

# Enigma Pirata: praticando Teoria dos Conjuntos e desenvolvendo o Pensamento Computacional

*Enigma Pirata: practicing Set Theory and developing Computational Thinking*

Raquel Lais<sup>1</sup>, Fabrizio Honda<sup>1</sup>, Marcela Pessoa<sup>1</sup>, Cleon Xavier<sup>2</sup>, Fernanda Pires<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Escola Superior de Tecnologia – Universidade do Estado do Amazonas (EST-UEA)  
ThinkTEd Lab - Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação em tecnologias emergentes

<sup>2</sup>Instituto Federal Goiano (IF Goiano) – Campus Iporá – Iporá-GO – Brasil

{rls.lic18, mspessoa, fpires}@uea.edu.br,

fabrizio.honda@icomp.ufam.edu.br, cleon.junior@ifgoiano.edu.br

**Abstract.** *Much has been discussed about lack of playful materials to assist in complex mathematics learning topics and promote the development of Computational Thinking. Games can be an alternative for this scenario, as they have the potential to generate motivation and engagement. However, combining learning elements and fun is not trivial. Thus, this work presents the process of educational game design for “Enigma Pirata” (Pirate Enigma), a platform educational game aimed at practicing Set Theory and developing Computational Thinking playfully. The results include evaluations of the game’s medium-fidelity prototype, which were mostly positive regarding gameplay but with reservations regarding the educational content.*

**Keywords:** *Math, Computational Thinking, educational game, Set Theory*

**Resumo.** *Muito tem se discutido sobre a falta de materiais lúdicos para auxiliar em temas de aprendizagem complexos de Matemática e promover o desenvolvimento do Pensamento Computacional. Os jogos podem ser uma alternativa para esse cenário, pela possibilidade de gerar motivação e engajamento, no entanto, consorciar elementos de aprendizagem e diversão não é trivial. Dessa forma, este trabalho apresenta o processo de game design educacional do “Enigma Pirata”, um jogo educacional de plataforma para praticar e aprender sobre Teoria dos Conjuntos e desenvolver o Pensamento Computacional de forma lúdica. São apresentados como resultados as avaliações com o protótipo de alta fidelidade do jogo, em sua maioria, positivos em relação à gameplay mas com ressalvas quanto ao conteúdo educacional.*

**Palavras-chave:** *Matemática, Pensamento Computacional, Jogo Educacional, Teoria dos Conjuntos*

## 1. Introdução

Presente no cotidiano do ser humano, a Matemática é fundamental para a educação básica e, conforme os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), deve desempenhar um papel de formação das capacidades intelectuais dos estudantes, estruturação do pensamento, raciocínio lógico, resolução de problemas, dentre outros [PCN 1998]. No entanto, é possível constatar uma substancial dificuldade de aprendizagem nessa área, o que pode ser

evidenciado pelo decréscimo de nota na avaliação de 2021<sup>1</sup> do Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb) [Lemos et al. 2024]. Essa dificuldade evidencia a necessidade de incentivo ao desenvolvimento de habilidades para auxiliar na resolução de problemas de forma mais acessível, como a criticidade, o raciocínio lógico-matemático, o Pensamento Computacional (PC), etc.

O PC [Wing 2006] é uma habilidade considerada fundamental aos seres humanos, necessária nos processos de resolução de problemas e que pode ser inata, mas precisa ser desenvolvida [Brackmann 2017, Pires et al. 2018a]. No Brasil, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) indica que o PC deve ser trabalhado nas escolas, de maneira transversal. Entretanto, têm-se poucas ofertas de materiais didáticos que atendam a essa demanda, sobretudo em se tratando de artefatos com propostas lúdicas que podem potencializar a aprendizagem de crianças [Pires et al. 2020, Holanda e Coutinho 2022, Macena et al. 2019]. Nesse cenário, o uso de jogos no processo de aprendizagem vem ganhando destaque pela possibilidade de promover motivação e engajamento. A concepção desses objetos de aprendizagem vem se intensificando, sendo a Matemática um dos temas mais abordados [Dias et al. 2017], inclusive combinando com o conceito de PC [Melo et al. 2018, Pires et al. 2018b, Honda et al. 2022].

Portanto, este trabalho visa descrever o processo de *game design* educacional na construção de “Enigma Pirata”, um jogo educacional para praticar Teoria dos Conjuntos e Pensamento Computacional. Dessa forma, as principais contribuições deste trabalho são: a apresentação desse processo, com a aplicação prática ao desenvolvimento de uma proposta educacional de apoio ao exercício de Matemática; e uma alternativa lúdica que pode ser utilizada por professores da educação básica como material complementar para que os estudantes pratiquem e aprendam o conteúdo. O trabalho organiza-se da seguinte forma: na Seção 2, a fundamentação teórica e trabalhos relacionados; na Seção 3, o processo de concepção do jogo; o design experimental na Seção 4; resultados na Seção 5; discussões dos resultados na Seção 6 e; as considerações finais na Seção 7.

