

Operação Lovelace: uma abordagem lúdica para introdução de aprendizagem em algoritmos

Jeniffer Macena

Univ. do Estado do Amazonas (UEA)

ThinkTED Lab

Amazonas, Brazil

jms.lic18@uea.edu.br

Fernanda Pires

Univ. do Estado do Amazonas (UEA)

ThinkTED Lab

Amazonas, Brazil

fpires@uea.edu.br

Marcela Pessoa

Univ. do Estado do Amazonas (UEA)

ThinkTED Lab

Amazonas, Brazil

msspessoa@uea.edu.br

Abstract—Considering the importance of include computational themes in basic education, this article presents a playful proposal to develop the Computational Thinking through a game entitled “Operation Lovelace”. The artefact’s goal is to stimulate the logical reasoning of children aged 8 to 11 years by problems resolution, using algorithms and data structure’s concepts, presents in games dynamics and mechanics. The game creation followed an education game development process, and was supported by the semiotic inspection method to adapt the learning design. The evaluation was carried out by MEEGA+ and SAM’s heuristic tests, both pointing to promising results and the need to review some points.

Index Terms—Computational Thinking, data structures, game, logical reasoning, tests

Resumo—Considerando a importância da inclusão de temas de computação na educação básica, este artigo apresenta uma proposta lúdica para promover o desenvolvimento do Pensamento Computacional através de um jogo intitulado “Operação Lovelace”. O objetivo do artefato é estimular o raciocínio lógico de crianças com idade entre 8 e 11 anos, por meio da resolução de problemas, utilizando conceitos de algoritmos e estruturas de dados, presentes em dinâmicas e mecânicas de jogos. A criação do jogo seguiu um processo de desenvolvimento de jogos educacionais e teve como suporte o método de inspeção semiótica para adequação do design de aprendizagem. A avaliação foi realizada através dos testes heurísticos MEEGA+ e SAM, que apontam tanto para resultados promissores quanto para a necessidades de rever alguns pontos.

Palavras-chave—Pensamento computacional, estruturas de dados, jogo, raciocínio lógico, testes

I. INTRODUÇÃO

A sociedade do século XXI tem como diferencial uma exigência maior quanto às habilidades que precisam ser desenvolvidas para a resolução de problemas cotidianos. Nesse contexto, o desenvolvimento do Pensamento computacional (P.C) tem sido considerado fundamental, por tratar de processos mentais que podem simplificar as formas de pensar e agir, utilizando conceitos usados na Ciência da Computação, em modelos ou ferramentas para a abstração da informação e consequente resolução do problema [1].

Pensamento lógico, abstração, reconhecimento de padrões e decomposição são alguns dos elementos que envolvem o Pensamento computacional [1]. As iniciativas que abordam estas características têm sido estudadas pela comunidade científica, através da aplicação de atividades, como em ambientes de aprendizagem, utilizando formalizações algorítmicas por meio de diversos desafios, inclusive

a criação de jogos [2]–[5]. No entanto, a avaliação do estudante por meio de um material de qualidade ainda é preocupante na educação, pois implica considerar suas habilidades interdisciplinares [6], isto é, atender as necessidades do estudante em suas vertentes capacitadoras para resolver um determinado problema, tal como, o PC é defendido [1].

Os jogos têm sido utilizados em estratégias educacionais que visam a autonomia do estudante, por possibilitarem ações concretas que colocam os estudantes no centro da ação e possuem elementos capazes de validar o processo de aprendizagem [7]. Estudos apontam que as iniciativas com jogos envolvendo o Pensamento Computacional podem estimular o raciocínio lógico através da criação de estratégias, tomadas de decisão e resolução de problemas na interação com a ferramenta [3], [8].

Considera-se essencial incentivar que crianças realizem atividades capazes de estimular suas estruturas cerebrais, possibilitando o desenvolvimento de habilidades e competências através da consolidação de memórias de longo prazo, a partir das experiências vividas [9], [10]. Os jogos se apresentam como uma possível ferramenta capaz de colocar os indivíduos em situações do mundo real de forma virtual e ainda podem contar com o interesse apresentado pelas crianças no envolvimento com atividades lúdicas.

