

## ***My Name*: desenvolvimento de um conjunto de mecânicas para abordar o Problema da Mochila em um jogo educacional**

**Lucas T. Nascimento<sup>1</sup>, Fabrizio Honda<sup>1,2</sup>, Douglas Melo<sup>1,2</sup>, Marcela Pessoa<sup>1</sup>, Elaine H. T. Oliveira<sup>2</sup>, David Fernandes<sup>2</sup>, Fernanda G. S. Pires<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Escola Superior de Tecnologia – Universidade Estadual do Amazonas (EST-UEA)  
ThinkTEd - Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento em Tecnologias Educacionais

<sup>2</sup>Programa de Pós-Graduação em Informática (PPGI)  
Instituto de Computação – Universidade Federal do Amazonas (IComp - UFAM)

{ltn,licl7,fpirez,mspessoa}@uea.edu.br

{elaine, david, fabrizio.honda, douglassm}@icompu.ufam.edu.br

**Abstract.** *Research indicates that computing content is complex and challenging to understand, one of the reasons being the need to abstract from real-world problems. Educational games can be important allies to facilitate the learning of Computing, as they have a playful environment that can be a space for simulations of complex topics. This work presents the abstraction of the Backpack Problem through an educational game called “My Name”, which uses Cognitive Load Theory and Narrative Learning as its foundations. Heuristic tests and interaction data analysis were carried out, indicating promising results regarding learning potential.*

**Resumo.** *Pesquisas apontam que os conteúdos de computação são complexos e de difícil compreensão. Os jogos educacionais podem ser aliados importantes para facilitar a aprendizagem de Computação, pois contam com um ambiente lúdico que pode ser um espaço para simulações de temas complexos. Este trabalho apresenta a abstração do Problema da Mochila através de um jogo educacional denominado “My Name”, que usa como fundamentos a Teoria da Carga Cognitiva e Narrative Learning. Foram realizados testes heurísticos e análise de dados de interação que indicam resultados promissores quanto ao potencial de aprendizagem.*

### **1. Introdução**

Em cursos superiores de graduação em computação, é possível notar dificuldades na aprendizagem dos conteúdos por parte dos estudantes em disciplinas como Matemática Discreta, Teoria da Computação, dentre outras [Cafezeiro et al. 2016, Silva et al. 2020]. Parte dessa dificuldade pode ser explicada pelo fato de que essas disciplinas possuem uma natureza teórica e requerem uma significativa capacidade de abstração. No entanto, não compreender esses conteúdos pode ser prejudicial para a vida acadêmica do estudante e profissional, pois eles são necessários em disciplinas posteriores, causando um efeito “bola de neve” [Honda et al. 2022].

A utilização de *softwares* simuladores e técnicas visuais pode auxiliar na compreensão desses conteúdos [Goyal and Sachdeva 2009], mas alguns estudos apontam que

tais recursos são insuficientes [Cavalcante et al. 2004, Cogliati et al. 2005]. Por outro lado, a utilização de jogos no âmbito educacional tem se intensificado [Alves 2021, Pires et al. 2021], oferecendo um ambiente imersivo onde conceitos abstratos como cálculos ou expressões algébricas podem ser apresentados de forma lúdica e palpável para o estudante, resultando em uma compreensão com menos dificuldade sobre um determinado assunto [Macena et al. 2022, Pires et al. 2019]. Assim, o uso de jogos vem sendo uma alternativa para auxiliar na aprendizagem de diversos conteúdos, inclusive, de computação [Macena et al. 2020, Honda et al. 2023, Michel et al. 2019, Pires et al. 2019].

Nesse contexto, este trabalho descreve o processo de *game design* do jogo educacional *My Name*, que incorpora os principais conceitos do Problema da Mochila, fundamentado na Teoria da Carga Cognitiva e em *Narrative Learning* [Sweller 2011]. O objetivo do *software* é fornecer um ambiente de aprendizagem imersivo, no qual o jogador possa aprofundar sua compreensão sobre o conceito do Problema da Mochila e as dificuldades associadas à busca por uma solução ótima para o mesmo.

O *software*, em sua versão de alta fidelidade (implementado na *game engine Unity*), foi testado por estudantes de graduação em computação da Universidade do Estado do Amazonas (UEA). O artigo estrutura-se da seguinte forma: na Seção 2, é apresentado o embasamento teórico sobre a carga cognitiva e a aprendizagem em jogos bem como trabalhos relacionados; na Seção 3, é apresentada a conceituação sobre o Problema da mochila; na Seção 4, é descrito o processo de desenvolvimento do protótipo de alta fidelidade do jogo; na Seção 5, são apresentadas as avaliações e os resultados; e, por fim, na Seção 6, são expostas as considerações finais.

