

Resgate Binário: praticando conversão de números decimais para base binária e exercitando o Pensamento Computacional

Fabrizio Honda¹, Jeniffer Macena¹, Andreza Mourão²

¹ Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI)
Instituto de Computação – Universidade Federal do Amazonas (IComp - UFAM)

²Escola Superior de Tecnologia – Universidade do Estado do Amazonas (EST/UEA)

{fabrizio.honda, jeniffer.souza}@icomp.ufam.edu.br, amourao@uea.edu.br

Abstract. *Educational games are currently being considered as meaningful and transformative learning proposals and strategies, awakening students interest in the content taught and generating engagement in activities. In this way, Computational Thinking, through its dimensions aligned with educational games, can be seen as an alternative and positive contribution to student learning in relation to complex computing contents. This work presents the educational game “Resgate Binário”, which aims to carry out the practice of converting decimal numbers to binary base. The game was evaluated through MEEGA+ and emoti-SAM test models. Preliminary results showed a good approval of the game regarding design and story, and suggestions for improvements to the control of characters and content.*

Keywords: *Computing, complex, educational games, Computational Thinking*

Resumo. *Os jogos educacionais na atualidade estão sendo considerados como propostas e estratégias de aprendizagem significativas e transformadoras, despertando nos estudantes o interesse pelo conteúdo ministrado e gerando engajamento nas atividades. Dessa forma, o Pensamento Computacional, por meio de suas dimensões alinhadas aos jogos educacionais, podem ser visto como uma alternativa e contribuição positiva para a aprendizagem dos estudantes em relação a assuntos complexos da computação. Este trabalho apresenta o jogo educacional “Resgate Binário”, que tem como objetivo realizar a prática da conversão de números decimais para base binária. O jogo foi avaliado por estudantes de graduação da área da computação, através dos modelos de teste MEEGA+ e emoti-SAM. Os resultados preliminares demonstraram uma boa aprovação do jogo referente a design e história, e sugestões de melhorias para o controle dos personagens e conteúdo.*

Palavras-chave: *Computação, complexo, jogos educacionais, Pensamento Computacional*

1. Introdução

Para Resnick [2017], o século XXI está em ritmo acelerado decorrente dos avanços tecnológicos, cujas pessoas não são caracterizadas apenas por serem consumidoras, e sim produtoras, resultando num papel fundamental na criação de soluções digitais. Porém, em cursos superiores de computação, os estudantes podem enfrentar, nos anos iniciais, o

desafio de lidar com assuntos que demandam um certo nível de abstração para compreendê-los [Honda et al. 2022b]. Logo, é importante planejar e construir estratégias educacionais que permitam o desenvolvimento de habilidades e competências de indivíduos, potencializando a estarem preparados profissionalmente, com uma educação qualificada e interdisciplinar [Macena et al. 2022a, Oliveira et al. 2020].

Encorajar a trabalhar os conteúdos de computação por meio de jogos educacionais permite o desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico e raciocínio lógico, além de características que destacam criatividade na resolução de problemas do cotidiano, assim como propõe o Pensamento Computacional [Lugo et al. 2018, Wing 2006]. Os conteúdos curriculares devem contemplar sobre noções de modelos computacionais, algoritmos, complexidade, autômatos, linguagens de programação, arquitetura de computadores, entre outros, assim como geralmente é apresentado em cursos técnicos e ensino superior [Nunes 2008, França et al. 2013]. Dentre os assuntos introdutórios que se encontram neste estado, está o conteúdo de sistemas de numeração (decimal, binário, octal e hexadecimal), apresentado em períodos iniciais, assunto este abordado.

Na área da educação em computação, um dos desafios enfrentados é encontrar formas de reduzir a complexidade de conteúdos, isto é, facilitar o entendimento de conceitos que podem ser vistos como difíceis [Falckembach and Araujo 2013]. Dentre os motivos que ocasionam as dificuldades enfrentadas, está o desafio de desenvolver a habilidade de abstrair problemas, um aspecto cognitivo que pode impactar no aumento da evasão e reprovação de estudantes da área da computação. [Santos et al. 2008]. Os educadores têm investido em abordagens que buscam simplificar a compreensão dos conteúdos complexos de computação [Macena et al. 2022a], como por exemplo através da utilização de jogos [Pires et al. 2020]. Neste contexto, o jogo educacional apresentado neste artigo, apresenta o conteúdo de conversão de números decimais para binários, estudados nos períodos iniciais, que são base para outros assuntos da computação, cuja complexidade se eleva ao decorrer do curso.