## 2. Referencial Teórico e Trabalhos Relacionados

O uso de jogos educacionais pode ser uma ferramenta potencializadora dos processos de aprendizagem de temas complexos que exigem alto grau de abstração, como Matemática [Pires et al. 2020, Lima e Perry 2020]. O conteúdo aprendido em Matemática tem sua existência regida por um conjunto de regras, cuja abstração pode resultar em um grupo de mecânicas de jogos, ou seja, a ludificação do conteúdo [Honda et al. 2023, Macena et al. 2022]. Nesse sentido e na tentativa de reduzir a percepção de complexidade do conteúdo “Teoria dos Conjuntos”, este artigo trata da abstração lúdica, na forma de um jogo, cujo objetivo é proporcionar um espaço para aprendizagem desse conteúdo e PC.

As transformações que a Matemática perpassou impactaram na organização em que o conteúdo é apresentado aos estudantes ao longo de sua formação educacional [Leme da Silva e Valente 2013]. O Movimento da Matemática Moderna (MMM) transformou a estrutura de aprendizagem da escola tradicional, possibilitando que estudantes da educação infantil tenham o primeiro contato com os fundamentos de Teoria dos Conjuntos e da Álgebra [Oliveira et al. 2011]. A mudança resultou na criação de

---

<sup>1</sup>Última avaliação disponível até abril de 2024. <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/saeb/resultados>

conteúdos elementares embasados da Teoria dos Conjuntos, assim o estudante passa a compreender as relações, operações e elementos da aritmética de modo generalizado. A Teoria dos Conjuntos refere-se à teoria Matemática de coleções bem determinadas, denominadas conjuntos, de objetos do conjunto (elementos) [Bagaria 2020]. Apesar dos PCN não contemplarem explicitamente o uso da Teoria dos Conjuntos, ressaltam a importância na utilização de símbolos e linguagem Matemática para representar diferentes conceitos, tais como os conjuntos numéricos [Souza 2014, PCN 1998].

O estudo sobre Teoria dos Conjuntos está presente na vida do indivíduo, por meio da assimilação de características, formação de grupos, similaridade e diferença para classificar elementos. Durante os primeiros anos da vida escolar, os estudantes aprendem a reconhecer figuras, letras e números partindo para formação de sílabas, palavras, frases e textos na língua portuguesa, por exemplo. Dessa forma, considerando a aplicabilidade da Teoria dos Conjuntos em diversos campos, não somente em cenário escolar, este artigo visa contribuir com a aprendizagem do conteúdo por meio de um jogo educacional intitulado “Enigma Pirata”. As mecânicas do jogo foram elaboradas na intenção do jogador utilizar conhecimentos de operações entre elementos e conjuntos para solucionar os desafios, embasado na Teoria da Aprendizagem Significativa [Ausubel 1963] (contemplada com mais detalhes na subseção 3.3). Além disso, o *level design* foi construído para possibilitar que o jogador desenvolva os pilares do PC.

Entre os projetos que abordam Teoria dos Conjuntos e assuntos correlacionados, o “Brinquedos Numéricos” [Pierini et al. 2012] é um jogo cuja narrativa trata sobre uma loja de brinquedos que teve o servidor comprometido. O objetivo do jogador é reparar os erros e reestabelecer a conexão, por meio de quatro fases que abordam os conceitos e classificação de números naturais, inteiros, racionais e irracionais, respectivamente. Avaliações com o jogo foram conduzidas com dois grupos: (i) estudantes do 9º ano e Ensino Médio e (ii) finalistas de Licenciatura em Matemática. Por meio de questionários, os resultados constatados apontam que: o grupo (i) considerou o jogo atrativo e que pode facilitar a aprendizagem dos estudantes em sala de aula e (ii) aprovou o jogo, de forma unânime, como estratégia de aprendizagem para o conteúdo.

Em Madeira et al. [2015], é proposto o “Mathmare”, um jogo educacional de plataforma 2D sobre conteúdos de Matemática do ensino médio – gráficos de funções polinomiais, conversão de decimal para binário, matrizes e conjuntos. A história trata sobre Dave, um rapaz que não se interessa pela Matemática e que, certo dia, é transportado para dentro de um jogo. Para fugir e superar os obstáculos, deve utilizar seu celular para *hackear* o sistema, aplicando seus conhecimentos matemáticos. O jogo foi testado com o público-alvo, que avaliou aspectos de usabilidade e mecânicas de aprendizagem via questionário. Os resultados foram positivos e demonstraram o interesse dos estudantes pela disciplina, além de proporcionar atividades lúdicas relacionadas ao cotidiano.

Victor e Reis [2019] apresentam o “Game Fracionário”, um jogo para dispositivos móveis *Android*, em que o jogador deve resolver dez atividades, por meio de uma mecânica de *drag and drop*, para posicionar a sequência de conjuntos numéricos, identificar os números que pertencem ao conjunto apresentado, interpretar mensagens e construir gráficos que representem a resposta correta. Para avaliar, foram aplicados pré-testes e, após utilizado o jogo, foi realizado o pós-teste com questões similares às do jogo, que mediram a influência na assimilação do conteúdo. Além disso, os

estudantes responderam a questionário para identificar suas percepções. Como conclusão, os estudantes destacaram o desafio de estudar o conteúdo enquanto jogam, e que “Game Fracionário” se difere de outros jogos por apresentar explicações ao jogador, possibilitando lembrar informações e continuar o seu progresso.