## **2. Fundamentação Teórica e Trabalhos Relacionados**

Esta seção apresenta o embasamento teórico do trabalho referente à *Narrative Learning*, Problema da Mochila e Teoria da Carga Cognitiva em Jogos Digitais, bem como os trabalhos correlatos.

### **2.1. Narrative Learning e o problema da Mochila**

A *Narrative Learning* é fundamentada nos princípios construtivistas, em que o processo de construção da aprendizagem está ligado diretamente à construção de um significado narrativo atribuído à determinada experiência do sujeito [Clark and Rossiter 2008]. Trata-se de uma teoria de aprendizagem que visou estabelecer um contexto narrativo significativo, com o objetivo de auxiliar o processo de aprendizagem de um indivíduo [Clark and Rossiter 2008]. Considerando os princípios da *Narrative Learning*, onde a narrativa assume um papel de suma importância para aprendizagem e desenvolvimento cognitivo [Pires et al. 2018], os jogos digitais podem ser uma potencial ferramenta para o desenvolvimento de ambientes narrativos.

Os jogos digitais possibilitam que o jogador assuma o papel de um personagem/protagonista de uma história, influenciando indiretamente ou diretamente os resultados [Mendes and Silva 2017]. Partindo desses pressupostos, a narrativa do jogo *My Name* foi construída para que o jogador possa ser inserido em um universo onde o mesmo participa de sua construção.

Atualmente são poucos os jogos relacionados à educação na área da Teoria da Complexidade Computacional [Silva et al. 2018]. Por ser uma área cujos conteúdos

exigem um certo nível de abstração para compreendê-los, é importante a utilização de ferramentas que facilitem o processo de aprendizagem. Um destes conteúdos envolve a análise da complexidade computacional de determinados algoritmos ou programas, que podem ser classificados em lineares, quadráticos, NP-Difíceis, NP-Completo, etc [Albuquerque et al. 2023]. Dentre esses algoritmos, estão aqueles que visam solucionar o Problema da Mochila, um dos problemas clássicos de otimização, que envolve a tomada de decisão. Nele, é necessário selecionar um subconjunto de itens, cada um com seu valor e peso associados, que determinam a quantidade de espaço ocupado na mochila. O objetivo é encontrar a combinação de itens que maximize o valor total, respeitando a restrição de capacidade da mochila.

## 2.2. Teoria da carga cognitiva

A eficiência da aprendizagem é ampliada quando o processo e a informação estão alinhados com as capacidades cognitivas do indivíduo [Paas et al. 2016]. Ou seja, a aprendizagem é facilitada quando a quantidade de informação apresentada ao estudante está adequada à sua capacidade cognitiva de processamento da informação. Nesse contexto, os jogos podem oferecer um ambiente imersivo e interativo, que pode reduzir o esforço necessário para o armazenamento de informações, pois eles têm a capacidade de tornar muitos conceitos abstratos em elementos tangíveis [Leite and Soares 2020].

## 2.3. Trabalhos Relacionados

Alguns estudos investigam a viabilidade de conciliar jogos e a Teoria da Computação/Teoria da Complexidade, com o intuito de auxiliar no processo de aprendizagem ao levar em conta as complexas estruturas cognitivas humanas, assim como o potencial narrativo dos jogos para imersão do jogador.

O propósito do trabalho de Alves [2021] consistiu em apresentar e detalhar o projeto de criação de um jogo educacional embasado nos princípios das linguagens formais, autômatos finitos e teoria da computação, com objetivo de auxiliar estudantes da área de computação da graduação. O jogo consiste em duas interfaces distintas: Interface do Avaliador, em que o professor cria problemas que devem ser resolvidos pelos estudantes e Interface do Competidor, onde o estudante seleciona tarefas individuais ou eventos em andamento.

Quanto o trabalho de Honda et al. [2023], consistiu em ludificar autômatos determinísticos através de uma sequência didática que resultou em um jogo educacional intitulado “Automigos”. Os resultados foram positivos quanto a percepção de aprendizagem dos testadores e usabilidade do jogo, mas revelaram que o *game design* para ludificar um tema complexo de computação também é uma atividade complexa. Pode-se citar também o trabalho de Pires et al. [2019], onde o objetivo foi apresentar um jogo educacional denominado “Máquina do Curupira”, que inclui um ambiente lúdico inspirado em um cenário amazônico, e visa auxiliar na aprendizagem de Máquinas de Turing através de mecânicas de *puzzle*. O “*My Name*” se diferencia dos trabalhos descritos devido às seguintes características: i) a mecânica do jogo é uma combinação do conceito do problema da mochila com elementos presentes em jogos de aventura de perspectiva *top-down*, como *The Legend of Zelda: Link's Awakening* e seus predecessores; ii) destaca-se a interação narrativa e ativa do jogador com o mundo do jogo, conferindo-lhe a responsabilidade pela construção parcial desse mundo, que depende de suas escolhas e ações; iii) é abordada a

