

Vórtex Numérico: um jogo educacional para exercitar operações básicas e Pensamento Computacional

Vórtex Numérico: an educational game to exercise basic operations and Computational Thinking

Jean Miguel¹, Fabrizio Honda¹, Marcela Pessoa¹, Fernanda Pires¹

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

{jmcb.lic22,mspessoa,fpirez}@uea.edu.br,

fabrizio.honda@icomp.ufam.edu.br

Abstract. *Mathematical content is fundamental in various areas of knowledge; however, results from the latest PISA indicate students' difficulties in understanding these concepts. An alternative that can aid in learning these subjects is educational games, which have been gaining prominence for their potential to motivate and subsequently engage students. Therefore, this work proposes "Numerical Vortex," an educational game designed to practice the four basic mathematical operations based on Ausubel's theory of Meaningful Learning and incorporating Computational Thinking. Results include the production of the medium-fidelity version of the game, documentation, improvements based on validation by experts, and lessons learned.*

Keywords: *mathematical content, educational games, Meaningful Learning, Computational Thinking*

Resumo. *Os conteúdos matemáticos são fundamentais em diversas áreas do conhecimento, no entanto, resultados do último PISA apontam dificuldades dos estudantes em compreendê-los. Uma alternativa que pode auxiliar na aprendizagem desses assuntos são os jogos educacionais, que vêm ganhando destaque pela possibilidade de motivação e posterior engajamento. Dessa maneira, este trabalho propõe "Vórtex Numérico", um jogo educacional para exercitar as quatro operações básicas da matemática, embasado na teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e incorporando o Pensamento Computacional. Resultados incluem a produção da versão de média fidelidade do jogo, a documentação, melhorias a partir da validação por especialistas e lições aprendidas.*

Palavras-chave: *conteúdos matemáticos, jogos educacionais, Aprendizagem Significativa, Pensamento Computacional*

1. Introdução

No que diz respeito à aprendizagem de Matemática, notam-se dificuldades por parte dos estudantes brasileiros, como apontam os índices do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA): o Brasil apresentou um desempenho médio de 379 pontos em matemática, uma pontuação inferior à média de países como o Chile, Uruguai

e Peru [Inep 2020]. Dentre as possíveis causas, pode-se citar: a falta de hábitos de estudos, exercícios descontextualizados, ausência de atividades que desenvolvam o raciocínio, dificuldade de abstração, desinteresse dos estudantes que não conseguem aprender, professores desmotivados, entre outros [Oliveira et al. 2011]. Ao encontro dessa informação, percebe-se desafios no entendimento das quatro operações básicas da matemática, apresentadas nos anos escolares iniciais. Isso desencadeia a dificuldades nos assuntos posteriores, que têm esses conteúdos como requisitos [Masola e Allevalo 2014].

Como forma de auxiliar na aprendizagem desses conteúdos, pesquisadores buscam utilizar jogos no âmbito educacional, pois oferecem momentos lúdicos e interativos como etapas do processo de aprendizagem [Moraes et al. 2018]. Além disso, são consideradas poderosas ferramentas didáticas [Possatto e Jagnow 2022], capazes de manter o jogador em um estado de concentração, sem ser interrompido por eventos externos, denominado *flow* [Csikszentmihalyi e Csikzentmihaly 1990]. Com isso, podem proporcionar motivação em um ambiente dinâmico ao estudante, facilitando o processo de aquisição dos conhecimentos. Tais fatores alavancaram a produção desses artefatos nos últimos anos, por exemplo, para a educação infantil em relação à matemática e Pensamento Computacional [Araújo e Madeira 2020].

Entretanto, apesar dos benefícios em conceber jogo como objetos de aprendizagem, criar um jogo educacional pode ser uma tarefa desafiadora. Isso pois, além de servirem para entretenimento, também necessitam de elementos que estimulem a aprendizagem dos jogadores, como a incorporação de estratégias educacionais ou teorias de aprendizagem [Pires et al. 2018]. Esse processo não é trivial, o designer de aprendizagem deve fazer a conexão entre os elementos de jogos e os de *learning design*, ou seja, estruturar o *level design* e o conjunto de regras para possibilitar que o jogador consiga absorver efetivamente o conteúdo apresentado. Destaca-se também que os jogos educacionais devem estar de acordo com a Base Nacional Curricular Comum (BNCC) em relação a conteúdos a serem trabalhados.