Um dos benefícios de trabalhar com essas ferramentas é a flexibilidade de aprender com jogos, visto que podem ser criadas conexões neurais conforme é construído uma solução para resolver um enigma [Gee 2003, Huizinga 1971, Rogers 2014]. Além da promoção de aprendizagem e diversão [Klopfer et al. 2018], é importante por ser uma alternativa em que jogador pode se expressar por dinâmicas, e ainda serem ambientes que viabilizam a avaliação de dados [Melo et al. 2020], sendo possível modelar o artefato de acordo o perfil do usuário.

Porém, criar o equilíbrio entre os elementos-chave capazes de estimular, motivar jogadores e ainda exercitar a aprendizagem em um mundo alternativo, tal como são os jogos, não é trivial e requer um balanceamento entre os aspectos lúdicos e de aprendizagem [Pires et al. 2020]. Para Gros [2003], é importante considerar não apenas o aspecto de diversão de jogos tradicionais, mas as características cognitivas, como pensar nas habilidades e estratégias que contribuam de forma intelectual.

O presente trabalho aborda sobre um jogo educacional chamado “Resgate Binário”, que tem como público-alvo estudantes com conhecimento prévio, que já cursaram ou estão cursando a disciplina de arquitetura de computadores. Será apresentado o processo de criação dos elementos de *game design* e os resultados de avaliação qualitativa

e quantitativa sobre usabilidade do jogo digital e perspectiva de aprendizagem.

Este artigo está organizado da seguinte forma: na Seção 2 estão os trabalhos relacionados; Seção 3 o embasamento teórico; Seção 4 o processo de construção do jogo; Seção 5 os resultados e discussões, posteriormente a Seção 6 com as considerações finais.

2. Trabalhos Relacionados

Na literatura, identificaram-se trabalhos que abordam conteúdos sobre conversão de números binários em decimal, assim como o *Computino* [França et al. 2013], um jogo digital baseado no jogo comercial “Angry Birds” que busca exercitar conteúdos de educação em computação na educação básica. Neste jogo, o jogador deverá acertar um alvo através de um estilingue e pedras que podem ser lançadas sobre números decimais. Para isso, o processo de conversão do número binário funcionará considerando que o zero (0) é representado pelo círculo laranja, enquanto o um (1) é representado pelo círculo verde.

Por sua vez, o trabalho de Alencar et al. [2019] apresentam *Caminho Binário*, um objeto de aprendizagem desenvolvido para exercitar conceitos de representação binária com foco na conversão de números binários e abordando operações que utilizam números na base decimal e binária. Sendo desenvolvido com objetivo de auxiliar o raciocínio lógico de estudantes do Ensino Médio, de modo que apresente o contexto da computação. Para solucionar um nível, o jogador poderá identificar qual o número precisa converter e selecionar os campos para alterar com 0 ou 1 por meio de botões. Além disso, apresenta uma área na interface para elaborar esboços, como estratégias de realizar cálculos para solucionar o desafio.

O terceiro jogo identificado foi o *ZeroUm* que é uma aplicação Web, em que o usuário precisa interagir com cartas e realizar desafios para ter progressão, utilizando mecânicas de múltipla escolha [Santos et al. 2021]. O jogo é voltado para crianças entre 4 e 10 anos, visando apresentar conceitos introdutórios sobre o sistema de numeração binário. Logo, cada carta contém um valor que, quando realizado os cálculos, corresponde ao resultado de binário para decimal. A dinâmica do jogo é demonstrada através de tutoriais com animações para virar a carta e mostrar os valores que possuem, além de possuir desafios alternados, estilo *quizz*, para variar nas resoluções que o jogador terá que selecionar para resolver algum problema.

O trabalho, “Resgate Binário”, se diferencia dos trabalhos discutidos anteriormente nos seguintes pontos: i) o jogo possui 5 fases desenvolvidas para explorar diferentes dinâmicas; ii) o jogador receberá *feedback* de acordo com a performance ao final do nível, tanto de pontuação quanto ao conteúdo explorado; iii) o estilo do jogo é do tipo plataforma com movimentação por botões e *design* visual com aspecto de *pixel art* e; iv) o jogo foi elaborado para estudantes da área de computação.