Teoria da Carga Cognitiva [Sweller 2011] como embasamento teórico para o desenvolvimento do *level design* do jogo, com o objetivo de auxiliar a identificação dos elementos cognitivos que são exigidos ao aprender e aplicar conceitos de programação, algoritmos e resolução de problemas computacionais; e iv) o conteúdo trabalhado e delimitado ao Problema da Mochila e como “seus fundamentos são abordados na mecânica do jogo.

### **3. My Name: jogo educacional que aborda o Problema da Mochila**

Nesta seção são apresentados os métodos, abordagens e processos empregados na elaboração do jogo. O jogo foi idealizado por estudantes de Licenciatura em Computação, durante a disciplina de Design Instrucional (DI), sob supervisão da docente responsável. Posteriormente, o projeto foi refinado, corrigido e enriquecido com novas mecânicas, visando aprimorar a experiência do usuário. Atualmente o jogo encontra-se em uma versão funcional (protótipo de alta fidelidade), para plataformas *desktop* de sistema operacional *Windows*. Para o desenvolvimento foi utilizado o processo de *Game Design* Educacional [Pires et al. 2021], de característica iterativa-incremental, conforme etapas de concepção, história, (etc), descritas a seguir.

#### **3.1. Concepção**

A primeira etapa do processo é a concepção, que consiste em: identificar um problema de aprendizagem, selecionar um tema/conteúdo relacionados e, assim, definir o público-alvo. Para a identificação do problema de aprendizagem, empreendeu-se uma pesquisa extensiva acerca de artigos científicos que abordassem desafios na aprendizagem em computação. Como resultado, observou-se que parte desses trabalhos apontavam dificuldades na aprendizagem de conteúdos da disciplina de Teoria da Computação. Além disso, nessa pesquisa foi constatado que existe uma escassez de jogos que abordam Teoria da Computação, tema escolhido para o jogo My Name.

Realizou-se uma pesquisa adicional, para definir o conteúdo educacional do jogo, compreender os temas abordados em jogos educacionais que se dedicam à área da Teoria da Computação e examinar o estado da arte. Após validações sobre a coesão entre as mecânicas de *gameplay* e o tema educacional mais adequado ao jogo, o conteúdo definido foi o Problema da Mochila. É importante informar que essa delimitação do conteúdo ocorreu após reuniões de alinhamento entre os autores do trabalho. Dessa forma, o público-alvo são estudantes de graduação de cursos de computação que já estudaram ou estão estudando o Problema da Mochila, onde ambos podem utilizar o jogo como ferramenta complementar para o entendimento do problema.

#### **3.2. História do jogo**

Após a concepção do jogo, inicia-se a criação dos elementos de jogos, a começar pela história. Para criação do mundo do jogo e sua narrativa, realizou-se uma pesquisa sobre jogos disponíveis no mercado, mangás, livros, músicas e animações, com o propósito de compreender a estrutura do mundo narrativo em diferentes obras. Com base nessa análise, optou-se por uma abordagem narrativa alegórica e enigmática. O jogo inspira-se em narrativas poderosas (cativantes e populares), tais como as dos jogos “*Sable*”, “*Hollow Knight*”, “*Children of Morta*”, “*Journey*”, “*Elden Ring*” e “*Shadow Of The Colossus*”.

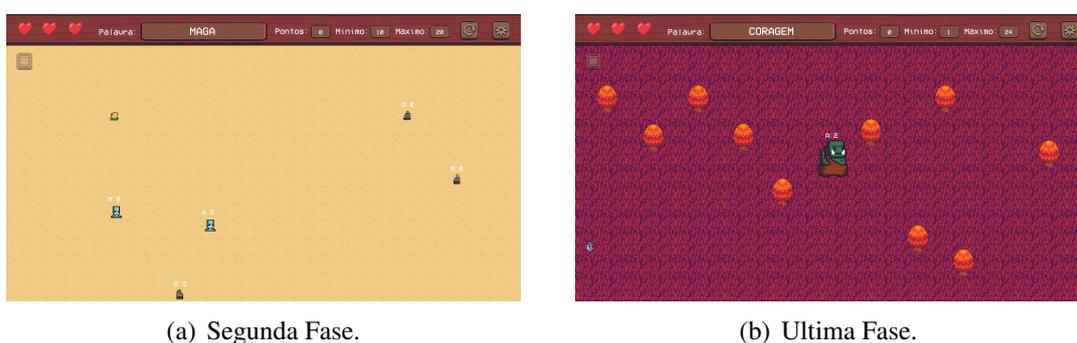
O jogo narra a jornada de uma mulher, *Andarilha*, que é convocada pelo criador do universo Pandamin para reconstruí-lo. Este mundo foi consumido por monstros que