Portanto, este trabalho propõe um jogo educacional intitulado “Vórtex Numérico”, que tem como objetivo criar um ambiente lúdico para facilitar a aprendizagem das quatro operações básicas da matemática, tendo como público-alvo estudantes do 6º ao 9º – com uma faixa etária de seis a onze anos – que possuem dificuldades nesses conteúdos. O trabalho organiza-se da seguinte forma: na Seção 2 o referencial teórico e os trabalhos relacionados; na Seção 3 o processo de desenvolvimento de um artefato educacional; na Seção 4 os resultados e discussões; e na Seção 5, as considerações finais.

2. Referencial Teórico e Trabalhos relacionados

Jogos estão presente desde o início da sociedade em forma de brincadeiras e competições [Huizinga 2014], logo incorporá-los à educação surge como uma alternativa lúdica para atrair o interesse do estudante em aprender. Estudos indicam que exercitar conteúdos enquanto joga pode ser benéfico no processo de aprendizagem, pois sua utilização em âmbito educacional tornou-se de interesse dos estudantes por transformar a experiência de estudar em algo dinâmico [Plass et al. 2015].

Em Pinheiro et al. [2023], os autores criaram um jogo educacional que visa estimular o exercício das operações básicas da matemática, denominado “Algebird Adventures”, O jogo é inspirado no popular jogo comercial “Angry Birds” e visa oferecer

uma abordagem lúdica para as operações básicas da matemática. A mecânica consiste em controlar uma arara azul para acertar os balões que apresentam o número correspondente ao resultado de uma operação. O jogo não foi avaliado, e os autores ressaltam que pretendem aplicar testes para verificar se atende aos objetivos de aprendizagem propostos.

De modo semelhante, Rodrigues e Diocesano [2023] conceberam o jogo educacional “Quarteto Básico”, cujo objetivo é auxiliar estudantes do 7º do ensino fundamental na aprendizagem das quatro operações básicas da matemática. A jogabilidade consiste em girar uma roleta duas vezes, que contém números naturais, e após sortear dois números, o jogador deve inserir uma solução sob uma operação que é realizada com esses números. O trabalho passou por avaliações através de formulários e questionários por estudantes e obteve uma pontuação de 60% de média, mostrando um resultado positivo em sua aplicação, com destaque ao *design* atraente e relevância do conteúdo.

No trabalho de Silva et al. [2020], os autores produziram um artefato computacional para apoiar no processo de aprendizagem das quatro operações básicas da matemática. O jogo, intitulado “Missão Matemática”, permite calcular as quatro operações de forma dinâmica e motivadora, com público-alvo sendo de estudantes de seis a onze anos. Durante a *gameplay*, o jogador controla um helicóptero e tem como objetivo derrubar outros veículos aéreos que possuem um escudo para proteção, podendo retirá-los se responder corretamente a expressão presente na tela (soma, subtração, multiplicação e divisão). O jogo não foi avaliado, incluindo como trabalho futuros validar a usabilidade da interface e averiguar se os objetivos de aprendizagem foram alcançados.

Ao comparar “Vórtex Numérico” com os trabalhos relacionados (Tabela 1), percebe-se elementos que o diferenciam: (i) incorpora os pilares do Pensamento Computacional (PC), possibilitando o desenvolvimento dessa habilidade fundamental para resolução de problemas; (ii) oferece *feedback* de progressão para os jogadores, sendo positivos quando o estudante cria a operação correta que satisfaça a expressão, e negativos, caso contrário; (iii) dá liberdade para os jogadores criarem suas próprias expressões matemáticas, permitindo mais de uma resolução correta para um mesmo problema; e, por fim, (iv) inclui teorias de aprendizagem para trazer rigor pedagógico ao artefato.

Nome do jogo	PC	Feedback de progressão	Liberdade ao criar operações	Teoria de Aprendizagem
Algebird Adventures	-	X	-	-
Quarteto básico	-	-	X	-
Missão Matemática	-	X	-	-
Vórtex Numérico	X	X	X	X

Tabela 1. Comparativo de Vórtex Numérico com os trabalhos relacionados.

3. Vórtex Numérico: jogo educacional de Matemática

“Vórtex Numérico” é um jogo educacional para auxiliar na aprendizagem das quatro operações básicas da Matemática (adição, subtração, multiplicação e divisão) e no desenvolvimento do Pensamento Computacional (PC). Atualmente encontra-se em etapa de correção e transição para a versão de alta fidelidade (implementada na *game engine Unity*). A metodologia utilizada foi a de *game design* educacional [Pires et al. 2021], um

processo onde as ações são desenvolvidas de forma cíclica e visam fundamentar, de forma criativa, cada passo para desenvolver um *software* educacional (Figura 1).