3. Computação, Jogos e Pensamento Computacional

As altas taxas de evasão e reprovação nos cursos de computação evidenciam dificuldades dos estudantes [Hoed 2016], dentre elas, o entendimento dos conteúdos das disciplinas [Neto 2021]. Isso ocorre devido ao fato de que os conteúdos de computação são complexos e exigem um determinado grau de abstração para compreendê-los [Honda et al. 2022b]. Um destes conteúdos, apresentado geralmente em disciplinas introdutórias, é o sistema binário, a forma utilizada pelos computadores para armazenar

informação. Também denominados números binários, estes compõem de dois algarismos - 0 ou 1 - e consistem na menor base numérica, cujo sistema de numeração foi proposto no século XVIII pelo matemático alemão Gottfried Leibniz (1646-1716) [Miyaschita 2002].

Os números binários são mais simples quando comparados com outros conteúdos de computação, como complexidade, teoria dos autômatos, estrutura de dados, teoria dos grafos, dentre outros; contudo, sua compreensão não é trivial, exigindo um entendimento de conceitos básicos de Matemática, como soma, subtração, maior/menor valor, divisão, potência, etc. Neste intuito, pesquisadores tem buscado por alternativas aos métodos tradicionais de aprendizagem para auxiliar na compreensão desses conteúdos complexos de computação, como é o caso dos jogos educacionais.

Isto, pois os jogos podem gerar motivação e engajamento, proporcionando diversão e mantendo o jogador imerso, podendo facilitar a aprendizagem [Tarouco et al. 2004]. Dessa forma, os jogos educacionais tem sido o objeto de estudo de muitos pesquisadores, que são criados, em sua maioria, com o objetivo de exercitar/praticar um conteúdo de uma disciplina curricular ou de forma transversal. Por exemplo, jogos como “Cadê minha pizza?” [Honda et al. 2022a], “Hello Food” [Macena et al. 2022b] e “DoceSort” [Alencar et al. 2020] visam auxiliar em conteúdos complexos de computação, respectivamente, caminho mínimo, programação e árvores binárias de busca. Ademais, quando alinhados ao Pensamento Computacional, os jogos educacionais podem ser ainda mais eficientes.

O termo Pensamento Computacional (P.C.) alavancou-se com a pesquisa de Jeannette Wing [2006], consistindo de uma habilidade fundamental para todos no século XXI. Trata-se de um modo de estruturação do pensamento para resolver problemas complexos de forma mais simples. Uma de suas divisões mais comuns é a da BBC [2018], cujo P.C. compõe de quatro pilares principais: i) Decomposição: dividir o problema maior em subproblemas; ii) Reconhecimento de Padrões: identificar padrões/recorrências; iii) Abstração: focar-se no que é relevante; e iv) Algoritmo: passo a passo lógico para solucionar o problema. Martins et al. [2022] evidencia o P.C. como uma estratégia positiva para aprimorar as práticas pedagógicas em função das fortes características de seus pilares, afirmando que apoiam o desenvolvimento educacional dos estudantes. Dessa forma, considerando o desenvolvimento do P.C., um conteúdo de computação complexo, e a utilização de jogos educacionais para a aprendizagem, este trabalho aborda a interseção desses três tópicos através de “Resgate Binário”.

4. Resgate Binário

Este trabalho apresenta “Resgate Binário”, um jogo educacional para dispositivos móveis (*Android*) de plataforma 2D, gênero *puzzle* e temática medieval, cujo objetivo do jogador é invadir uma torre e recuperar o ovo do último dragão, criatura mística que protege a sociedade. O jogo foca-se em possibilitar o exercício de conversão de números decimais para a base binária, destinando-se a um público-alvo a partir dos 17 anos de idade, mais especificamente, iniciantes de cursos de Computação. Atualmente, o jogo já está implementado na *game engine Unity* e em transição para sua versão mais robusta.

4.1. História

A história do jogo retrata uma época medieval antiga, onde os dragões protegiam a sociedade de todos os males, que podia viver em paz e harmonia. Esses seres místicos eram os

responsáveis por combater os perigos sombrios e fornecer uma fonte inesgotável de magia, muito cobiçada pelas criaturas malignas. Para que essa tradição pudesse se perpetuar, os dragões se reproduziam de tempos em tempos, cuja proteção dos ovos era responsabilidade do rei Bin, que deixava seus espiões encarregados dessa missão. Todavia, um vilão conseguiu passar pela segurança e levou consigo o último ovo de dragão, trancando-o em uma distante e enorme torre. Cabe a Charlie, o espião/espiã misterioso(a) e mais inteligente do reino, realizar essa missão de resgate.