devoraram todas as palavras e, assim, todos os conceitos, seres e significados deixaram de existir: onde havia fauna, flora e civilizações, agora não resta mais nada. O papel de *Andarilha* é capturar as letras que cabem em sua *mochila* à medida que derrota os monstros que consumiram o mundo. Para maximizar os recursos que a teoria *Narrative Learning* oferece, implementou-se mecânicas onde o jogador assume um papel ativo para a construção do mundo do jogo, ou seja, as mecânicas interativas conversam diretamente com a narrativa do jogo. Desta forma, eleva o potencial de imersão do *software*.

### 3.3. *Gameplay*

Durante os períodos das disciplinas de Trabalho de Conclusão de Curso I (TCC I) e Design Instrucional, do curso de Licenciatura em Computação da Universidade do Estado do Amazonas, foram desenvolvidas e implementadas as mecânicas principais do jogo e posteriormente foi dada continuidade ao *software*, adicionando novos recursos e lapidando os que já haviam sido desenvolvidos. As mecânicas podem ser classificadas como: mecânicas de progresso, mecânicas de “combate” e mecânicas de aprendizagem (explicadas na próxima subseção).

Entre as mecânicas de progressão, a principal é a composição de elementos em cada fase, de tal modo que o jogo pudesse ser construído de acordo com as escolhas do jogador. Para completar cada nível e conquistar as recompensas, o jogador precisa escolher uma de três palavras disponíveis para aquele nível e então completá-la, “combatendo” os inimigos. O jogador inicialmente encontra-se em um cenário visualmente vazio, mas ao completar cada fase, um recurso visual/sonoro/mecânico é adicionado ao mundo do jogo como recompensa. Atualmente o jogo possui seis níveis, contando com o tutorial. Para cada nível no jogo, a dificuldade cresce, aumentando a quantidade de inimigos nas fases e diversificando os tipos de inimigos encontrados em cada nível. A Figura 1(a) e a 1(b) ilustra, respectivamente, a segunda fase do jogo, apresentando inimigos que somente se movimentam e outros que se lançam ao jogador, e a última fase, com um chefe que “dispara” outros inimigos em direções diversas.



**Figura 1. Segunda e última fases do *My Name***

As mecânicas de combate não se tratam de combate em si, já que o jogador não ataca, apenas se movimenta pelo cenário e desvia dos inimigos. Como mencionado anteriormente, o objetivo principal de cada fase é completar uma palavra selecionada, sendo necessário derrotar o inimigo em uma determinada ordem, seguindo certos critérios explicados posteriormente. Para derrotar um inimigo, basta que o jogador entre em contato

com ele. A verdadeira dificuldade dessa mecânica é entender como cada inimigo se comporta, já que cada um tem um conjunto de movimentos e poderes específicos. Como o jogador precisa derrotar os inimigos em uma determinada ordem, caso seja feita de forma errônea, ele perde vida. Atualmente o jogo conta com seis inimigos diferentes, que possuem seus próprios movimentos e ataques especiais.

Já na última fase do jogo, há uma mecânica especial, em que o jogador batalha contra um chefe que atira inimigos em sua direção. Esses inimigos contêm os valores mencionados (letra/valor) anteriormente e, após serem lançados, começam a realizar seus movimentos padrões. O intuito do jogador é desviar desses inimigos até que o chefe lance um monstro que possua valores/letras convenientes à palavra a ser capturada.

É importante enfatizar que o jogo tem como uma das suas propostas fundamentais ser re-jogável, ou seja, em cada jogada, os inimigos, suas posições e valores são distribuídos de forma randômica. Ademais, a cada jogatina, de acordo com as escolhas do jogador, o jogo assume uma dificuldade e *level design* diversificados, incluindo: diferentes *skins* de árvores, *skins* de jogador, música e etc.

### 3.4. Mecânicas de Aprendizagem

O objetivo principal do jogador é formar a palavra escolhida, coletando as letras na sequência correta, ao mesmo tempo em que precisa tomar decisões estratégicas sobre quais letras são mais vantajosas para obter a pontuação máxima. Ao fazer isso com sucesso, o conceito, ser (*Non-Player Character*) ou objeto relacionado, passa a existir na realidade do jogo, sendo adicionado ao cenário, por exemplo, árvores alaranjadas que podem ser observadas na Figura 1(a).