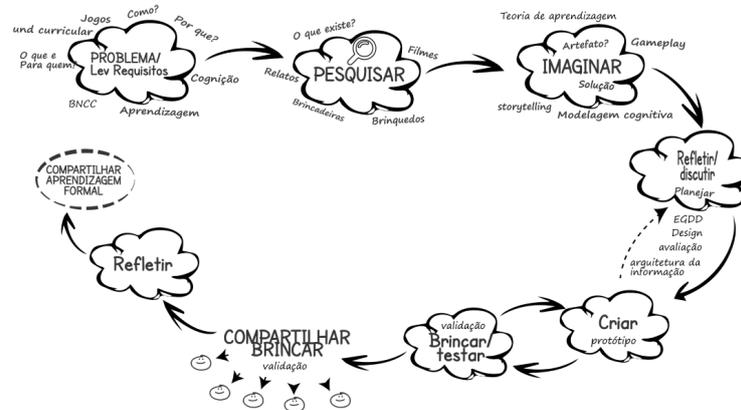


Figura 1. Processo de *game design* educacional de Pires et al. [2021].

3.1. Problema e Levantamento de Requisitos

O primeiro passo consistiu na definição de um problema de aprendizagem, a partir de pesquisas em artigos científicos. Desse modo, a partir da análise de trabalhos na literatura, definiu-se como problema de aprendizagem a dificuldade de aprendizagem em conteúdos introdutórios de matemática para estudantes do 6º ano, visto que apresentam dificuldades em raciocinar os conteúdos quando se pede para sair do concreto e pensar no abstrato [Oliveira 2013]. Portanto, o tema definido para o jogo foi Matemática e, para a escolha do conteúdo específico, consultou-se a Base Nacional Curricular Comum (BNCC) [MEC 2018], elencando a seguinte competência a ser trabalhada no jogo: “(EF06MA03) Resolver e elaborar problemas que envolvam cálculos (mentais ou escritos, exatos ou aproximados) com números naturais, por meio de estratégias variadas, com compreensão dos processos neles envolvidos com e sem uso de calculadora”.

3.2. Pesquisar e Imaginar

A partir da definição do problema de aprendizagem, ou seja, identificar desafios/dificuldades que se pretende minimizar, realizou-se pesquisas para corroborar com as problemáticas definidas. Como forma de expandir a coleta de dados que poderiam ser encontrados através dessas buscas, na etapa de “Pesquisar” realizou-se: (i) pesquisas na literatura e (ii) uma pesquisa de campo. Em (i) percebeu-se que estudantes de ensino fundamental enfrentam obstáculos quando estudam conteúdos introdutórios de matemática [Viana et al. 2023], tornando-se mais evidente ao passo em que são utilizados como base em assuntos posteriores. Também notou-se trabalhos presentes na literatura que buscam meios dinâmicos de contornar essas dificuldades, como no trabalho de Dutra et al. [2021], onde os autores desenvolveram um jogo digital educacional chamado “Super ThinkWash”, cujo objetivo é auxiliar crianças no início do processo de alfabetização a trabalhar conceitos básicos da matemática.

De modo semelhante, em (ii) realizou-se uma pesquisa de campo com três professores de matemática em uma escola pública. Os dados foram coletados por meio de entrevistas semi-estruturadas com os docentes da escola, que informaram suas

percepções sobre a compreensão das quatro operações básicas por parte dos estudantes. As respostas obtidas revelaram que os docentes consideram que apenas 15% de seus estudantes avançam para o ensino médio com o domínio de somar, subtrair, multiplicar e dividir. Dessa forma, optou-se pela criação de um jogo educacional como estratégia que facilite a aprendizagem de estudantes que sentem dificuldades em conteúdos relacionados às quatro operações básicas da matemática.

As primeiras ideias para conceber um artefato educacional originaram-se a partir das requisições de uma disciplina denominada “Aprendizagem em Informática - Abordagem Pedagógica”, do curso de Licenciatura em Computação de uma universidade pública, cujo objetivo é construir um *software* educacional que incorpore teorias de aprendizagem. Portanto, a etapa de “Imaginar” consistiu no compartilhamento das ideias sobre o jogo com os demais estudantes da turma e a docente da disciplina, para colaborações construtivas sobre a proposta.

3.3. Refletir e Discutir

Criar um jogo educacional não é uma tarefa simples, pois é necessário conciliar *game design* com *learning design*, auxiliando o jogador no aprendizado do conteúdo e proporcionando-o uma experiência divertida. Para isto, faz-se necessária a etapa de reflexão e discussão, que consiste na criação dos elementos do jogo, como narrativa, *gameplay*, mecânicas de aprendizagem, etc (requisitos) e seus subsídios de aprendizagem, como teorias, Pensamento Computacional e avaliação de aprendizagem (planejamento). A seguir, descreve-se o que são esses tópicos e como foram elaborados, cuja documentação do material (*game design* e aspectos de aprendizagem) foi realizada no *Educational Game Design Document* (EGDD) [Pires et al. 2021].