4.2. *Gameplay*

Para encontrar o ovo de dragão, o jogador deverá procurá-lo na torre, em que cada fase corresponde a um andar e possui uma porta trancada por código. Para abri-la, o jogador deverá converter um número decimal - que receberá no começo da fase - em número binário, através do acionamento correto de alavancas enquanto evita perigos (bolas metálicas espinhosas). O número binário é o código da porta, em que cada algarismo, cujo valor é 0 ou 1, é modificado de acordo com a alavanca respectiva. Caso a solução esteja correta, a porta é destravada após o jogador apertar o botão vermelho, que realiza a validação do código. Como o jogo foi feito para dispositivos móveis, a interação do jogador com a aplicação é através de toques na tela do smartphone (*touchscreen*).

4.3. Mecânica de aprendizagem

O objetivo de aprendizagem do jogo consiste em possibilitar que o jogador pratique números binários. Dessa forma, o *level design* do jogo foi pensado para que a solução das fases seja a conversão de um número decimal para um número de base 2 (binário).

Em cada fase, o jogador receberá um número decimal e deverá convertê-lo em número binário, que corresponde ao código necessário para destravar a porta para avançar, cujos algarismos (0 ou 1) são controlados pelas alavancas espalhadas. Por exemplo, se o número recebido for 12, as alavancas disponíveis terão valores de $2^n < 12$: 1, 2, 4 e 8 (n inicia em 0 e incrementa 1 a cada número). Inicialmente o código apresenta valor 0000; caso o jogador acione a alavanca de número “4”, seu valor passa a ser 1 (ativada) e o código é alterado para 0100. Ao ativar a alavanca “8”, o código passa a ser 1100, solução correta para a fase, pois $2^0 \cdot 0 + 2^1 \cdot 0 + 2^2 \cdot 1 + 2^3 \cdot 1 = 12$.

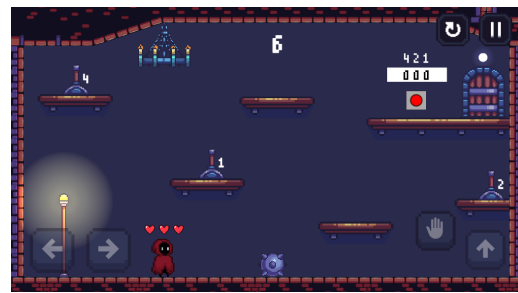
A Figura 1 ilustra o menu e a segunda fase do jogo, cujo número decimal a ser convertido é o 6 e somente as alavancas “1”, “2” e “4” estão disponíveis; a 8 não, pois seu valor é menor que 6. Nesta fase, a solução é ativar as alavancas “2” e “4”, que, somadas, resultam em 6.

Durante a jornada do herói, as fases vão exigindo não somente habilidades motoras para desviar dos perigos ou pular em plataformas, mas também cognitivas, para acionar corretamente as alavancas e obter o número binário correto para vencê-las. Dessa forma, ao passo em que soluciona as fases, a dificuldade das mesmas e o *feedback* ao jogador ao finalizá-las são proporcionais.

Essa dificuldade leva em consideração a quantidade e localização dos perigos, plataformas e alavancas. Por exemplo, na primeira fase (Figura 2(a)): um perigo apenas, plataformas próximas e somente 2 alavancas, ou seja, 4 possibilidades para o número binário. Assim, por serem fases mais simples, o jogador as soluciona em menos tempo. Já em fases mais avançadas, o tempo necessário para progredir é maior e sua performance



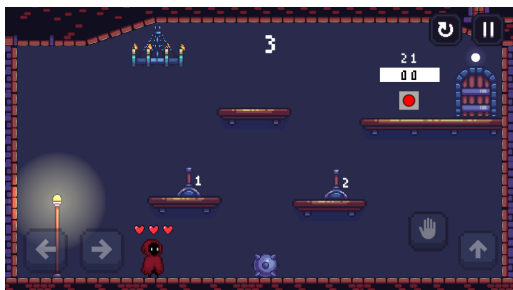
(a) Menu principal.