De forma mais pontual, este trabalho difere-se dos demais por: (i) disponibilizar *feedback* ao jogador por meio de estrelas, indicando sua progressão no jogo; (ii) ser o único cujo *level design* foi organizado para proporcionar o desenvolvimento do Pensamento Computacional; (iii) incluir um guia para que o jogador consulte o conteúdo; (iv) possibilitar tanto o exercício de operações quanto de relações entre conjuntos e; (v) conter uma narrativa imersiva, de forma que, à medida que o jogador avança na *gameplay*, a história prossegue. A Tabela 1 apresenta um comparativo entre os quatros trabalhos.

**Tabela 1. Comparação do Enigma Pirata com os demais trabalhos.**

Nome do jogo	Feedback de progressão	PC	Guia sobre o conteúdo	Operações entre conjuntos	Relações entre conjuntos	Narrativa imersiva
Brinquedos Numéricos	-	-	-	-	X	-
Mathmare	X	-	-	X	X	X
Game Fracionário	X	-	X	-	X	-
Enigma Pirata	X	X	X	X	X	X

### 3. Processo de construção de Enigma Pirata

A construção do jogo educacional foi realizada através da sequência de etapas do modelo iterativo-incremental de *game design* educacional de Pires et al. [2021], descritas nas subseções seguintes. O jogo é destinado a dispositivos móveis *Android*, cuja versão atual encontra-se em fase de correções antes da concepção do produto final.

#### 3.1. Concepção, Narrativa e *Gameplay*

A concepção é o primeiro passo do processo, que consiste em: identificar um problema de aprendizagem, selecionar o tema/conteúdo do jogo e definir o público-alvo. A identificação do problema deu-se por meio de pesquisas na literatura, as quais, após leituras de trabalhos científicos, notou-se uma dificuldade por parte dos estudantes na aprendizagem de Matemática. Dessa forma, Matemática foi a área definida, escolhendo-se a Teoria dos Conjuntos como conteúdo educacional, contemplando conceitos e operações entre conjuntos: união, intercessão, diferença e complemento. Dessa forma, o público-alvo definido são estudantes finalistas do Ensino Fundamental e iniciantes do Ensino Médio, com idade a partir de 14 anos. Em seguida, realizou-se a criação dos elementos de jogos, a iniciar pela história/narrativa. Ressalta-se que toda a documentação foi detalhada no *Educational Game Design Document<sup>2</sup>* (EGDD) [Pires et al. 2021].

Para abordar Teoria dos Conjuntos no jogo, definiu-se uma temática pirata, pois é possível representar os conjuntos como se fossem ilhas e os elementos pertencentes a ele, como objetos exóticos encontrados nessas porções de terra. Nesse aspecto, a história elaborada é: “*Barba Branca, um pirata conhecido pela sua aspiração por novas*

<sup>2</sup><https://drive.google.com/file/d/12dzcmRUHUd5XaQup1L9d3iLY9a9A90va/view?usp=sharing>

descobertas e por investigar mistérios dos mares, encontrou, ao longo de toda a sua vida, muitos tesouros que constituíram sua fortuna. Os tesouros foram escondidos em lugares estratégicos, sendo somente acessíveis por meio da resolução de desafios. As lendas que envolvem o paradeiro do grande tesouro perdido despertaram a curiosidade de muitos navegantes, mas ninguém foi capaz de resolver o Enigma Pirata. Em busca de novas aventuras, a jovem pirata e destemida Tina, embarca nessa jornada repleta de mistérios, que exigirá bastante de suas habilidades.” A Figura 1 apresenta: (a) a tela inicial, (b) o mapa para a seleção de fases e (c) um trecho da história.



Figura 1. Telas do jogo Enigma Pirata.

Quanto à *gameplay*, cada fase do jogo é uma parte da ilha, cujo objetivo do jogador é resolver o “Enigma Pirata”, devendo encontrar e abrir o baú. Para isso, é necessário explorar o ambiente em busca de elementos importantes para abri-lo, evitando perigos, combatendo inimigos, destravando plataformas e mantendo, no mínimo, um coração de vida. Tais elementos fundamentais para a *gameplay* são evidenciados na Tabela 2.

Tabela 2. Elementos do jogo.

Figura	Elemento	Descrição
	Pontos de Vida	Representados por três corações.
	Objetivos da fase	Itens importantes que devem ser capturados para realizar a abertura do baú.
	Baú	Recompensa do jogador ao responder corretamente o desafio que envolve Teoria dos Conjuntos.
	Dica	Cada fase possui uma garrafa com uma mensagem contendo uma dica, para que o jogador consiga resolver o desafio de abertura do baú.
	Perigo	Os espinhos representam obstáculos que causam a perda total dos pontos de vida, caso o jogador entre em contato.
	Inimigo	As abelhas são inimigos que se movem na horizontal e vertical que, em contato com a personagem, subtraem um ponto de vida.