Segundo a linha de incentivar crianças a desenvolverem o Pensamento Computacional através de abordagens lúdicas, neste artigo é apresentado um jogo de plataforma do tipo estratégia, para dispositivos móveis, denominado Operação Lovelace, cujo objetivo é auxiliar crianças na faixa etária entre 8 e 11 anos, através da resolução de problemas.

O *design* de aprendizagem foi desenvolvido de acordo com o *level design* e, através das mecânicas e dinâmicas presentes, pode oportunizar a aprendizagem de algoritmos e estruturas de dados (listas, pilhas e filas) de forma implícita. O *gameplay* tem como fundamentos a Teoria Construtivista de Jean Piaget [11]. O processo de criação do *design* visual teve como suporte estudos sobre semiótica a partir da narrativa, que destaca-se como um ponto essencial para compreender e exercitar o raciocínio lógico com as estruturas visuais de comandos no jogo. O objetivo desse trabalho é apresentar o processo de *game design* educacional, bem como a incorporação dos pilares do Pensamento Computacional e conceitos de Ciência da Computação, de forma contextualizada, em um jogo para crianças. Foi realizada uma avaliação através da aplicação de testes com acadêmicos utilizando como referência o modelo MEEGA+ (Model to Evaluate Educational Games), SAM (Self-Assessment Manikin) e um protótipo do jogo.

O artigo está organizado como segue: na Seção II, os Trabalhos Relacionados; na Seção III há o embasamento teórico sobre jogos e aprendizagem; na Seção IV, a metodologia, incluindo subtópicos sobre: processo de desenvolvimento, métodos de inspeção e proposta do jogo; na Seção V, os resultados, e na Seção VI, as considerações finais.

II. TRABALHOS RELACIONADOS

Ao verificar projetos com propósitos similares, nota-se a contribuição de outros jogos educacionais, desenvolvidos em território nacional, com objetivo de auxiliar crianças por meio de conteúdos que estimulam o desenvolvimento do Pensamento Computacional de forma lúdica. A seguir são apontadas algumas estratégias projetadas em jogos educacionais que contribuem para o desenvolvimento do pensamento lógico através de narrativas idealizadas.

O *Looking for Pets* [3] é um jogo de estratégia 3D, voltado para a construção de algoritmos que utiliza recursos de realidade aumentada em dispositivos móveis. O enredo do jogo baseia-se na história da jovem veterinária Lara, que deseja recuperar os animais para o centro comunitário para que possa cuidar deles, porém precisará percorrer um caminho com obstáculos visuais. O movimento da personagem é através de setas, indicando uma direção e sentido, na qual é possível capturar estrelas e obter suas pontuações. É possível manusear a interface para explorar as perspectivas da personagem na fase. Caso o jogador construa uma sequência de comandos com o melhor percurso, este poderá trocar o *sprite* da personagem.

O jogo *A máquina do Curupira* [2], tem narrativa baseada em lendas folclóricas amazônicas e busca explorar um conteúdo específico da computação, conhecido como *Máquina de Turing*. O jogo foi projetado para plataformas móveis sob perspectiva 2D. A missão do jogador foi contextualizada com o propósito de contribuir com a conscientização ambiental a respeito da caça ilegal de animais. O jogador recebe uma missão em casa fase, incluindo a necessidade de decifrar o código das jaulas em que estão presos os animais, para poder libertá-los. O algoritmo é validado a partir de uma combinação correta de “frutas”, que pode ser construída pelo jogador por meio de setas (direita e esquerda), de acordo com a condição de verificação do elemento.

O trabalho de Maquiné et al. [5] apresenta o processo de constituição da mecânica de um jogo intitulado *Walgor*, criado para exercício e aprendizagem de algoritmos de ordenação. Os autores descrevem como foi o processo de adaptação das regras dos algoritmo para um sistema de mecânica do tipo *tower defense*. O *level design* foi desenvolvido de acordo com a sequência de aprendizagem praticada no nível superior. O jogo também possibilita o desenvolvimento do Pensamento Computacional, através da resolução de problemas.