A fim de obter as letras necessárias para formar a palavra, o jogador deve enfrentar os inimigos espalhados pelo cenário. Cada inimigo exibe sobre si mesmo uma letra correspondente à palavra selecionada, juntamente com um valor associado. O jogador deve abordar os inimigos na ordem correta, selecionando aqueles que contribuirão com mais pontos, garantindo que a soma total não ultrapasse um valor  $X$  e que também não fique abaixo do valor  $Y$ . O desafio do jogo é o mesmo que o do Problema da Mochila, mais especificamente uma derivação com restrições de valor e ordem.

A Tabela 1 ilustra elementos importantes do jogo e sua descrição, assim como simbologias que são referenciadas a seguir. Para cada nível, o jogador escolhe uma palavra e, neste momento, é determinado o valor de  $T$ .  $I$  são todos os inimigos da fase. Para cada inimigo de  $I$ , é determinado um  $L$  e um  $V$ , onde o  $L$  é a letra da palavra e o  $V$  é o valor a ser adicionado em  $P$ .  $P$  é a quantidade de pontos feitos no momento. Para formar a palavra, é necessário escolher um subconjunto ordenado, onde o valor de  $P$  não ultrapasse o  $V_{max}$  e nem esteja abaixo do valor de  $V_{min}$ . O ideal é que o valor da soma seja igual ou o mais próximo possível de  $V_{max}$ .

### 3.5. Desenvolvimento do jogo

Os protótipos desenvolvidos foram os de baixa, média e alta fidelidade. Os de baixa fidelidade compreenderam os conceitos iniciais e fundamentais, utilizando papel. O de média fidelidade utilizou o Figma como ferramenta visual. Durante esse processo, foram concebidos diversos protótipos que abordavam outros temas e o mais bem avaliado pelos autores foi o que tratava do Problema da Mochila. Já o protótipo de alta fidelidade foi

**Tabela 1. Elementos do jogo relacionados ao Problema da Mochila**

Representação	Simbolo	Descrição
	T	Tamanho da palavra
	I	Conjunto total de inimigos da fase
	L	Letra de um determinado inimigo
	V	Valor de um determinado inimigo
Pontos: 	P	Pontuação atual
Máximo: 	V <sub>max</sub>	Valor máximo que não deve ser ultrapassado, afim de progredir para próxima fase
Mínimo: 	V <sub>min</sub>	Valor mínimo para progredir para próxima fase

construído após o levantamento dos requisitos, desenvolvido utilizando a *game engine Unity* e a linguagem de programação *C#* para construção dos códigos do jogo. Os recursos artísticos visuais e auditivos como: fontes, músicas, *sprites*, interface gráfica do jogo, entre outras artes gratuitas, foram retiradas de repositórios como *itch.io*. Quanto aos recursos narrativos, foram escritos pelos próprios desenvolvedores com inspirações em diversas obras literárias e audiovisuais.

Em se tratando de requisitos computacionais, para a implementação de coleta de dados, foi utilizado o modelo GLBoard [Silva et al. 2022], que realiza a captura de modo não invasivo durante a *gameplay* do jogador. Esses dados podem ser visualizados tanto em formato *JSON*, contendo o percurso do jogador, quanto através de gráficos via *Dashboard*. Já em relação às mecânicas de sistema, que tratam dos requisitos de interface como: sistema de diálogos, controle do som, menu principal, escolha de modo de jogo, dentre outros, esses se baseiam em modelos de sistemas de jogos atuais disponíveis no mercado.

#### 4. Design Experimental

Para validar o protótipo de alta fidelidade foi realizada uma análise do jogo *My Name*, com o objetivo de verificar a aceitação do jogo pelo público-alvo em relação a: *i*) fatores de qualidade de *software* (usabilidade e experiência do jogador); *ii*) emoção despertada pelo jogo; e *iii*) interação dos usuários com o sistema, do ponto de vista de estudantes de computação, através de experiência de jogo, aplicação de questionários e processo de captura de dados de forma não invasiva.

**Seleção de participantes:** para participar do processo de validação, foram selecionados 26 estudantes do curso de Licenciatura em Computação e Sistemas de Informação, cujos testes faziam parte da requisição de uma disciplina. Dos testadores, 6 se identificaram como gênero feminino e 21 do gênero masculino, com faixa etária entre 19 e 23 anos, cursando entre o primeiro e o quinto períodos do curso<sup>1</sup>. É importante ressaltar que o trabalho ainda não passou pelo comitê de ética mas todos os avaliadores assinaram um termo permitindo utilização de seus dados de forma anônima, para fins de pesquisa.