3.3.1. História, *gameplay* e mecânica de aprendizagem

Para manter o engajamento dos jogadores e criar um ambiente lúdico e dinâmico, é necessário uma narrativa eficaz, capaz de auxiliar na imersão do jogo, pois os elementos visuais vinculados à narrativa contribuem para o jogador compreender a sua evolução em relação à aprendizagem [Ramos et al. 2017]. Dessa forma, a história elaborada para o jogo foi: “*Lótus é um jovem que vive em uma pacata vila mágica com seu avô. Em um certo dia, sua vila é atacada por um monstro chamado Vórtex, que tem a capacidade de roubar conhecimento matemático das pessoas. Agora a missão do protagonista é recuperar o conhecimento dos seus amigos, derrotando membros do exército de Vórtex.*”.

Além disso, para que o jogador identifique-se com o protagonista, o jogo incorpora a jornada do herói [Campbell 1949] em sua narrativa – (i) *status quo*: Lótus vive em uma vila mágica pacífica; (ii) chamada para aventura: seus amigos sofrem um ataque de um monstro maligno que rouba conhecimento; (iii) assistência: o avô de Lótus o auxilia com equipamentos e materiais durante o percurso; (iv) partida: Lótus embarca na aventura de ir recuperar o conhecimento de seus amigos; (v) desafios: enfrenta os inimigos; (vi) abordagem: encara o *boss*; (vii) crise: é derrotado; (viii) tesouro: supera o *boss* e obtém recompensas; (ix) resultado: Lótus recupera os conhecimentos aos poucos e se depara com mais inimigos; (x) retorno: Lótus consegue recuperar todo o conhecimento; (xi) nova vida: a jornada possibilitou que Lótus praticasse cada vez mais seu raciocínio lógico durante os desafios; e (xii) resolução: a paz foi restaurada em sua vila.

Em relação à jogabilidade, visando tornar a experiência do usuário mais dinâmica, definiu-se o gênero do jogo como aventura e estilo *topdown*, onde o personagem é visto de cima, possibilitando que os jogadores tenham uma melhor noção do ambiente geral e das posições dos personagens, inimigos e itens. De tal modo, considerando a narrativa definida e o tipo de *gameplay*, as mecânicas estabelecidas para o jogo estão associadas à exploração e combate: o jogador deve coletar pedras mágicas enumeradas que estão espalhadas pelo mapa e utilizá-las para derrotar os inimigos. Ao iniciar o embate com os inimigos (um por vez), o jogador vence a batalha ao criar uma operação correspondente ao número que paira sobre o inimigo, selecionando e atribuindo as pedras mágicas corretamente. Em caso contrário, perde um coração de vida e, quando esse valor for inferior a um, é derrotado. Dessa forma, deve utilizar seus recursos de forma econômica, criando operações mais simples para vencer os oponentes e usar as pedras economizadas em confrontos futuros. Os elementos de *gameplay* são ilustrados e descritos na Tabela 2.

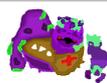
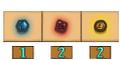
Figura	Elemento	Função
	Pedras	Essenciais no combate com os inimigos, assumem diferentes valores de acordo com o seu tipo e podem ser encontradas pelo mapa do jogo.
	Inimigo	Os inimigos estão presentes em muitos momentos do jogo. Eles podem ser derrotados utilizando as pedras.
	Inventário	Ao iniciar o encontro com um inimigo, iniciará uma batalha onde o objetivo do jogador é criar uma operação correspondente ao número do inimigo utilizando as pedras no menu de batalha.

Tabela 2. Elementos presentes no jogo.

A mecânica de aprendizagem em um jogo educacional refere-se a como incorporar elementos de aprendizagem para possibilitar que o jogador pratique um determinado conteúdo. Contudo, essa incorporação não é simples, pois é fundamental um balanceamento entre diversão e exercício do conteúdo para evitar os dois extremos: aprendizagem muito implícita – que não possibilita o exercício do conteúdo – e diversão muito implícita – que torna o jogo monótono e possivelmente desmotivador. Portanto, em “Vórtex Numérico”, buscou-se criar uma mecânica de aprendizagem que seja divertida e eficaz para a aprendizagem das quatro operações básicas de matemática. Com esse intuito, uma das principais motivações foi “ludificar” a tabuada: o método de pergunta e resposta para o estudante pode não ser eficaz, podendo o estudante somente decorar. Entretanto, ao possuir a resposta de uma operação e ter que criar uma expressão correspondente, a variedade de equações diferentes que podem chegar ao mesmo resultado é maior, proporcionando mais liberdade para o jogador de exercitar os conteúdos. Portanto, com uma mecânica em que ao jogador utiliza pedras mágicas para formar operações e derrotar os inimigos, têm-se uma estratégia que o permite a criar diferentes combinações de operandos e operadores, mesmo que o resultado seja igual em diferentes inimigos.