(b) Fase 2.

Figura 1. Menu principal e segunda fase do jogo, respectivamente.

reflete no *feedback* recebido ao vencê-las: quanto mais vidas tiver e menos tentativas incorretas de código, maior a quantidade de estrelas recebidas (Figura 2(b)).



(a) Fase 1.



(b) *Feedback* da Fase 5.

Figura 2. Primeira e *feedback* da última fase do jogo, respectivamente.

4.4. Pensamento Computacional

Em “Resgate Binário” além de possibilitar a prática do conteúdo de números binários, também estimula o desenvolvimento do Pensamento Computacional. Dessa forma, durante sua *gameplay*, o jogador exercita os pilares do P.C., como mostra a Tabela 1.

4.5. Processo de desenvolvimento

Para a construção do jogo, foi utilizado um processo iterativo-incremental para jogos educacionais, elaborado por Pires [2021]. As etapas consistem em:

i) **Brainstorming:** ou tempestade de ideias, consistiu numa discussão inicial acerca das primeiras propostas do jogo. Nessa etapa, primeiramente definiu-se o problema de aprendizagem que se pretende solucionar: a complexidade dos conteúdos de computação no ensino superior. Em seguida, o tema e o conteúdo, sendo números binários e conversão de números decimais para base binária, respectivamente. Com isso, o público-alvo também pôde ser definido: iniciantes de cursos de computação, além da elaboração dos primeiros esboços do jogo, contendo breves detalhes da mecânica de aprendizagem, *gameplay* e história.

ii) **Especificação de requisitos e planejamento:** a partir do tema, conteúdo e esboços iniciais do jogo, detalhou-se mais a história, *gameplay* e mecânica de aprendizagem. Em seguida, outros elementos de jogos foram elaborados, como jornada do

Tabela 1. Pensamento Computacional no jogo

Pilar do P.C.	Aplicação no jogo
Decomposição	Ao analisar o cenário das fases, o jogador identifica os elementos principais: número decimal, plataformas, alavancas com suas numerações respectivas, número binário, números com potência de base 2, botão vermelho, luz de <i>feedback</i> e perigos.
Reconhecimento de padrões	O jogador percebe alguns padrões dentro das fases, após algumas tentativas: i) ao acionar uma alavanca, o algarismo respectivo no número binário é alterado para 1 e, caso acionada novamente, volta ao seu estado anterior e retornar o algarismo para 0; ii) inserindo o código incorreto e apertando o botão vermelho, a luz de <i>feedback</i> muda sua cor para vermelha, indicando erro; iii) caso contrário, caso o código esteja correto, a luz de <i>feedback</i> muda sua cor para verde e a porta é aberta; iv) o código correto é um número binário gerado a partir da conversão do número decimal; e v) perigos causam dano, resultando em perda de corações de vida.
Abstração	O jogador compreende o objetivo das fases, devendo converter o número decimal em número binário, através do acionamento das alavancas e apertando o botão vermelho para destravar a porta. Para isso, é necessário evitar os perigos.
Algoritmo	Entendendo o processo do jogo, o jogador consegue ser mais rápido e ágil em suas ações: identifica o número decimal, aciona as alavancas corretas, desvia de perigos, aperta no botão vermelho, abre a porta e avança para a fase posterior.

herói, personagens, pontuação, dentre outros. Todos esses elementos foram descritos no *Educational Game Design Document (EGDD)*, um documento de jogo que considera os aspectos educacionais, baseado no “Level Up!” de Rogers [2014]. Ressalta-se que, nesta etapa, é possível retornar para a anterior, como foi o caso: o escopo do público-alvo e o tema/conteúdo estavam mais abrangentes, o que necessitou uma melhor delimitação.

iii) Prototipação: durante a elaboração de um jogo educacional, vários artefatos, denominados protótipos, são construídos para avaliá-lo e aplicar correções. Os protótipos deste trabalho consistem em:

- **Protótipo de baixa fidelidade:** é a versão mais baixo nível do jogo, na qual optou-se por utilizar a ferramenta *Figma* para construí-la. Apesar do protótipo de papel ser mais utilizado nesta etapa, a escolha da ferramenta deu-se pela facilidade e agilidade na elaboração das interfaces que a mesma proporciona. O objetivo da construção desse protótipo é verificar se está alinhado com o escopo do jogo, assim obtendo *feedback* de possíveis ajustes ou melhorias.
- **Protótipo de média fidelidade:** a partir da aprovação do protótipo de baixa fidelidade pela *designer* instrucional, a equipe iniciou a implementação do jogo na *game engine Unity*. Geralmente o uso da ferramenta *Figma* é feito nesta etapa, para evitar que haja reimplementação de código caso correções sejam necessárias; contudo, a utilização dessa ferramenta seria difícil para testar a mecânica de jogo que foi proposta em “Resgate Binário” e, visto que sua implementação não era tão

complexa, a equipe concordou em utilizar uma *game engine*.

iv) Avaliação: após a construção de cada protótipo, os mesmos eram avaliados através de testes, denominadas validações, as quais duas foram realizadas neste trabalho:

- **1ª Validação:** a validação do protótipo de baixa fidelidade foi realizada pela *designer* instrucional da equipe, que apontou correções a serem realizadas, em sua maioria, a respeito da organização visual dos elementos e escrita dos textos.
- **2ª Validação:** para a validação do protótipo de média fidelidade, os testadores foram estudantes de graduação de cursos de computação, cujo teste foi realizado de forma assíncrona, por meio de dispositivos móveis, seguido do preenchimento de um formulário com os testes emoti-SAM [Hayashi et al. 2016] – em relação às emoções do jogador, contendo três questões com uma escala de 5 pontos representada por *emojis* – e MEEGA+ [Petri et al. 2019] – para avaliar usabilidade e experiência do jogador, com 33 questões quantitativas em escala Likert-5 e 5 qualitativas, organizadas em “dimensões”. Os testadores já tiveram contato com o conteúdo apresentado no jogo e contribuíram com observações valiosas. Os resultados são descritos na seção seguinte.

5. Resultados preliminares

Os resultados descritos abaixo referem-se aos testes realizados com o protótipo de média fidelidade de “Resgate Binário”, de forma assíncrona. Como o jogo já estava implementado em uma *game engine* (*Unity*), os participantes puderam testá-lo em seus próprios dispositivos móveis. Em seguida, foram convidados a preencher os testes emoti-SAM e MEEGA+ por meio de um formulário no *Google Forms*, aos quais concordaram com o Termo de Consentimento Livre. Este informava que os dados seriam divulgados em forma anônima e com finalidades únicas para pesquisa.

Com uma amostragem de $N=32$, sendo 23 do público masculino (71,9%) e 09 do feminino (28,1%), a maioria dos testadores estava em uma faixa etária de 20 a 26 anos e possuíam ensino superior incompleto (71,9%), ou seja, ainda estavam matriculados em cursos de graduação. 87,5% eram graduandos ou formados em cursos correlatos de computação (Licenciatura, Engenharia, Sistemas de Informação, Análise de Sistemas) e metade dos testadores encontrava-se no 6º ou 8º períodos do curso.

Em relação aos testes do emoti-SAM, que avalia motivação, 87,5% dos testadores informou que ficou feliz por jogar “Resgate Binário”, 62,5% ficou animado e 65,6% diz ter entendido os conteúdos do jogo. Quanto ao MEEGA+, cujos resultados estão incluídos no link¹, os critérios que se referem a *design*, cores, fontes, organização do conteúdo e similares, obtiveram as maiores avaliações positivas: “Acessibilidade”, “Confiança” e “Estética”. O critério de “Aprendizibilidade” apresentou resultados positivos, no entanto, também uma quantidade de avaliações neutras, revelando que aprender o jogo pode não ser tão simples. Em contrapartida, em relação à “Operabilidade”, houve uma boa concordância de que o jogo é fácil de jogar e que possui regras claras. A dimensão de “Desafio”, apesar do resultado positivo, também apresentou uma quantidade de avaliações neutras/negativas, que se justifica, pois o jogo possui somente um tipo de perigo e ausência

¹<https://drive.google.com/file/d/13GmCvt4x2nbbk5Mexe2W53db4OJmhWnc/view?usp=sharing>

inimigos/variedade nas plataformas. Considerando a análise dos avaliadores de que as fases estavam um pouco difíceis, o critério “Satisfação” foi bem avaliado, podendo indicar que resolvê-las foi satisfatório.