O jogo apresentado nesse artigo se diferencia dos demais em alguns aspectos: *i*) a mecânica e a dinâmica do jogo são diferentes dos trabalhos apresentados; *ii*) embora possua a aplicação dos quatro pilares do Pensamento Computacional como os anteriormente citados, apresenta diferentes representações lógicas e visuais; *iii*) a narrativa e a indicação de faixa etária se difere dos demais; *iv*) o tema computacional tratado em Operação Lovelace não é o mesmo que os demais jogos apresentados e o mesmo tem como referencial o currículo de tecnologia e computação [12].

III. OS JOGOS E AS POSSIBILIDADES DE APRENDER BRINCANDO

Huizinga [13] define os jogos como uma atividade voluntária que é exercida dentro de certos limites dispostos por um conjunto de regras obrigatórias que contam com o livre consentimento dos participantes. Para Raph Koster [14], os jogos são atividades divertidas em que o cumprimento das regras é essencial para se alcançar o sucesso. Os jogos vem sendo apontados como possíveis ambientes de aprendizagem complexos [8], [15], [16], suas características lúdicas podem ser vistas como uma das novas estratégias de aprendizagem que possibilitam o desenvolvimento das habilidades e competências para o século XXI, inclusive o Pensamento Computacional [6], [17]. Existe uma gama de jogos que podem ser explorados como ferramentas de aprendizagem e se destacam por despertar o interesse dos estudantes [7].

Para que os jogos sejam ferramentas de aprendizagem eficientes, devem atender às necessidades do jogador, tanto no que se refere ao design de aprendizagem [15] quanto ao *UX design* [7]. Ambos estão relacionados aos fatores humanos do processamento da informação das pessoas, temas que suscitam estudos na área da Ciência Cognitiva que investiga *como as pessoas aprendem*, que encontra correspondência tanto nas teorias de aprendizagem quanto na Semiótica [18].

A. Cognição e aprendizagem nos jogos: o papel da Semiótica e do Construtivismo

A aprendizagem é um processo que ocorre ao longo da vida, na qual o ser humano vivencia experiências e constrói os seus significados [11], [19]. Antes mesmo da escrita, as narrativas constituíam processos de aprendizagem, registrando a história dos povos e o seu desenvolvimento tecnológico, bem como foram responsáveis pelos elementos de entretenimento como o estabelecimento de missões em competições e nas representações da vida real no teatro. A narrativa pode ter o aspecto visual ou oral: enquanto a narrativa oral deixa um amplo espaço para a imaginação do usuário e precisa partilhar da mesma língua e possuir uma linguagem adequada ao interlocutor, a narrativa visual deve se preocupar com o encadeamento dos símbolos e signos utilizados para realizar a representação da informação de forma a ser reconhecida pelos usuários. Caso esses fatores não sejam respeitados, a comunicação pode não ocorrer. Em se tratando dos jogos, as narrativas exercem um importante papel na definição das missões, estabelecimento de regras, definição de cenários, entre outros elementos responsáveis pela dinâmica do mesmo [20].

A compreensão que abrange as representações atribuídas pelas crianças é vista como primordial desde as classificações que podem auxiliar na percepção sobre determinado assunto. Bruner [19] a definiu em 3 tipos: Representação Enativa, Icônica e Simbólica. A primeira destaca-se pela evolução que as capacidades motoras tiveram no período de evolução humana. A segunda corresponde ao progresso da representação motora para o que as crianças interpretam para seus intelectos, podendo ser demonstrado a partir de uma imagem que terá uma explicação conceitual realizada mentalmente sobre um ou mais ícones. Já a última, diferencia-se no processo abstraído no qual um símbolo pode possuir vários significados, dependendo da compreensão da pessoa, mas que podem ser diferenciados com mais facilidade devido às experiências que serão obtidas ao longo da vida.

