia:

- **Engine:** Unity 3D.
- **Realidade Mista:** EasyAR para integração com dispositivos Android.

14. Características de Arte e Áudio:

- **Arte:** Estilo cartoon estilizado, ambientação inspirada na Era de Ouro da Pirataria, representação visual clara e intuitiva das funções matemáticas.
- **Música:** Trilha sonora original com temas de aventura e pirataria.
- **Sonoplastia:** Efeitos sonoros imersivos que complementam a experiência em RM, como ondas, vento, canhões e combates.

15. Prólogo:

Um astuto pirata, após ter seus mapas de tesouro roubados, contrata um brilhante matemático para codificar seus novos mapas utilizando funções matemáticas. A partir de então, a prática se espalha entre os piratas, que buscam proteger suas riquezas com a ajuda da matemática.

16. Sinopse:

O jogador assume o papel de um pirata que precisa decifrar mapas codificados por funções para encontrar tesouros escondidos. Ele navegará por mares virtuais, resolverá desafios matemáticos, enfrentará inimigos em combates navais e explorará ilhas em busca de riquezas. A jogabilidade se desenvolve através da interação com o ambiente em RM, da análise de gráficos de funções e da aplicação de conhecimentos matemáticos para superar os desafios.

17. Descrição dos Personagens:

- **Capitão Bartolomew Connor:** Experiente pirata que atua como mentor do jogador, oferecendo dicas e orientações.
- **Marie Rogers:** Pirata habilidosa e aliada do jogador, fornecendo informações e auxílio nas missões.
- **Lord Lens Cooper:** Implacável caçador de piratas e principal antagonista do jogo.
- **Sir Francis Stuart:** Corsário e navegador inglês, rival de Lord Cooper, que pode se tornar um aliado inesperado.

- **Leonhard Euler:** Matemático que codificou os mapas do tesouro, sua história é revelada ao longo do jogo.
- **Kraken:** Monstro marinho colossal que representa um desafio épico para o jogador.
- **Caranguejo Gigante:** Inimigo feroz que ataca o navio do jogador.
- **Cila e Caribdis:** Dupla de monstros mitológicos que representam um grande perigo para a navegação.