A dimensão de “Interação Social” foi removida, visto que analisa interações entre jogadores mas o jogo não possui suporte para *multiplayer*. Quanto à dimensão de “Diversão”, a maioria dos testadores concordou com a questão “eu me diverti com o jogo” mas também manteve-se neutra sobre a pergunta “algo durante o jogo me fez rir”, visto que não possui nenhum elemento relacionado no jogo. Sobre “Atenção focada” os testadores concordaram sobre “algo que capturou a atenção”, contudo, discordaram quanto a “perder a noção do tempo” e “esquecer o ambiente ao redor”, revelando que o jogo não atingiu seu objetivo esperado de engajamento e imersão; a ausência de música, efeitos sonoros e mais elementos no level design pode ter contribuído negativamente. A dimensão “Relevância”, que obteve bons resultados, apontou que o jogo apresentava relação com a disciplina que trata sobre números binários, no entanto, “Percepção de aprendizagem”, apesar de positiva, indicou que o conteúdo possa não ter ficado claro. Um dos fatores que contribuem é a ausência de sons, animações e um tutorial interativo.

Nas perguntas qualitativas, referentes a i) “O que você aprendeu jogando esse jogo?”, ii) “O que você mais gostou no jogo?”, iii) “O que você achou ruim no jogo?” e iv) “Já usou algum jogo assim na sua escola? E na sua casa?”, a maioria das respostas foram, respectivamente: i) números decimais para base binária; ii) o uso de *pixel art*, da história e mecânica; iii) o botão de pulo, que apresentava *delay* (atraso), animação com falhas, ausência de tutorial animado, poucas mecânicas e dificuldade no entendimento do conteúdo, principalmente para quem não possuía conhecimento prévio do conteúdo; e iv) não. As ressalvas identificadas serão consideradas, cujas modificações irão ser implementadas no protótipo de alta fidelidade.

6. Considerações finais

O presente trabalho apresentou um jogo educacional intitulado “Resgate Binário”, que possibilita ao jogador praticar conversão de números decimais para base binária, enquanto desenvolve o Pensamento Computacional. O jogo foi implementado na *game engine Unity*, resultando em seu protótipo de média fidelidade, avaliado por estudantes de computação através de seus próprios dispositivos móveis. Os testes emoti-SAM e MEEGA+ foram utilizados para avaliar, respectivamente, motivação e usabilidade/experiência do jogador.

Os testes apontaram uma excelente aprovação quanto à motivação e uma boa experiência com o jogo, no geral. No entanto, alguns tópicos apresentaram ressalvas e a identificação de inconsistências: *bugs* de pulo/animação do personagem, atraso no pulo, dificuldade na compreensão do conteúdo, não tanto desafiador, poucas mecânicas, dentre outros. As correções serão realizadas na versão de alta fidelidade, onde o jogo será melhorado considerando as avaliações preliminares.

Finalizando, como trabalhos futuros, pretende-se desenvolver a versão final do jogo, considerando os resultados das avaliações, assim como, incluir os estudantes com Transtorno do Espectro Autista (TEA), no *design* e nas validações. Ademais, pretende-se realizar testes com a versão de alta fidelidade do jogo, visando verificar se os objetivos de aprendizagem foram alcançados.