Em alguns jogos [4], [5], [21] existe a possibilidade de identificar a aprendizagem por descobertas, motivando o indivíduo nas suas escolhas e possibilitando na formação mental de conceitos [19] que é a proposta de Operação Lovelace, pois a medida que as missões são definidas pela narrativa, o usuário precisará praticar a criação de algoritmos que lhe permitirá navegar pelo cenário e cumprir as suas missões. O processo de realização das missões disponíveis tem a sua mecânica de funcionamento baseada na Teoria Construtivista de Jean Piaget, que define que as pessoas podem aprender de forma mais eficiente se puderem contar com ferramentas e o erro exerce um papel positivo nesse processo, cujo incentivo deve permitir que o estudante construa o seu conhecimento a partir de suas experiências [11].

Ao traçar uma relação simbólica entre a mecânica dos jogos e a representação visual, identifica-se o papel da importância da percepção do estudante na ação realizada, pois ela define o sentido a determinada ideia, em que os jogadores podem fazer por meio da narrativa [19]. Com estas interpretações, as tomadas de decisão são vistas como uma característica da informação que foi processada pela pessoa, atribuindo categorias com base em seus conceitos abstraídos, possibilitando detectá-los através de símbolos ou ícones, por exemplo. De acordo com Jean Piaget [11], essas operações mentais possibilitam que as crianças desenvolvam habilidades que dão noção para o entendimento de números, que por sua vez irá contribuir com o desenvolvimento intelectual por meio de representações de objetos

concretos do mundo real que são manipulados no seu processo construtivo.

Ao tratar de estudos detalhados que possam auxiliar na visão a ser transmitida para uma pessoa (nesse caso, o jogador da ferramenta proposta) encontra-se a área da engenharia semiótica. A precursora deste campo, Clarisse Sieckenius [22] discute sobre as concepções de signos aplicados a um determinado sistema na qual variam desde a inspeção que envolve a Interação Humano-Computador, visto no campo de usabilidade, a verificação da meta-comunicação com determinado público de usuários. Este estudo auxilia na verificação de símbolos que podem ser textos explicativos (metalinguísticos), imagens fixadas (estáticos) e botões interativos (dinâmicos). Logo, ao adotar métodos científicos deste campo, é possível analisar com antecedência a facilidade de aprendizagem que a criança, por exemplo, terá com o sistema para que consiga atingir seus objetivos pessoais e propostos pelo software, tal como é visto pelo Método de Inspeção Semiótica (MIS) [22].

B. Computação e Pensamento Computacional nas escolas

O jogo proposto neste trabalho teve como inspiração as recomendações existentes no Currículo de Tecnologia e Computação [12]. As contribuições sugeridas neste currículo são propostas que possam integrar a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) como uma forma de ajudar professores e estudantes desde a Educação Básica ao Ensino Fundamental II. Para isso, foi elaborado uma estrutura que visa apresentar os principais eixos e habilidades a serem desenvolvidos a partir das inovações decorrentes de práticas pedagógicas que podem ser vistos no site do Currículo CIEB¹. As séries associam-se com as características dos eixos como Cultura e Tecnologia Digital, além de Pensamento Computacional, possibilitando relacionar os objetivos educacionais do jogo com as sugestões do currículo e suas respectivas competências a serem adotadas. O conteúdo trabalhado em Operação Lovelace concilia alguns temas previstos para o 5º ano do ensino fundamental sobre as representações de estruturas de dados da computação para as crianças a partir do mundo real, para que compreendam de forma clara sobre o assunto aplicando em contextos de disciplinas.