**Instrumentação:** como ferramentas para capturas de dados, foram desenvolvidos formulários digitais de dois instrumentos validados pela literatura: i) o MEEGA+ [Petri et al. 2019], para avaliar as dimensões de usabilidade e experiência do jogador, cujo formulário é composto de 33 questões, mas pela particularidade do jogo, foram retiradas três questões que dizem respeito à interação social, pois o jogo não é *multiplayer*; e o ii) emoti-SAM [Hayashi et al. 2016], contendo três questões relacionadas ao sentimento/emoções do usuário durante o jogo (valência, excitação e dominância). Também realizou-se análise de dados de jogatina, a partir da captura dos dados de interação do usuário no jogo.

**Contexto de aplicação:** os testes foram realizados de forma presencial e on-line, utilizando duas estratégias: *logs* da *gameplay* e preenchimento dos formulários utilizando o modelo MEEGA+ para avaliar a percepção de aprendizagem e usabilidade, e o emoti-SAM para as emoções e consequente motivação. Para os testes presenciais, foi disponibilizada aproximadamente uma hora como tempo de jogatina e de preenchimento do formulário. Máquinas com o jogo já instalado foram disponibilizadas para os estudantes, enquanto que, para os testes on-line, um arquivo zipado com o executável do jogo no *Google Drive* e um *link* para o preenchimento do formulário foram disponibilizados. É importante ressaltar que não foi possível mensurar o tempo que os testadores se dedicaram ao preenchimento do formulário e jogatina nos testes on-line, pois foram realizados de forma remota e assíncrona.

Em se tratando da aplicação de *Game Learning Analytics*, a coleta de dados dos usuários foi realizada utilizando o GLBoard [Silva et al. 2022], cuja estrutura é composta por módulos que são capazes de padronizar os dados genéricos para serem extraídos; uma API envia os dados para o banco e realiza análises em um módulo de visualização das informações capturadas. Nessa etapa, dez estudantes tiveram dados capturados enquanto jogavam, devido a falhas operacionais, que serão corrigidas na versão posterior do jogo visando evitar esse cenário.

## 5. Resultados e Discussão

Para os resultados dos formulários MEEGA+, as respostas às perguntas foram dispostas em escala Likert-5, em que o valor 1 representa uma discordância completa, enquanto o valor 5 representa uma concordância completa. Os testadores foram estudantes de cursos de computação da Universidade do Estado do Amazonas, de 3º (69.23%), 5º (19.23%) e 7º (11.54%) períodos. Quanto à idade, 89.47% tinham entre 23 e 19 anos, enquanto que 11.53% não se pôde identificar, pois preencheram datas inválidas. Quanto ao gênero dos participantes, foi possível constatar que: 76.92% se identificaram como do gênero mascu-

---

<sup>1</sup>No curso de Licenciatura em Computação, Teoria da Complexidade e Problema da Mochila são abordados no quinto período

lino e 23.08% do gênero feminino. Como pode-se observar no gráfico<sup>2</sup>, obtido através da análise do resultado dos formulários, boa parte dos graduandos avaliaram positivamente o *software*, no que diz respeito ao seu potencial como jogo. Em relação à confiabilidade, usabilidade, satisfação do usuário, elementos de diversão, grau de dificuldade, imersão e relevância para o usuário, pode-se concluir que há potencial para que o sistema seja relevante dentro do âmbito educacional.

Além das questões quantitativas, o MEEGA+ também possibilita uma avaliação qualitativa por meio de questões discursivas, no qual foi feita a análise de respostas baseando-se em qual o comentário foi mais recorrente e qual a equivalência entre as respostas para entender quais respostas foram mais relevantes. Através delas, percebeu-se que houve uma dificuldade por parte dos estudantes em identificar o conteúdo educacional do jogo e observações quanto à narrativa do jogo, que, ora apresentava-se atrativa para parte do avaliadores, ora desmotivante ou confusa para outra parte. Foi possível observar também que, em geral, a mecânica de jogabilidade se mostrou eficiente e divertida, porém, ainda há fases um pouco confusas como a fase de tutorial e a última fase.

Foi possível identificar dificuldades durante o *gameplay*, bem como no conteúdo de aprendizagem. Mecanicamente, o que pode ser observado e concluído a partir da análise dos dados que foram obtidos é que, embora os controles sejam intuitivos, ainda há dificuldade no entendimento das mecânicas relacionadas à aprendizagem do conteúdo. Essa dificuldade era esperada, já que parte da turma ainda não teve contato com a disciplina que apresenta o Problema da Mochila. Porém, não pôde ser constatado que todos os envolvidos não tiveram contato com o conteúdo previamente fora da faculdade. Notou-se também a presença um *bug* (falha) que interferiu diretamente com a progressão do jogo, que será resolvido futuramente. Este, em específico, ocorria quando um jogador finalizava o jogo por completo e então o jogava novamente desde o início, causando uma falha que o impedia de progredir para as fases além do tutorial.