### 3.2. Mecânicas de aprendizagem

A ludificação de Teoria dos Conjuntos foi modelada em duas mecânicas principais do jogo. A primeira refere-se a plataformas móveis que o jogador encontra ao explorar a fase, devendo ativá-las para prosseguir. Para isso, deve solucionar o segredo da alavanca, que consiste em girar as quatro engrenagens para posicionar os elementos corretos. Na primeira fase, ilustrada na Figura 2(a), os elementos estão dispostos em dois conjuntos, sendo  $A = \{\text{porco, pato, gato, águia, cobra, leão}\}$  e  $B = \{\text{vaca, tubarão, cachorro, gazela, cobra, leão}\}$ . A solução consiste em realizar a operação de diferença entre os conjuntos  $A$  e  $B$  ( $A-B$ ). Ou seja, espera-se posicionar os elementos que estão presentes no conjunto  $A$  e não em  $B$ , nesse caso,  $A-B = \{\text{água, porco, gato, pato}\}$ . A segunda mecânica é relacionada à abertura do baú, que ocorre somente por meio da resolução correta de outro

desafio envolvendo operações entre conjuntos: pertinência de elementos em um conjunto. Para isso, o jogador deve capturar os elementos dispostos pela fase e encontrar a garrafa com a dica que informa como a operação deve ser feita. No caso da primeira fase, Figura 2(b), os elementos capturados foram {macaco, javali, maçã, banana, vaca, coco} e a dica informa que “Todas as frutas pertencem à chave”, ou seja, a solução são os elementos {maçã, banana, coco}. Para inseri-los no conjunto, basta o jogador utilizar da mecânica de *drag and drop* (arrastar e soltar) e colocá-los no círculo que representa o conjunto. A implementação das operações de complemento e conjunto universo está em andamento, que serão incorporadas ao *game design* como novas mecânicas.



(a) Diferença entre conjuntos.



(b) Pertinência entre conjuntos.

**Figura 2. Mecânicas envolvendo a Teoria dos Conjuntos.**

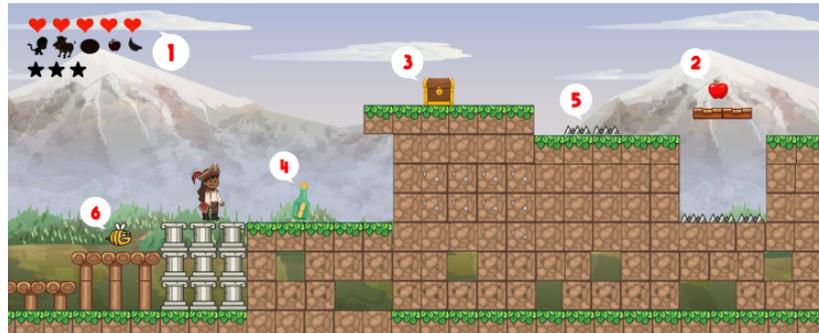
Ao longo da construção do jogo educacional, várias versões foram elaboradas, denominadas protótipos. No protótipo de baixa fidelidade (papel), as primeiras concepções do jogo foram inseridas. Já no protótipo de média fidelidade, utilizando a ferramenta visual *Figma*, já havia a presença de interfaces digitais próximas ao escopo inicial e *design* do jogo. Quanto ao protótipo de alta fidelidade, versão atual do jogo, foi desenvolvida por meio da *game engine Unity*, com a linguagem de programação *C#*. As ilustrações utilizadas foram obtidas nos websites *Freepik*, *CraftPix* e *Canva*, algumas editadas nas ferramentas *Figma* e *Adobe Illustrator*. As imagens são de uso gratuito, aos quais as referências estão no jogo e EGDD. Os efeitos sonoros e trilha musical foram adquiridos no *Freesound*, que disponibiliza recursos gratuitos para produção musical.

### 3.3. Pensamento Computacional e Teoria de Aprendizagem

O Pensamento Computacional (PC) é considerado uma habilidade fundamental para todos do século XXI [Wing 2006], que deve ser trabalhada de forma transversal nas escolas, como preconiza a BNCC. Portanto, *Enigma Pirata* visa proporcionar um espaço para o desenvolvimento dessa habilidade, através do uso dos quatro pilares – como estruturado pela BBC (2018), descrito na Tabela 3.

**Tabela 3. Pilares do Pensamento Computacional em Enigma Pirata.**

Pilar	Descrição	Localização no jogo
Decomposição	Dividir um problema maior em pedaços menores	O jogador identifica os elementos principais de <i>gameplay</i> : corações de vida (1), coletáveis (2), baú (3), dica (4), perigos (5) e inimigos (6)
Reconhecimento de padrões	Identificar similaridades dentro dos subproblemas	Ao avançar na fase, o jogador identifica o percurso dos inimigos, a forma como as plataformas se movimentam, o funcionamento das mecânicas para destravá-las e que os elementos coletáveis e as dicas são essenciais para solucionar o enigma e abrir o baú
Abstração	Focar nas informações relevantes	O foco do jogador mantém-se em atividades relevantes à <i>gameplay</i> , como evitar os inimigos, obter os elementos e dicas, destravar as plataformas e abrir o baú
Algoritmo	Elaborar um passo a passo para resolver o problema	O jogador realiza uma sequência de passos para avançar na fase, explorando-a e capturando os elementos para, por fim, abrir o baú