Exercitar o raciocínio lógico por meio da criação e execução de algoritmos é uma atividade praticada diariamente sem que haja percepção sobre isso [23], como a criação ou ordenação de passos para cumprir um objetivo, ir à escola ou trocar uma lâmpada queimada. A importância do Pensamento Computacional está nas formas que o indivíduo irá pensar para resolver determinado problema, não restringindo-se a ferramentas [1]. Esse processo tem alguns pontos chave, chamados de pilares: decomposição, reconhecimento de padrão, abstração e algoritmo. Considerando a definição dos objetivos traçados no currículo com a aplicação do Pensamento Computacional no jogo, foi definida a divisão de conteúdos de acordo com as fases do jogo (decompor), reconhecimento das funções principais que destacam-se no processo como um todo (padrão), relevar as informações fundamentais (abstração) que o conduzirá a uma meta principal.

C. Estruturas de dados

Uma estrutura de dados é um meio para armazenar e organizar dados com o objetivo de facilitar o acesso e as modificações [24]. Entre as estruturas de dados que se pretende trabalhar, este jogo explora os conceitos de listas, pilhas e filas.

Lista é uma estrutura linear, cuja propriedade principal é interligar os elementos de um conjunto através de sua posição, possibilitando eficácia nas implementações. A estrutura de **Pilha** é ilustrada por situações como uma “pilha de livros”, na qual se quisermos acessar o elemento da base, será necessário remover o último de seu conjunto até que chegue ao pretendido. A expressão é vista como uma LIFO (Last In, First Out), indicando que em uma estrutura, o último

elemento a entrar, será o primeiro a sair. Já a estrutura de **Fila**, a política é restrita ao que foi nomeado pela expressão *First In, First Out (FIFO)* (primeiro a entrar, primeiro a sair). Dessa forma, em uma estrutura linear, o elemento mais antigo é o que irá receber prioridade quanto às formas de acesso.

As principais operações das três estruturas são: criar, inserir e retirar; exclusivo para listas, também há a operação localizar. As listas possuem tipos que se destacam devido a ordem dos dados e baseados em critérios. Portanto, neste trabalho serão analisadas as distinções das estruturas de acordo com suas funções no jogo aplicadas de forma lúdica. A Fig. 1 ilustra uma estrutura de dados pilha e Fig. 2 ilustra uma lista.

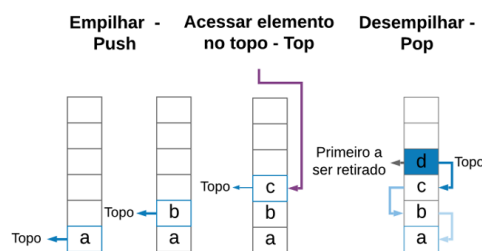


Fig. 1. Operações de Pilha

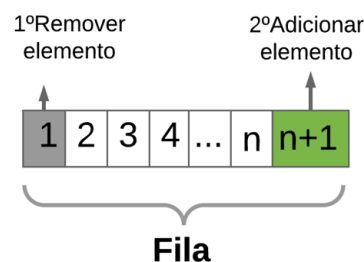


Fig. 2. Exemplo de fila.

IV. OPERAÇÃO LOVELACE

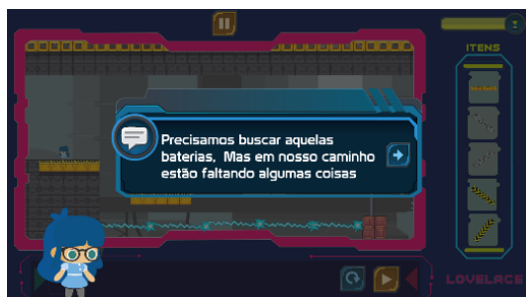
Nesta seção é apresentado o jogo, como são implementados os conceitos de estruturas de dados e como a aprendizagem acontece.