O *emoti-SAM* demonstrou avaliações parcialmente positivas: mais de 72% dos testadores se sentiram felizes ou satisfeitos ao jogar, mais de 57% conseguiu entender o conteúdo e mais de 55% se sentiram animados ao jogar. Com isso, é possível concluir que, apesar de haver uma maioria que se sentiu satisfeita, ainda há o que ser melhorado para atingir resultados mais positivos. Quanto à falta de entendimento do conteúdo, o mesmo pode ser justificado por grande parte do público não ter tido contato ainda com o Problema da Mochila e não é o objetivo apresentar o conceito do Problema da Mochila expositivamente no jogo.

Para a análise dos gráficos gerados a partir do GLBoard, é importante expor que apesar do jogo ter, em sua totalidade, seis fases, uma dessas é a fase de tutorial e os dados referentes a ela não foram analisados. Verificou-se que um pouco mais de 80% dos testadores não conseguiu concluir com sucesso as cinco fases disponíveis no jogo, a maioria chegou apenas ao terceiro nível. Identificou-se também que a maioria dos avaliadores passou entre 3 a 9 minutos em *gameplay*. Como grande parte não conseguiu ou não quis jogar até o fim, o tempo total de jogatina do jogo em si não pode ser estabelecido.

A Figura 2(a) mostra o tempo em que cada estudante passou jogando, sendo possível observar que houve testadores que passaram pouco tempo jogando antes de encerrar

---

<sup>2</sup><https://drive.google.com/file/d/1XGSOpiOIPtLNK9XKR1b7A5DeCRp2e24H/view>

a *gameplay*. Na Figura 2(b) observa-se que a média que os avaliadores jogaram ou re-jogaram uma determinada fase, varia entre 2-9 vezes, sendo importante ressaltar que o jogador pode jogar uma mesma fase mais de uma vez. A Figura 2(c) aponta que as fases iniciais foram jogadas mais vezes, sendo a primeira fase jogada 20 vezes, enquanto a quinta e última fase foram duas vezes. Ao observar a figura 2 em conjunto, é possível interpretar que a última fase foi jogada menos vezes devido a grande parte dos jogadores ter finalizado sua *gameplay* em fases anteriores. Quanto a Figura 2(d), ao analisar os valores absolutos e percentuais, há indícios de que a fase 1 foi a que mais registrou derrotas, enquanto a que menos registrou foi a última fase, pois foi a menos jogada e também relaciona com o “*onboarding*”.

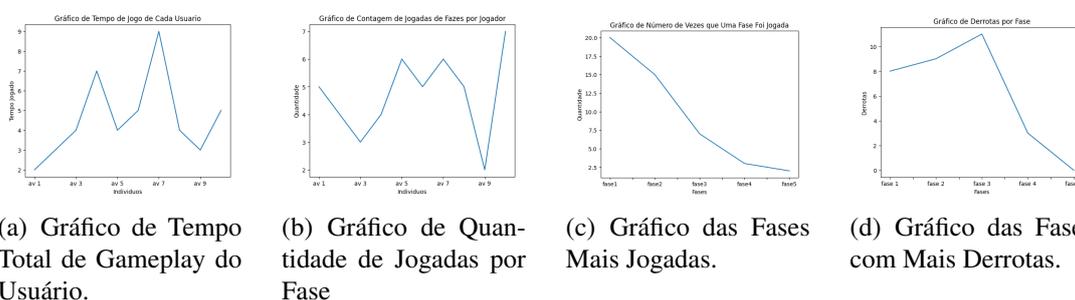


Figura 2. Gráficos gerados a partir dos dados capturados dos jogadores.

## 6. Considerações Finais

Este trabalho apresentou um jogo educacional inspirado no Problema da Mochila, com a finalidade de demonstrar o conceito da mesma, descrevendo a metodologia para construção, a validação do jogo educacional, as teorias educacionais atuais incorporadas no jogo, para auxiliar na aprendizagem. O jogo, atualmente em protótipo de alta fidelidade, foi avaliado por estudantes dos cursos de Licenciatura em Computação e Sistemas de Informação da Universidade do Estado do Amazonas. Os resultados apontaram que uma parte do público gostou da *gameplay*, enquanto outra parte teve dificuldade. Também identificou-se falta de entendimento quanto ao conteúdo educacional, o que era esperado, visto que a maioria dos estudantes ainda não possuía conhecimento sobre o Problema da Mochila.