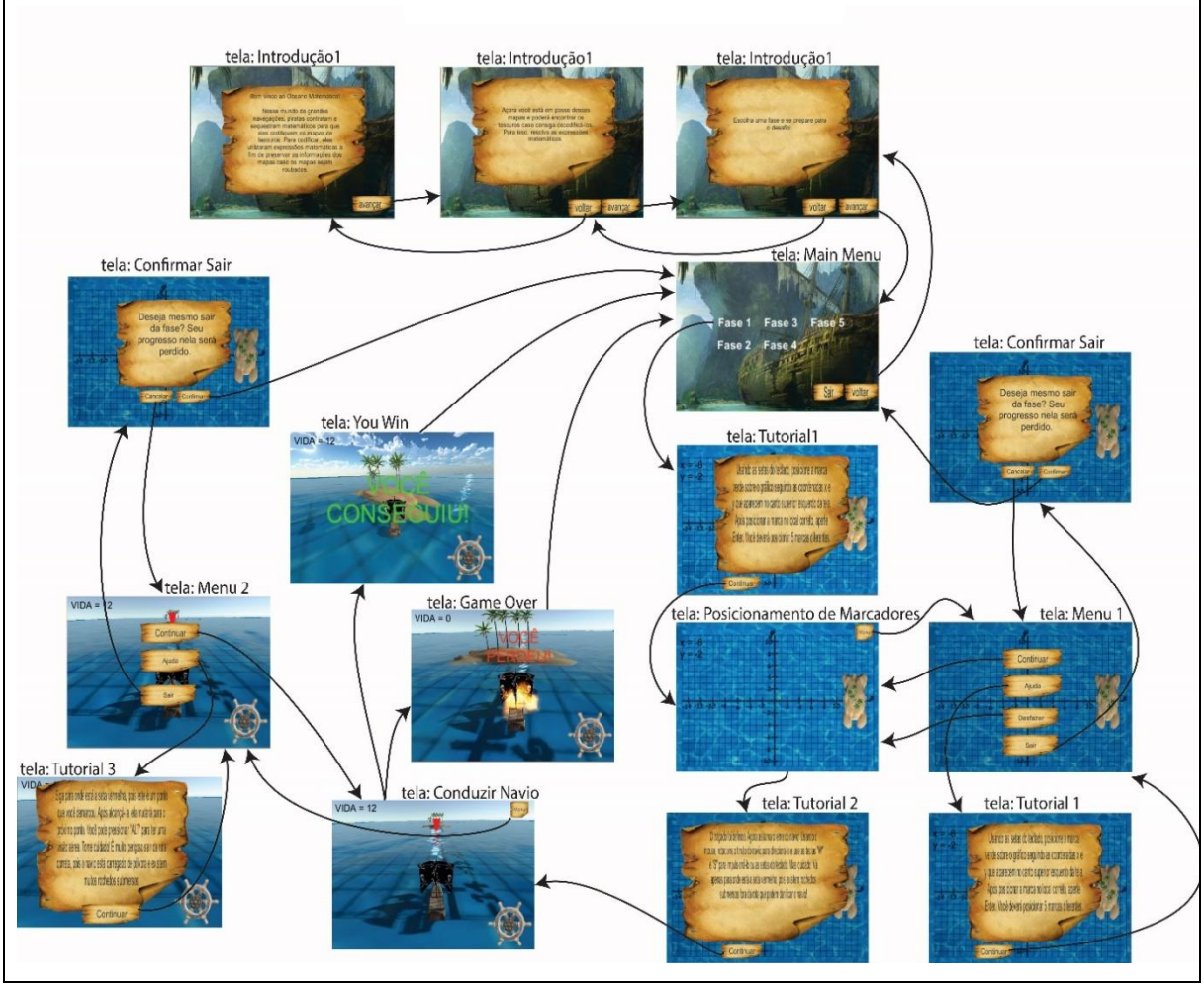
18. Conceitos de Arte:

- **Visual:** 3D com estilo cartoon estilizado, ambientação realista inspirada na Era de Ouro da Pirataria.
- **Cenários:** Ilhas paradisíacas, mares revoltos, cavernas escondidas, cidades portuárias.
- **Personagens:** Design carismático e detalhado, com roupas e acessórios típicos da época.
- **Interface:** Intuitiva e fácil de usar, integrada ao ambiente de RM.

19. Storyboard:

- Um storyboard poderá ser desenvolvido para ilustrar as principais cenas e interações do jogo, servindo como guia para a produção.

APÊNDICE 3: Telas do Aplicativo



APÊNDICE 4: QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA EXPERIÊNCIA COM O JOGO "OCEANO MATEMÁTICO".

Instruções:
Por favor, avalie sua experiência com o recurso em RA marcando sua opinião para cada afirmação abaixo.
Use a seguinte escala:
1 = Discordo Totalmente / Muito Difícil
2 = Discordo Parcialmente / Difícil
3 = Neutro / Razoável
4 = Concordo Parcialmente / Fácil
5 = Concordo Totalmente / Muito Fácil

Seção 1: Usabilidade

1. Achei fácil utilizar o recurso em Realidade Aumentada.
2. Tive dificuldades para interagir com o conteúdo apresentado. *(Item reverso)*
3. Os controles foram intuitivos e fáceis de entender.
4. Senti conforto durante o uso da aplicação.

Seção 2: Aprendizagem

5. As explicações apresentadas estavam claras e compreensíveis.
6. Compreendi bem as funções disponíveis no recurso.
7. O recurso contribuiu para aumentar meu interesse no conteúdo apresentado.

Seção 3: Engajamento

8. A experiência foi divertida e engajadora.
9. Me senti motivado(a) a continuar utilizando o recurso em RA.

Seção 4: Dados estatísticos

10. Você já havia utilizado um jogo ou aplicativo com esta tecnologia? (Realidade Aumentada/ Realidade Mista)
11. Qual a sua idade?