A. Operação Lovelace: o jogo

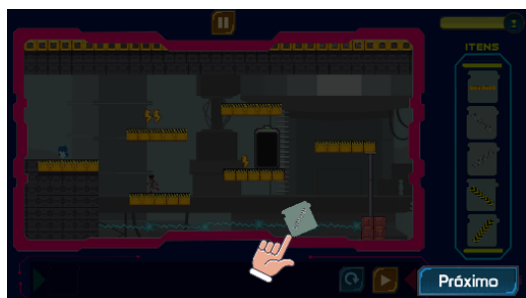
O jogo educacional digital “Operação Lovelace” foi projetado para dispositivos móveis sob perspectiva bidimensional, destinado ao público infantil (8-11 anos). É um jogo de estratégia, que busca auxiliar na aprendizagem de algoritmos de forma lúdica através de estruturas visuais, em uma versão de “programação em blocos” cujos elementos são representados por objetos presentes no cenário. A definição do conteúdo segue as orientações indicadas no Currículo de Tecnologia e Computação, para estudantes do 5º ano do Ensino Fundamental I, sobre as estruturas de dados: listas, filas e pilhas. As missões propostas no jogo foram idealizadas com o objetivo de contribuir com o exercício do raciocínio lógico em crianças, explorando uma temática tecnológica.

A narrativa do jogo baseia-se em uma temática fictícia sobre tecnologia que é apresentada em formato interativo de *storyboard* para o jogador, idealizada pela participação de duas personagens, conforme ilustrado na Fig. 4. O conjunto de regras proposto no jogo está relacionado à mecânica de movimentação construída para a personagem a ser selecionada. É permitido o manuseio de operações nas estruturas de dados lista, fila e pilha, de forma exploratória

¹encontre em <https://curriculo.cieb.net.br/curriculo>



(a) Parte inicial do tutorial.



(b) Execução do tutorial

Fig. 3. Telas de tutorial.

e com auxílio do tutorial (Fig. 3(a) e 3(b)). O estado de vitória é representado de forma dinâmica na área indicada para codificar, sendo possível que o jogador consulte o sistema de *ranking* e receba *feedback* musical constantemente.

B. Processo de Desenvolvimento

O jogo foi construído baseando-se no processo de desenvolvimento de jogos educacionais utilizado por Pires et al. [25], e possui as seguintes etapas: planejamento, idealização, documentação, criação de protótipos (baixa, média e alta fidelidade), aplicação de testes e análises para validação. Foram empregados os métodos de inspeção semiótica [22] para analisar fatores de usabilidade que verifiquem os elementos comunicativos entre o sistema e o usuário, a partir de testes. A desenvolvedora do software foi uma estudante de Licenciatura em Computação durante seu 4º período de graduação.

C. Definição de Avaliação

O processo de criação do jogo sofreu modificações após validações advindas de questionários e discussões entre os estudantes de uma turma universitária, durante atividades demonstrativas, com o intuito de introduzir aspectos que promovam o interesse do jogador. Ao longo da execução dos testes, buscou-se analisar as emoções geradas a partir do uso da ferramenta com a experiência do jogador, de uma forma didática. Para isso, o teste de SAM (*Self-Assessment Manikin*) [26] envolveu a adição de figuras e termos que representam um possível estado do jogador. Outra finalidade para este questionário é a possibilidade de aplicá-lo com o público-alvo de “Operação Lovelace”, permitindo analisar os critérios avaliados em diferentes perspectivas identificadas na variação de idades dos usuários para uma adequação de fluxo de jogo de forma qualitativa.

Já o modelo MEEGA+ (Model to Evaluate Educational Games) [27], conciliou com a verificação de elementos específicos adaptados ao jogo, que avaliam vertentes ligadas à aprendizagem da ferramenta, usabilidade e emoções, evidenciando as opções de avaliação por uma escala numérica (escala Likert) para os avaliadores. Foi considerado relevante observar que parte deste público avaliador teve experiência

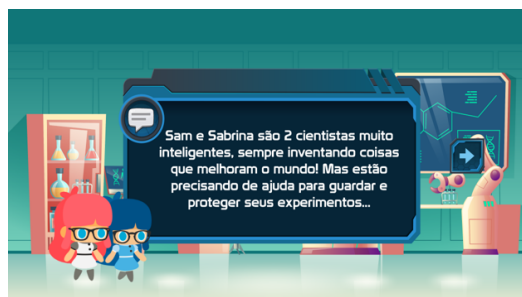


Fig. 4. Tela 1 de Storytelling.