As pedras presentes nas fases foram organizadas estrategicamente durante o *level design*, para que o estudante possa: (i) coletar e armazenar diversas pedras para os combates – podendo ser consultadas ao acessar sua bolsa; (ii) administrar as pedras de modo econômico, evitando inimigos caso não possua as pedras adequadas; e (iii) escolher as pedras de forma eficaz para formar uma operação. Desse modo, a mecânica

de aprendizagem do jogo permite que o jogador pratique as operações básicas, ao coletar e utilizar as pedras para formar operações e derrotar os inimigos (Figura 2).

(a) Problema a ser solucionado. (b) Uma possível solução.

Figura 2. Operação parcial e completa, respectivamente.

Além disso, adicionou-se *feedbacks* no jogo: (i) ao realizar operações de forma incorreta (recebe dano do inimigo e perde um coração de vida) ou correta (o inimigo recebe o ataque do jogador); e (ii) ao final da fase, baseado em sua performance durante o jogo, simbolizado por estrelas que estão associadas à quantidade de vidas restantes. Por exemplo, três estrelas indicam que o jogador finalizou a fase com perfeição, criando operações corretas e desviando dos ataques dos inimigos, não perdendo nenhum coração de vida. Em contrapartida, zero estrelas apontam que o jogador esgotou a quantidade de corações de vida, não conseguindo finalizar a fase. Outro aspecto incorporado no jogo foi a progressão de dificuldade: em níveis iniciais do jogo, as operações que precisam ser criadas pelo jogador envolvem números baixos, com resultados variando na faixa das dezenas, e com expressões contendo um operando e dois operadores. Entretanto, à medida que o jogador avança nas fases, mais inimigos surgem, com valores maiores e com mais operadores/operandos para manipular, possibilitando que a progressão no jogo esteja alinhada com sua evolução de aprendizagem (*learning design*). Além disso, em fases posteriores, pretende-se incluir mais fases no jogo, de modo a incorporar: adição (caverna), subtração (deserto), multiplicação (floresta) e divisão (oceano).

3.3.2. Pensamento Computacional e Teoria de aprendizagem

O Pensamento Computacional (PC) é uma habilidade que possibilita a resolução de problemas complexos de forma mais simples, a partir da reestruturação do pensamento [Wing 2006] e muitos jogos já o incorporam em seu desenvolvimento, como aponta o Mapeamento Sistemático da Literatura de Souza et al. [2023]. Desse modo, “Vórtex Numérico” inclui elementos que permitem o desenvolvimento dos quatro pilares dessa habilidade fundamental [BBC 2018], descritos na Tabela 3.

Pilar do P.C	Descrição	Como está inserido no jogo
Decomposição	Dividir problema em partes menores	Analisar a fraqueza do inimigo através do número flutuante exibido sobre sua cabeça.
Abstração	Simplificar informações não essenciais	Pensar em estratégias (operações) para derrotar o oponente, após identificação da fraqueza.
Reconhecimento de Padrões	Identificar regularidades repetidas no problema	Após combates com inimigos, compreender como derrotá-los, utilizando as pedras mágicas para montar operações distintas
Algoritmos	Criar passos sequenciais para solucionar o problema	Avança nas fases, seguindo o processo de capturar pedras, entrar em combate quando adequado, criar operações e derrotar inimigos

Tabela 3. Pensamento Computacional aplicado no jogo

Além do PC, em um jogo educacional faz-se necessário considerar teorias de aprendizagem, alinhando os objetivos da proposta e provendo rigor/embasamento ao

artefato. Em “Vórtex Numérico”, incluiu-se a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel [1963], cuja aprendizagem significativa ocorre quando uma nova ideia se relaciona aos conhecimentos prévios, em uma situação relevante para o estudante. Essa interação é denominada subsunção, em que o o estudante amplia e atualiza a informação anterior, atribuindo novos significados a seus conhecimentos. Para que a aprendizagem significativa ocorra eficientemente, há dois requisitos: (i) o estudante precisa ter uma predisposição para aprender, evitando a aprendizagem mecânica ao somente memorizar o conteúdo; e (ii) o conteúdo a ser aprendido deve ser potencialmente significativo, possibilitando a interação com os conhecimentos prévios ao considerar a experiência de cada aprendiz [Pelizzari et al. 2002]. Esses requisitos são considerados no jogo da seguinte forma: (i) a motivação do jogador é intrínseca, cuja interação com o jogo é unicamente com o propósito de diversão; e (ii) os conhecimentos prévios do estudante sobre operações básicas da matemática relacionam-se com os elementos de *game design*, de modo que, para vencer os inimigos, deve criar operações matemáticas a partir das pedras mágicas coletadas. Além disso, as fases posteriores apresentam conteúdos avançados que requerem os conceitos praticados anteriormente. Portanto, esses processos proporcionam a aprendizagem significativa.