A partir desses resultados, pretende-se melhorar o jogo. Dessa forma, em trabalho futuros, visando enriquecer a experiência dos jogadores e aumentar a qualidade do jogo, pretende-se: i) corrigir os *bugs* encontrados, ii) melhorar a interface do jogo, iii) implementar novas mecânicas, iv) melhorar a coleta de dados com o GLBoard, e v) realizar testes com o público-alvo para verificar se o jogo alcançou seus objetivos de aprendizagem.

## Referências

- Albuquerque, F., Campêlo, M., and Figueiredo, T. (2023). O problema do caminho positivo mínimo. In *Anais do VIII Encontro de Teoria da Computação*, pages 89–93. SBC.
- Alves, C. E. C. (2021). The turing trials: proposta de elaboração de um jogo educacional para melhorar o aprendizado em máquinas abstratas e teoria da computação.

- Cafezeiro, I., da Costa, L. C., and Kubrusly, R. (2016). Modos contemporâneos de aprendizado e construção do conhecimento: reflexões sobre o ensino de teoria da computação para sistemas de informação. In *Anais do XXIV Workshop sobre Educação em Computação*, pages 2245–2254. SBC.
- Cavalcante, R., Finley, T., and Rodger, S. H. (2004). A visual and interactive automata theory course with jflap 4.0. In *Proceedings of the 35th SIGCSE technical symposium on Computer science education*, pages 140–144.
- Clark, M. C. and Rossiter, M. (2008). Narrative learning in adulthood. *New directions for adult and continuing education*, 2008(119):61–70.
- Cogliati, J. J., Goosey, F. W., Grinder, M. T., Pascoe, B. A., Ross, R. J., and Williams, C. J. (2005). Realizing the promise of visualization in the theory of computing. *Journal on Educational Resources in Computing (JERIC)*, 5(2):5–es.
- Goyal, M. and Sachdeva, S. (2009). Enhancing theory of computation teaching through integration with other courses. *International Journal of Recent Trends in Engineering*, 1(2):137.
- 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.
- Honda, F., Pires, F., Pessoa, M., and Melo, R. (2022). 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.
- Honda, F., Pires, F., Pessoa, M., and 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.
- Leite, M. A. d. S. and Soares, M. (2020). Jogo pedagógico para o ensino de termoquímica em turmas de educação de jovens e adultos. *Química Nova na Escola*, 43(3):227–236.
- Macena, J., Pires, F., and 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.
- Macena, J., Pires, F., and Pessoa, M. (2020). Operação lovelace: uma abordagem lúdica para introdução de aprendizagem em algoritmos. *SBC–Proceedings of SBGames*.
- Mendes, D. A. and Silva, O. S. F. (2017). A narrativa em jogos digitais: uma experiência em undertale. *Anais do Seminário de Jogos Eletrônicos, Educação e Comunicação*.
- Michel, F., Pires, F., and Pessoa, M. (2019). Walgor: um jogo de tower defense para o desenvolvimento do pensamento computacional e apresentação de algoritmos computacionais. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, volume 8, page 514.
- Paas, F., Renkl, A., and Sweller, J. (2016). *Cognitive load theory: A Special issue of educational psychologist*. Routledge.

- 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., Teixeira, K., Pessoa, M., and Lima, P. (2019). Desenvolvendo o pensamento computacional através da máquina de turing: o enigma do curupira. In *Anais do XXVII Workshop sobre Educação em Computação*, pages 523–532. SBC.
- Pires, F. G. d. S., Duarte, J. C., da Silva Pessoa, L., dos Santos Pereira, K. S., Melo, R., and de Freitas, R. (2018). 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. et al. (2021). Thinkted lab, um caso de aprendizagem criativa em computação no nível superior.
- Silva, D., Pires, F., Melo, R., and 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, D. d. S., Tamayo, S. C., Pessoa, M., Pires, F., Oliveira, D. B. F., de Oliveira, E. H. T., and de Carvalho, L. S. G. (2020). Minerando dados de um juiz on-line para prever a evasão de estudantes em disciplinas introdutórias de programação. In *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 1343–1352. SBC.
- Silva, T. R. d., Cordeiro, J. R., dos Santos, R. S. F., dos Santos, F. G., da Silva Aranha, E. H., and Silva, F. G. (2018). Uma análise do cenário nacional do uso de jogos para o ensino e aprendizagem de computação. *XVII SBGames. Foz do Iguaçu*, page 10.
- Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. In *Psychology of learning and motivation*, volume 55, pages 37–76. Elsevier.