Fig. 5. Tela 2 de Storytelling.

com a temática educacional exercida pelo jogo em algum momento na academia, proporcionando mais sugestões para o software. Considerando não somente a qualidade, os testes aplicados foram utilizados também no intuito de receber uma quantidade relevante de *feedbacks* dos jogadores, pois nesta fase o rigor para que o artefato seja compatível com o público-alvo e atenda as suas necessidades, futuramente, é fundamental ao relacionar aos objetivos educacionais apresentados pelo jogo. Para ambos os testes, explorar o *level design* do jogo bem como a alocação dos elementos avaliados proporcionou identificar novos desafios e corrigir estratégias de mecânicas aplicadas.

D. Elementos de Aprendizagem e o Jogo

Os elementos de aprendizagem utilizados no jogo são apresentados a seguir:

Storytelling: o jogo trata da história de duas irmãs cientistas, Sam e Sabrina, que estão sempre inventando coisas para melhorar o mundo, através de seus experimentos. Porém, precisam de auxílio para guardá-los e protegê-los. Dessa forma, construíram um robô responsável por essa missão, possibilitando que as meninas realizem outras atividades no Laboratório Lovelace. Mas houve um problema: as baterias do robô acabaram sendo distribuídas em diferentes cômodos do local e o objetivo das personagens é encontrá-las antes que descarreguem.

O desenvolvimento da narrativa teve como referência a história do desenho animado “Johnny Test”, no qual um rapaz de 11 anos tem irmãs mais velhas, “Mary e Susan Test”, que são cientistas famosas². Os traços característicos das protagonistas inspiraram o presente jogo, enaltecendo aspectos de empoderamento feminino para as personagens idealizadas. Além disso, o próprio nome do jogo leva ao marco histórico da cientista Ada Lovelace e a criação do primeiro algoritmo computado por uma máquina.

Gameplay: o jogador precisa selecionar uma personagem (Fig. 6) no início da fase, para que possa explorar o cenário, permitindo o

²encontre em <https://www.youtube.com/watch?v=m0KerP5gl3A>

alcance das metas propostas por nível. A forma como a personagem é movimentada entre as plataformas é uma mecânica essencial, realizada por meio de comandos representados por blocos, na lateral da interface (Fig. 7). Os desafios são moderados por fluxo de jogo e aprendizagem, isto é, as dificuldades tendem a variar de acordo com a estratégia para solucionar determinada fase. A adição de inimigos está ligada às circunstâncias da narrativa, onde existem robôs com defeitos e o jogador precisa criar estratégias para desviar destes, em seu percurso, de acordo com a construção do algoritmo, conduzindo a cientista a chegar na plataforma final e cumprir os seus objetivos. Somando a estes desafios, é limitada uma quantidade de tentativas, controladas pelo “tempo” para que possa ser executada a sequência de comandos definidos pelo jogador, possibilitando refazer suas ações através dos botões na parte inferior da tela. Na Tabela I está o mapeamento dos principais elementos de interação.

TABLE I
ELEMENTOS DO JOGO

Elemento	Nome	Função
	Sam e Sabrina	Personagens
	Choque	Perigo
	Baterias	Metas de fases
	Estrela	Desbloqueio da próxima fase
	Tempo	Controle de Tentativas
	Robô Perigoso	Inimigo
	Robô	Invenção Principal



Fig. 6. Tela para seleção de personagem.

Comandos: a movimentação da personagem é construída a partir de comandos na interface com HUD (*heads-up display*), formalizando uma trajetória através da execução no botão “play”. Compreender e memorizar o significado de cada bloco proporcionará agilidade, evitando perdas com a variável “tempo”. O jogador poderá retirar e adicionar itens para investigar mentalmente as ações necessárias. Os comandos estão sendo representados pelos botões, conforme a Tabela II.