3.4. Criar e Brincar/Testar

A etapa de “Criar” trata-se da construção de protótipos que evoluem ao longo do processo, incorporando ajustes e correções, antes da concepção do produto final. Neste trabalho, concebeu-se: (i) **Protótipo de baixa fidelidade:** também denominado *MVP (minimum viable product)*, é a versão mais simples do jogo, cujo objetivo é validar as ideias iniciais. Em “Vórtex Numérico”, foi feita com papel A4 e lápis de cor, ilustrando a ideia do jogo (exploração e combate); (ii) **Protótipo de média fidelidade:** é construído após a ideia ser validada e geralmente é testado por especialistas, que avaliam a usabilidade do jogo. Este protótipo foi feito no Figma, exibindo mudanças visuais no *design* e melhoras no sistema de coleta de pedras e de combate. E (iii) **POC:** prova de conceito, geralmente criada antes do protótipo de alta fidelidade para validar as principais mecânicas do jogo. Neste trabalho, utilizou-se a Unity com linguagem de programação C#, cuja POC incluiu: a movimentação do jogador em um cenário *top-down*, sistema de coleta de itens e formação das operações matemáticas durante o combate com os inimigos.

Já em “Brincar/Testar”, os protótipos construídos na fase anterior são validados internamente por especialistas sobre o tema e/ou estudantes de computação. O objetivo é, antes de ser aplicado com o público-alvo, identificar possíveis inconsistências no jogo e aprimorá-lo de modo iterativo-incremental. Portanto, é um processo cíclico junto com a etapa de “Criar”: um protótipo é concebido, em seguida validado, as modificações são realizadas e um novo protótipo é elaborado, e assim sucessivamente. Vórtex Numérico encontra-se neste ciclo entre Brincar e Testar, encaminhando sua versão atual para a de alta fidelidade (implementada na *game engine* Unity). Os protótipos anteriores foram validados por dois especialistas em jogos educacionais: (i) a docente doutora responsável pela disciplina; e (ii) um estudante de mestrado em Informática de outra universidade pública. Pelo fato do jogo ter sido construído no âmbito de uma disciplina, as validações eram periódicas, realizadas pelos especialistas por meio de análises dos artefatos elaborados, sob aspectos de usabilidade, motivação, progressão de aprendizagem, etc. As considerações dessas avaliações são descritas na Seção 4.

4. Resultados

Após a aplicação de um processo iterativo-incremental criativo, obteve-se como resultado um artefato intitulado “Vórtex Numérico”: um jogo educacional de estilo aventura, gráficos 2D com perspectiva *topdown* e mecânicas de exploração/combate que possibilitam o fomento do Pensamento Computacional e o exercício das operações de soma, subtração, multiplicação e divisão. Através de uma narrativa dinâmica inspirada em histórias de jogos populares e na jornada do herói, o jogo possui quatro fases distintas e encontra-se em transição para o protótipo de alta fidelidade. A Figura 3 apresenta algumas telas do jogo, como as de Menu e *gameplay* (exploração e combate).



Figura 3. Telas de “Vórtex Numérico”.

Associado ao artefato desenvolvido, obteve-se também como resultado a documentação do jogo educacional por meio do *Educational Game Design Document (EGDD)* – disponível via link¹. Esse material contém os elementos descritos anteriormente durante o processo de construção do jogo. Além disso, outro resultado obtido foi o refinamento do jogo, alcançado a partir das etapas de validação, realizadas por especialistas em jogos educacionais. Por meio de análises e testes com os protótipos de “Vórtex Numérico”, os especialistas pontuavam ressalvas, que eram atualizadas no jogo. Desse modo, de acordo com a característica iterativa-incremental do processo utilizado, o jogo agregava essas novas mudanças para torná-lo cada vez mais adequado aos seus objetivos de aprendizagem. Dentre as alterações, destacam-se: as mecânicas de combate, o *level design* e o sistema de coleta de itens.