**Figura 3. Tela de *gameplay* da primeira fase de Enigma Pirata.**

Em relação à teoria, “Enigma Pirata” foi embasado na Teoria da Aprendizagem Significativa [Ausubel 1963]. A “aprendizagem significativa” refere-se a quando o aprendiz atribui significado a um novo conhecimento a partir de seus conhecimentos prévios – interação denominada de “subsunção”, que possui duas condições para ocorrer: i) o aprendiz deve ter predisposição para aprender – evitando a aprendizagem mecânica ao somente memorizar o conteúdo e ii) o conteúdo/material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo, interagindo de forma apropriada e relevante com o conhecimento prévio do aprendiz – que já foi aprendido ou incorporado em suas estruturas cognitivas [BNCC 2019, Pelizzari et al. 2002]. Dessa forma, para proporcionar a aprendizagem significativa, o “Enigma Pirata” possibilita que o jogador: i) tenha como motivação única a diversão, explorando o cenário, interagindo com as mecânicas e evitando inimigos para avançar nas fases (Figura 3); e ii) utilize seus conhecimentos prévios para avançar nas fases. Isso acontece, pois as mecânicas para destravar as plataformas e abrir o baú estão relacionadas ao conteúdo de Teoria dos Conjuntos, devendo o jogador realizar a operação correta para obter sucesso. Ademais, em fases futuras mais complexas, o jogador precisará de conhecimentos das fases anteriores para prosseguir.

#### 4. Design Experimental

Após o desenvolvimento do protótipo de alta fidelidade, testes foram conduzidos, visando: i) identificar possíveis inconsistências, no que diz respeito à usabilidade; ii) verificar se o jogo despertou motivação; e iii) analisar se a experiência dos jogadores foi positiva ou negativa, bem como suas percepções sobre a aprendizagem. A avaliação com o público-alvo – para analisar se o jogo possibilita a aprendizagem de Teoria dos Conjuntos – ainda não foi realizada, pois o objetivo era avaliar os aspectos de usabilidade e identificação de possíveis inconsistências no protótipo, para, então, aprimorar o jogo e futuramente conceber versões mais robustas e adequadas para teste com o público-alvo.

**Seleção de participantes:** 30 estudantes de “Aprendizagem em Informática - Abordagem Pedagógica”, disciplina de terceiro período do curso de Licenciatura em Computação, da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), foram selecionados. A seleção desses participantes deu-se por conveniência, uma vez que uma das habilidades esperadas do curso são que os mesmos sejam *designers* instrucionais, e por recentemente terem tido contato com conteúdos de Teoria dos Conjuntos na disciplina “Matemática Discreta”. Além disso, esta etapa não requer estritamente que os testadores sejam do público-alvo, visto que o objetivo é avaliar a usabilidade e a experiência de jogo. Dessa forma, dos testadores, 21 se identificavam como homens (70%) e 9 (30%) como mulheres,

possuindo uma faixa etária, em sua maioria, entre 18 e 24 anos (86%) – alguns não informaram sua idade. Todos os participantes preencheram um termo de consentimento antes da avaliação, que autoriza a utilização dos seus dados para pesquisas, de forma anônima.

**Instrumentação:** como forma de avaliar a motivação e usabilidade/experiência do jogador, fez-se uso de instrumentos validados pela literatura: i) o *emoti-SAM* [Hayashi et al. 2016], com três questões referentes à diversão, animação e entendimento do conteúdo; e o ii) *MEEGA+* [Petri et al. 2019], composto por 33 questões divididas em duas categorias principais (usabilidade e experiência do jogador), que, somadas, totalizam 11 dimensões (removeu-se “Interação social” pois o jogo não era *multiplayer*).

**Contexto de aplicação:** os testes ocorreram tanto em formato presencial, quanto on-line, ambos divididos em dois momentos: i) *playtesting*, onde os participantes jogavam o jogo e; ii) avaliação, por meio do preenchimento de um formulário via *Google Forms*, baseado nos modelos *emoti-SAM* e *MEEGA+*. Para os testes presenciais, os testadores realizaram o teste com seus próprios *smartphones* ou com os disponibilizados pela equipe, respondendo o formulário logo em seguida. Já para os testes on-line, *links* para *download* da *APK* do jogo pelo *Google Drive* e formulário de avaliação foram disponibilizados.

## 5. Resultados

Em relação aos testes do *emoti-SAM*, 66,6% dos testadores informaram que se sentiram felizes ao jogar o jogo, 70% ficaram animados e 30% apontaram ter entendido os conteúdos do jogo. Pode-se observar que, apesar dos resultados serem majoritariamente positivos nas duas primeiras questões, a avaliação só alcançou 70%, indicando que o jogo ainda precisa de melhorias a respeito da *gameplay*. Quanto à compreensão do conteúdo educacional, o resultado foi abaixo do esperado, revelando, possivelmente, que a aprendizagem do conteúdo estava muito implícita. Quanto aos resultados do *MEEGA+*, foi possível avaliar a experiência do jogador e usabilidade por meio de questões quantitativas, com escala Likert de 1 (discordo plenamente) a 5 (concordo plenamente), e qualitativas, com campos discursivos para que o testador pudesse opinar com suas próprias palavras. Os gráficos com os resultados podem ser conferidos por meio de um arquivo *pdf* disponível no *Google Drive*<sup>3</sup>.