Referências

- Alencar, L., Alves, L. F., and Junior, A. C. (2019). Caminho binário: um objeto de aprendizagem para codificação binária. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, volume 8, page 1217.
- Alencar, L., Pessoa, M., and Pires, F. (2020). Um jogo educacional para exercitar propriedades de árvores binárias de busca. In *Anais dos Workshops do IX Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, pages 226–231. SBC.
- BBC (2018). Introduction to computational thinking. <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zp92mp3/revision/1>.
- Falckembach, G. A. M. and Araujo, F. V. d. (2013). Aprendizagem de algoritmos: dificuldades na resolução de problemas. *Anais Sulcomp*, 2.
- França, R., Silva, W., and Amaral, H. J. C. (2013). Computino: um jogo destinado à aprendizagem de números binários para estudantes da educação básica. In *Anais do XXI Workshop sobre Educação em Computação*.
- Gee, J. P. (2003). What video games have to teach us about learning and literacy. *Computers in entertainment (CIE)*, 1(1):20–20.
- Gros, B. (2003). The impact of digital games in education. *First Monday*, 8(7):6–26.
- Hayashi, E. C., Posada, J. E. G., Maíke, V. R., and 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.
- Hoed, R. M. (2016). Análise da evasão em cursos superiores: o caso da evasão em cursos superiores da área de computação.
- Honda, F., Pires, F., Pessoa, M., and Junior, J. (2022a). Cadê minha pizza? um jogo para exercitar matemática e pensamento computacional através de grafos. *XXI Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital (SBGames 2022)*.
- Honda, F., Pires, F., Pessoa, M., and Melo, R. (2022b). Aplicando learning design na ludificação de percurso em grafos: uma jornada de aprendizagem. In *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 609–620. SBC.
- Huizinga, J. (1971). *Homo ludens: o jogo como elemento da cultura*, volume 4. Editora da Universidade de S. Paulo, Editora Perspectiva.
- Klopfer, E., Haas, J., Osterweil, S., and Rosenheck, L. (2018). *Resonant games: Design principles for learning games that connect hearts, minds, and the everyday*. MIT Press.
- Lugo, M. J. R., Olabe, X. B., and Niño, N. M. (2018). “evolution”: Design and implementation of digital educational material to strengthen computational thinking skills. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías Del Aprendizaje*, 13(1):37–45.
- Macena, J., Pires, F., and Melo, R. (2022a). 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.

- Macena, J., Pires, F., and Pessoa, M. (2022b). Hello food: um jogo para praticar conceitos de algoritmos para iniciantes na computação. *XXI Simpósio Brasileiro de Games e Entretenimento Digital (SBGames 2022)*.
- Martins, J. F., Mourão, A. B., Nascimento, G. R., de Souza Fernandes, L. C., and da Silva Vieira, N. A. (2022). Pcedu: Uma plataforma colaborativa educacional para gerenciar atividades utilizando as estratégias do pensamento computacional e a educação inclusiva. In *Anais do I Workshop de Pensamento Computacional e Inclusão*, pages 127–138. SBC.
- Melo, D., Melo, R., Bernardo, J. R. S., Pessoa, M., Rodríguez, L. C., and Pires, F. (2020). Uma estratégia de game learning analytics para avaliar level design em um jogo educacional. In *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 622–631. SBC.
- Miyaschita, W. Y. (2002). Sistemas de numeração: Como funcionam e como são estruturados os números. *Universidade Estadual Paulista UNESP. Bauru-SP*.
- Neto, V. D. A. (2021). Uma análise sobre reprovação no curso de ciência da computação na ufrgs sob a ótica dos alunos.
- Nunes, D. J. (2008). Licenciatura em computação. *Jornal da Ciência*, 30.
- Oliveira, E. M. S., Tavares, A. G., da Silva Bisneta, M. L. S., and da Silva Batista, M. d. S. (2020). Scratch dê vida a sua imaginação: Relato de experiência. In *Anais do CIET: EnPED: 2020-(Congresso Internacional de Educação e Tecnologias— Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância)*.
- Petri, G., von Wangenheim, C. G., and 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.
- Pires, F. (2021). Thinkted lab, um caso de aprendizagem criativa em computação no nível superior. Master's thesis, Universidade Federal do Amazonas.
- Pires, F. G. d. S., Pessoa, M. S. P., Ferreira, R. M., Bernardo, J. R. S., and de Lima, F. M. M. (2020). O livro do conhecimento: um serious game educacional para aprendizagem de ortografia da língua portuguesa. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 28:436–460.
- Resnick, M. (2017). Cultivating creativity through projects, passion, peers and play.
- Rogers, S. (2014). *Level Up! The guide to great video game design*. John Wiley & Sons.
- Santos, J. B. M. d., Nascimento, S. M., and Rique, T. P. (2021). Zeroum: um jogo sério para aprender números binários. *Brazilian Journal of Development*, 7(4):41231–41250.
- Santos, R. P., Vivacqua, A. S., Souza, J. M., and Costa, H. A. (2008). Uma proposta de cenário para ensino de algoritmos e programação com contribuições de cooperação, colaboração e coordenação. In *Anais do XVI Workshop sobre Educação em Computação—WEI*, pages 218–227.
- Tarouco, L. M. R., Roland, L. C., Fabre, M.-C. J. M., and Konrath, M. L. P. (2004). Jogos educacionais. *RENOTE: revista novas tecnologias na educação [recurso eletrônico]*. Porto Alegre, RS.

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3):33–35.