Mecânicas de combate: anteriormente, o combate resumia-se em utilizar números para criar as operações e derrotar os inimigos. Todavia, para tornar a experiência da *gameplay* mais dinâmica, optou-se por ludificar os números de acordo com a narrativa do jogo. Desse modo, houve a mudança de utilizar os próprios números no duelo com os inimigos para criar as operações através de pedras mágicas. **Level design:** anteriormente os cenários não tinham espaço suficiente para o personagem se movimentar. Entretanto, isso ia contra a principal vantagem de uma mecânica de jogo *top down*, onde o objetivo é dar mais liberdade para o jogador durante a exploração do cenário. Assim, os cenários foram modificados para atender esse objetivo. **Sistema de coleta de itens:** de modo semelhante, para proporcionar ao jogador uma motivação para a exploração dos cenários, incorporou-se o sistema de coleta de itens. Os itens são as pedras mágicas necessárias para derrotar os inimigos e as chaves que abrirão as portas para o avanço da fase.

4.1. Lições aprendidas

Além da produção do artefato, documentação e refinamento, o processo de desenvolvimento de um jogo educacional também possibilitou lições aprendidas aos

¹<https://drive.google.com/file/d/1EGyywY0wWu675GKZSjBZVnxENi6iG58L/view?usp=sharing>

designers de aprendizagem que o conceberam, descritas a seguir. **Aprender matemática jogando é dinâmico e didático:** conteúdos matemáticos são considerados desafiadores, complicados e desinteressantes por estudantes [Alves e Silveira 2016]. Entretanto, quando conciliados com jogos educacionais, que possuem elementos lúdicos e ajudam no desenvolvimento de técnicas intelectuais [Silva 2022], a aprendizagem pode-se tornar dinâmica. Dessa forma, incentivar a criação de jogos educacionais pode ser boa estratégia para minimizar a dificuldade de aprendizagem em conteúdos matemáticos e fomentar o interesse dos estudantes pelos assuntos. **Aperfeiçoamento de habilidades:** para que um artefato voltado para a educação seja desenvolvido e atinja os objetivos estabelecidos de forma eficaz, há necessidade de realizar variadas pesquisas e seguir uma sequência de passos. Tais etapas incluem estudos para entender o tema/conteúdo a serem abordados no artefato, a compreensão de teorias de aprendizagem e Pensamento Computacional, a organização do *level design* para possibilitar que o jogador interaja com os elementos de aprendizagem, a concepção de uma mecânica de aprendizagem balanceada para não deixar a aprendizagem ou diversão muito implícitas, a elaboração de uma narrativa que seja interessante, construção de interfaces que considerem aspectos de usabilidade, o entendimento da tecnologia (*game engine*) a ser utilizada no desenvolvimento, dentre inúmeras outras etapas. Portanto, todo esse processo possibilita o aprimoramento das *hard* e *soft skills* do *designer* de aprendizagem responsável por criar incorporar os elementos educacionais em um jogo, trazendo benefícios multidisciplinares.

5. Considerações Finais

O entendimento das quatro operações básicas é um desafio para parte dos estudantes brasileiros, cuja não compreensão pode afetar em assuntos avançados que dependem desses conteúdos. Como alternativa, pesquisadores têm utilizado jogos nos processos de aprendizagem pelas capacidades de promover motivação através de um ambiente lúdico e possivelmente, engajamento. No entanto, apesar dos benefícios desses objetos, o processo de conceber jogos educacionais não é trivial, devendo seguir etapas bem definidas.

Nesse aspecto, a partir de um processo iterativo-incremental criativo para *game design* educacional [Pires et al. 2021], este trabalho tratou sobre a construção de um jogo educacional para exercitar as quatro operações básicas da matemática – adição, subtração, multiplicação e divisão. Como resultado, obteve-se “Vórtex Numérico”, a documentação via *Educational Game Design Document (EGDD)* e os ajustes realizados a partir de validação com especialistas em jogos educacionais. Esse processo também possibilitou lições aprendidas aos *designers* de aprendizagem que conceberam o jogo, tais como: aprender matemática jogando é dinâmico/didático e a construção de um jogo educacional fomenta o desenvolvimento de *soft skills* e *hard skills*, com benefícios multidisciplinares.

Atualmente o jogo encontra-se em transição para protótipo de alta fidelidade, cujos próximos passos incluem: finalizar o desenvolvimento do artefato e realizar mais validações com especialistas. Com isto, pretende-se chegar ao produto final para aplicá-lo com seu público-alvo (estudantes a partir do 6º ano do ensino fundamental) e assim verificar se os objetivos de aprendizagem foram atingidos. Além disso, pretende-se disponibilizar o jogo em uma plataforma de jogos de forma gratuita e compartilhar a ação com a comunidade, fomentando o uso do jogo dentro e fora de sala de aula. Futuramente técnicas de Game Learning Analytics também serão implementadas, visando extrair *insights* do percurso do jogador para identificar evidências de aprendizagem.