No que tange a usabilidade por meio das quatro dimensões do *MEEGA+*, como segue: **Estética**, boa avaliação quanto ao design do jogo ser atraente, mas também uma parte manteve-se neutra e, em relação aos textos, cores e fontes combinarem/serem consistentes, avaliações positivas (67%) mas também neutras (23%). Isso pode indicar que esses elementos talvez não estivessem totalmente adequados; **Aprendizibilidade (Capacidade de aprendizado)**, avaliações majoritariamente positivas, mas uma parte neutra quanto a “aprender este jogo foi fácil”, possivelmente indicando que não estava tão simples; **Operabilidade**, resultados positivos, indicando que o jogo é fácil e as regras são claras/compreensíveis; **Acessibilidade**, bons resultados, referentes às fontes serem legíveis e as cores compreensíveis.

Já no que diz respeito à avaliação da experiência do jogador no *MEEGA+*: **Confiança**, avaliações positivas (50%) mas também neutras (33%), o que também pode ser um indicativo da aprendizagem estar implícita; **Desafio**, em sua maioria, avaliações

<sup>3</sup><https://drive.google.com/file/d/1s6VjeaEsB4bVIWWioNOUX1uxGpCAmwuR/view?usp=sharing>

positivas, podendo classificar o jogo como desafiador e com um bom ritmo; **Satisfação**, em relação à conclusão de tarefas e esforço pessoal para avançar no jogo, houve boa concordância. Em relação ao sentimento de realização ao completar tarefas no jogo, 60% concordou. Agora quanto à satisfação do que foi aprendido no jogo, disparidade: 50% positivos e 50% neutros/discordantes. Sobre indicar o jogo para os colegas, apenas 47% concordou. Essa dimensão revelou resultados dispersos, indicando que o jogo estava bom, mas ao mesmo tempo, precisando de modificações; **Diversão**, 60% afirmam ter se divertido com o jogo e 47% indicaram que não houve algo durante o jogo que o fez rir ou mantiveram-se neutros. Isso pode indicar que o jogo talvez precise ser mais envolvente em sua narrativa e/ou *gameplay*; **Atenção focada**, positivo quanto a algo que capturou a atenção dos testadores (60%), porém, maioria de votos neutros/negativos quanto a perder a noção do tempo (67%) e esquecer do ambiente ao redor (60%). Também pode estar relacionado à narrativa e/ou *gameplay*, que não engajaram o suficiente; **Relevância**, a maioria dos votos foi neutra/negativa em relação a (i) não ser tão relevante para os interesses dos testadores (70%), (ii) não estando claro como o jogo está relacionado com a disciplina (53%), (iii) apontando não ser um método adequado para a disciplina (70%) e (iv) preferindo não aprender desta forma (67%). Essas avaliações também podem apontar uma aprendizagem implícita, somado ao fato de que os testadores não se encaixavam no público-alvo, justificando os resultados negativos de relevância. **Percepção de aprendizagem**: votos dispersos em positivos e neutros, também podem estar relacionados à aprendizagem implícita e testadores não sendo do público-alvo.

Sobre as questões qualitativas do MEEGA+, cuja verificação foi realizada por meio de análise de conteúdo [Bardin 2015]: “O que você mais gostou no jogo?”, quase a metade dos testadores apontou a *gameplay*, citando pontos como: mecânica de pulo duplo, mobilidade do personagem, jogabilidade fluida, dentre outros. Outra parcela dos testadores citou o design do jogo e a exploração/aventura/desafios; “O que você achou ruim no jogo?”, as avaliações permitiram a identificação de diversas ressalvas: i) *level design* confuso, ii) ausência de dicas com os conceitos de relações entre conjuntos incorporados aos desafios e tutorial das mecânicas para auxiliar o jogador, iii) algumas dificuldades em relação às mecânicas, iv) identificação do conteúdo educacional do jogo e v) considerações negativas a respeito do *design* do jogo. Já as respostas sobre “O que você aprendeu jogando o jogo?” podem ser classificadas em: i) Conjuntos (50%), ii) Nada (20%) e iii) Não relacionado ao conteúdo do jogo (30%). A i) diz respeito aos testadores que utilizaram a palavra “conjunto” em suas avaliações, no entanto, quase nenhum foi capaz de descrever sobre Teoria dos Conjuntos aplicada ao jogo. A ii) refere-se aos que afirmaram que não aprenderam/entenderam nada do conteúdo do jogo ou que não responderam. E iii), são respostas ou relacionadas ao jogo, mas sem nexos com os objetivos de aprendizagem, ou não relacionadas. Essa questão reforça o indicador anterior que diz respeito à aprendizagem do jogo ter ficado muito implícita.

## 6. Discussões dos resultados

De forma geral, sobre a *gameplay*, observou-se que grande parte dos testadores gostou das mecânicas do jogo e outros apontaram dificuldades. Em termos de *design*, algumas constatações negativas foram a respeito de elementos que estavam em desacordo com a estética do jogo. Quanto ao conteúdo educacional, pôde-se perceber que a aprendizagem estava implícita e não havia tutorial/dicas para auxiliar o jogador. Como o jogo

encontrava-se em protótipo de alta fidelidade, os testes foram realizados com estudantes de computação. Dessa forma, os objetivos de avaliação foram atingidos: possibilitaram a identificação de inconsistências/sugestões de melhorias e a análise da motivação e percepções de aprendizagem dos jogadores. Esses resultados serão essenciais para refinar o jogo e conceber o produto final, cujos testes serão feitos com o público-alvo.