Referências

- Alves, C. A. e Silveira, T. M. (2016). Motivação para estudar matemática: o desafio constante em manter o aluno interessado nas aulas. *Maiêutica. Ensino de Física e Matemática*, 4(1).
- Araújo, L. C. e Madeira, C. A. G. (2020). Jogos educacionais digitais no ensino infantil: Uma revisão sistemática da literatura. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 18(2):286–295.
- Ausubel, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*.
- BBC (2018). Introduction to computational thinking. <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zp92mp3/revision/1>.
- Campbell, J. (1949). *The Hero with a Thousand Faces*. Pantheon Books.
- Csikszentmihalyi, M. e Csikzentmihaly, M. (1990). *Flow: The psychology of optimal experience*, volume 1990. Harper & Row New York.
- Dutra, T. C., Felipe, D., Gasparini, I., e Maschio, E. (2021). Super thinkwash: Um jogo digital educacional inspirado na vida real para desenvolvimento do pensamento computacional em crianças. In *Anais do XXXII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 292–303. SBC.
- Huizinga, J. (2014). *Homo ludens* 86. Routledge.
- Inep (2020). Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA). <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/pisa>.
- Masola, W. d. J. e Allevato, N. S. G. (2014). Matemática: o “calcanhar de aquiles” de alunos ingressantes na educação superior. *São Paulo: Universidade Cruzeiro do Sul*.
- MEC (2018). Base nacional comum curricular. Ministério da Educação. Acessado em 20 de abril de 2024.
- Moraes, I. G. d., de Moraes, I. G., Colpani, R., do curso Análise, A., e da FATEC Mococa, D. d. S. (2018). Mapeamento sistemático da literatura sobre a utilização dos serious games no ensino da matemática básica. *Boletim Técnico*, 45:44.
- Oliveira, E. A. d. C., De Oliveira, M. d. F. A., et al. (2011). Dificuldades apresentadas por alunos do ensino fundamental na disciplina de matemática. *Revista Práxis*, 3(5).
- Oliveira, L. P. d. (2013). As dificuldades dos alunos do 6º ano do ensino fundamental no processo de ensino-aprendizagem em matemática.
- 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.
- Pinheiro, W. S., de Jesus Lima, J., e Sarinho, V. T. (2023). Algebird adventures: Um jogo para o aprendizado de álgebra fundamental. In *Anais da XXIII Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe*, pages 114–119. SBC.
- Pires, F. G. d. S. et al. (2021). Thinkted lab, um caso de aprendizagem criativa em computação no nível superior.

- Pires, F. G. d. S., Melo, R., Machado, J., Silva, M. S., Franzoia, F., e de Freitas, R. (2018). Ecologic: um jogo de estratégia para o desenvolvimento do pensamento computacional e da consciência ambiental. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, volume 7, page 629.
- Plass, J. L., Homer, B. D., e Kinzer, C. K. (2015). Foundations of game-based learning. *Educational psychologist*, 50(4):258–283.
- Possatto, L. B. e Jagnow, C. (2022). A contribuição dos jogos no processo ensino/aprendizagem. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*. Ano, 3(11):144–165.
- Ramos, D. K., Martins, P. N., Anastácio, B. S., et al. (2017). A função da narrativa e dos personagens em um jogo digital educativo: Análise do jogo saga dos conselhos. *Interfaces Científicas-Educação*, 6(1):59–70.
- Rodrigues, U. F. e Diocesano, T. F. A. (2023). Quarteto básico: Um jogo para o ensino das quatro operações matemáticas. *Igapó*, 17(2).
- Silva, J. (2022). O uso dos jogos no ensino da matemática. B.S. thesis, Brasil.
- Souza, F. R. A. d., Saavedra, M. R. M., e de Souza Araújo, J. (2023). Um mapeamento da literatura sobre o uso de metodologias ativas na construção do pensamento computacional paralelo. *Revista Novas Tecnologias na Educação*, 21(1):57–66.
- Viana, A. P. L., da Silva, A. V., da Silva, C. M., Santos, M. N., de Sousa, H., Figueiredo, I. d. A., Rodrigues, P. d. S., e de Sousa, M. L. (2023). As dificuldades de aprendizagem da matemática na educação infantil e ensino fundamental anos iniciais: Uma revisão bibliográfica. *Revista Foco (Interdisciplinary Studies Journal)*, 16(10).
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3):33–35.