Apesar dos desafios identificados durante os testes, os resultados estão de acordo com outras avaliações de jogos presentes na Literatura que utilizam o modelo MEEGA+: (i) em Fontana e Classe [2023], a percepção de aprendizagem dos estudantes em relação ao jogo foi similar aos de Enigma Pirata, com resultados majoritariamente positivos e algumas avaliações neutras/negativas. No caso deste trabalho, o fato dos testadores serem estudantes de computação e não do público-alvo pode ter relação com as avaliações não positivas, que não necessariamente refletem que o jogo não possibilitava a aprendizagem do conteúdo; (ii) em Santana e Pereira [2021], também foram identificadas discordâncias em relação à dimensão de “atenção focada”, no entanto, as avaliações positivas na questão “eu me diverti com o jogo” podem contrapor uma possível interpretação de que o jogo estava desinteressante. Portanto, uma das conclusões que se pode ter é que os estudantes ficaram entretidos mas nem todos se consideraram imersos; (iii) em Silva et al. [2021], na avaliação em uma das turmas cujo jogo foi aplicado, constatou-se algumas avaliações negativas em relação à dimensão de “desafio”, indicando que alguns estudantes não acharam o jogo tão desafiador. Isso também ocorreu em Enigma Pirata, contudo, as avaliações positivas nas duas questões do modelo emoti-SAM apontam que os jogadores se sentiram animados e se divertiram. Uma das possíveis conclusões nesse aspecto é que o jogo estava divertido, porém, necessitando de mais elementos desafiadores e engajantes.

Os resultados, tanto obtidos por este trabalho, quanto por trabalhos correlatos, dão indícios de que as dimensões avaliadas em diferentes instrumentos por questionário, algumas vezes divergem em seus resultados, o que pode reforçar que a avaliação por meio de questionário está sujeita a outras variáveis, como a atenção do estudante na hora de responder [Pessoa 2022], o que pode impactar no resultado.

## 7. Considerações finais

Este artigo apresentou “Enigma Pirata”, um jogo educacional para exercício e aprendizagem de Teoria dos Conjuntos e Pensamento Computacional, destinado a estudantes finalistas do Ensino Fundamental II e iniciantes do Ensino Médio. Para o desenvolvimento foi utilizado um processo iterativo-incremental, permitindo a realização de correções e adição de elementos apontados durante os testes com usuários.

O protótipo de alta fidelidade foi avaliado por estudantes de computação da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), cujos resultados, em maioria, indicaram aprovação da fluidez da jogabilidade e alguns elementos do cenário, mas com ressalvas quanto a elementos de *design* discrepantes com a estética e em relação ao conteúdo educacional, em que se pôde identificar que estava muito implícito, refletindo em dificuldades para progredir no jogo. A partir dos resultados obtidos, pretende-se, em trabalhos futuros, continuar com o desenvolvimento do jogo: i) corrigindo *bugs*, ii) incorporando *feedbacks* para melhorar a interação do jogador, iii) integrando o sistema GLBoard [Silva et al. 2022] para a captura de dados; iv) aplicando os testes com o público-alvo e; v) disponibilizando o jogo de forma gratuita e acessível.

## Referências

- Ausubel, D. P. (1963). The psychology of meaningful verbal learning.
- Bagaria, J. (2020). Set theory. *Stanford Encyclopedia of Philosophy*.
- Bardin, L. (2015). Análise de conteúdo (la reto & a. pinheiro, tradução)(6ª edição). *Lisboa, Portugal: Edições, 70*.
- BBC (2018). Introduction to computational thinking. <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zp92mp3/revision/1>.
- BNCC (2019). Aprendizagem significativa: breve discussão acerca do conceito. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/implementacao/praticas/caderno-de-praticas/aprofundamentos/191-aprendizagem-significativa-breve-discussao-acerca-do-conceito>. Acesso em: 09 de abril de 2024.
- Brackmann, C. P. (2017). *Desenvolvimento do Pensamento Computacional através de atividades desplugadas na Educação Básica. 2017. 226 f.* PhD thesis, Tese (Doutorado em Informática na Educação)–Universidade Federal do Rio . . . .
- Dias, J. L., Talita, L., Medeiros, H. B., e Aranha, E. (2017). O uso de jogos digitais na educação básica: uma revisão sistemática da literatura.
- Fontana, P. G. A. e Classe, T. M. d. (2023). Ondabeat: Jogo de aprendizagem de ritmos e figuras musicais. In *Anais Estendidos do XXII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 1489–1494. SBC.
- Hayashi, E. C., Posada, J. E. G., Maike, V. R., e Baranauskas, M. C. C. (2016). Exploring new formats of the self-assessment manikin in the design with children. In *Proceedings of the 15th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, pages 1–10.
- Holanda, W. D. d. e Coutinho, J. C. d. S. (2022). World prog: Um jogo educacional para aprendizagem de conceitos básicos de programação. *RENOTE*, 20(1):213–222.
- Honda, F., Pires, F., Pessoa, M., e Maia, J. (2022). Cadê minha pizza? um jogo para exercitar matemática e pensamento computacional através de grafos. In *Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 876–885. SBC.
- Honda, F., Pires, F., Pessoa, M., e Oliveira, E. H. (2023). Automigos: learning design para ludificação de autômatos finitos determinísticos. In *Anais do XXXI Workshop sobre Educação em Computação*, pages 545–556. SBC.
- Leme da Silva, M. C. e Valente, W. R. (2013). Uma breve história do ensinar e aprender matemática nos anos iniciais: uma contribuição para a formação de professores. *Educação Matemática Pesquisa - Revistas PUC-SP*.
- Lemos, A. G. B., Lemos, V. d. O. T., e Gomes, A. R. T. (2024). Desafios do ensino de matemática: reflexões sobre metodologias e aprendizagem. *OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA*, 22(6):e5276–e5276.
- Lima, I. e Perry, G. T. (2020). Fluxo e interesse desencadeados por um jogo digital educacional, no ensino de matemática. *RENOTE*, 18(2):266–275.

- Macena, J., Melo, G., Lais, R., Pires, F., e Pessoa, M. (2019). Gramágica: um jogo educativo para praticar classificaç ao silábica através do pensamento computacional. In *Anais do XVIII Brazilian Symposium on Computer Games and Digital Entertainment*, pages 977–984.
- Macena, J., Pires, F., e Melo, R. (2022). Hello food: uma jornada de aprendizagem lúdica em algoritmos, programação e pensamento computacional. In *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 561–572. SBC.
- Madeira, C., Câmara, L., Beserra, I., e Tavares, R. (2015). Mathmare: um jogo de plataforma envolvendo desafios matemáticos do ensino médio. *XIV SBGames-Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*.
- Melo, D., de Sousa Pires, F. G., Melo, R., e Júnior, R. J. d. R. S. (2018). Robô euroi: Game de estratégia matemática para exercitar o pensamento computacional. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 29, page 685.
- Oliveira, M. C. A. d., Silva, M. C. L. d., e Valente, W. R. (2011). O movimento da matemática moderna: história de uma revolução curricular, 2011. *Repositório Institucional da UFSC*.
- PCN (1998). Parâmetros curriculares nacionais: Matemática. Acessado em: 2024-07-12. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/matematica.pdf>.
- PCN (1998). *Parâmetros Curriculares Nacionais: Terceiro e quarto ciclos do Ensino Fundamental*. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Fundamental.
- Pelizzari, A., KriegL, M. d. L., Baron, M. P., Finck, N. T. L., e Dorocinski, S. I. (2002). Teoria da aprendizagem significativa segundo ausubel. *revista PEC*, 2(1):37–42.
- Pessoa, M. S. P. (2022). Codeplay: uma plataforma que incorpora a ludicidade de jogos de entretenimento a um juiz on-line.
- Petri, G., von Wangenheim, C. G., e Borgatto, A. F. (2019). Meega+: Um modelo para a avaliação de jogos educacionais para o ensino de computação. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 27(03):52–81.
- Pierini, L. M., Valentim, M. A., e Cardoso, A. (2012). Brinquedos numéricos: um jogo para o ensino dos conjuntos numéricos. *Anais do 23º Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2012)*, pages 26–30.
- Pires, F., Serique Bernardo, J. R., Pessoa, M., Melo Ferreira, R., e Maquiné de Lima, F. M. (2020). O livro do conhecimento: um serious game educacional para aprendizagem de ortografia da língua portuguesa. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 28(1).
- Pires, F. G. d. S., Duarte, J. C., da Silva Pessoa, L., dos Santos Pereira, K. S., Melo, R., e de Freitas, R. (2018a). Uma análise cognitiva entre a emergência de padrões em narrativas infantis e elementos do pensamento computacional. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 29, page 1193.
- Pires, F. G. d. S., Duarte Filho, J. C. d. S., Alencar, L. F. B. d., e Almeida, W. D. M. d. (2018b). Tricô numérico: Um jogo para alfabetização matemática.

- Pires, F. G. d. S. et al. (2021). Thinkted lab, um caso de aprendizagem criativa em computação no nível superior. *Universidade Federal do Amazonas*.
- Santana, B. d. B. e Pereira, C. P. (2021). Vida especial: Um jogo para a promoção do aprendizado e da conscientização sobre o transtorno do espectro autista. In *Anais do XXXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 487–498. SBC.
- Silva, D., Pires, F., Melo, R., e Pessoa, M. (2022). Glboard: um sistema para auxiliar na captura e análise de dados em jogos educacionais. In *Anais Estendidos do XXI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 959–968. SBC.
- Silva, R. R., Rivero, L., e dos Santos, R. P. (2021). Programse: Um jogo para aprendizagem de conceitos de lógica de programação. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 29:301–330.
- Souza, A. d. S. (2014). A inserção da teoria dos conjuntos em livros didáticos de matemática no brasil. Master's thesis, Universidade Anhanguera de São Paulo, São Paulo.
- Victor, E. d. F. e Reis, L. M. S. P. d. (2019). A aprendizagem significativa de conjunto de números racionais com auxílio de um jogo computacional. *Aprendizagem Significativa em Revista*.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3):33–35.