Mecânica: a mobilidade e jogabilidade por meio das personagens são descritas a seguir, evidenciando algumas representações das estruturas de dados, de acordo com as fases. A Fig. 7 ilustra a fase 1 em que *Sam*, a personagem, caminha em direção ao seu destino final do nível (ilustrado por uma porta), capturando as “energias” que estão em sua trajetória. Este é um resultado do algoritmo construído pelo jogador, representando a estrutura fila, de acordo com a aparição dos objetos, apresentados na Tabela III (item IV), de modo que, cada comando corresponde a um objeto físico do enredo para a

TABLE II
CONTROLE DE JOGO

Comando	Descrição
	Subir para esquerda na plataforma
	Subir para direita na plataforma
	Descer para direita na plataforma
	Descer para esquerda na plataforma
	Andar na horizontal

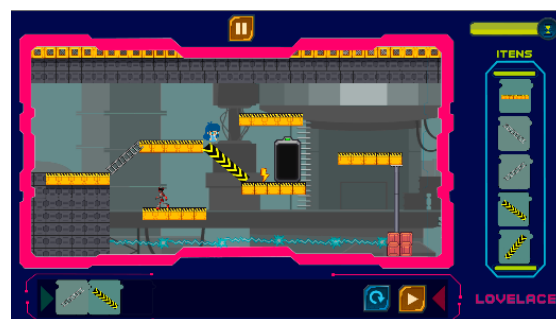


Fig. 7. Representação da estrutura fila.

personagem se movimentar. A compilação deste algoritmo permite a visualização da estratégia dentro do Laboratório Lovelace através do clique do usuário no botão “play”.

TABLE III
RELAÇÃO DE ELEMENTOS DO JOGO E ESTRUTURA DE DADOS

Representação	Operação
	I. Lista vazia
	II. Lista com itens
	III. Lista “itens” declarada pelo sistema
	IV. Objetos que representarão uma Fila
	V. Remover item na estrutura Pilha

Já o mecanismo aplicado nos níveis, acontece como ilustrado na Fig. 8. Após adicionar os comandos de forma ordenada, só poderá ser desfeita a ação removendo sob a mesma condição (ordem) e por unidade de bloco. Esta característica é explorada pela estrutura pilha, onde o primeiro bloco (com borda vermelha) é a posição desejada pelo jogador para ser alcançada, e os outros blocos (borda amarela), à direita, são os elementos que precisarão ser retirados em uma dada ocasião. O botão com seta tem a função de remover os blocos.

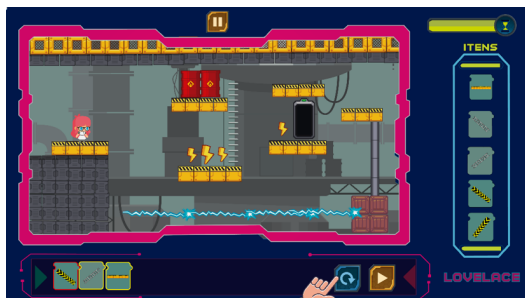


Fig. 8. Representação da estrutura pilha.

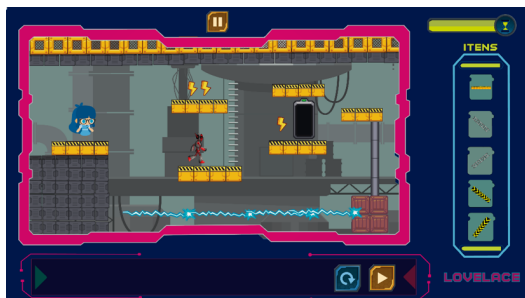


Fig. 9. Fase 1 do jogo.

A estrutura lista é vista pelas operações que o jogador realiza dinamicamente ao utilizar o mecanismo de *drag-and-drop* (arrastar e soltar). Na tabela III, as operações I, II e V apresentam os estados possíveis de uma lista modificável durante o jogo. A operação III refere-se a outra lista desenvolvida pelo sistema para auxiliar o jogador na construção sequencial de comandos na região abaixo do cenário do jogo. Os bônus alcançados no jogo são decorrentes das tentativas e sucessos obtidos por fase, pois, dessa forma, é possível adicionar “tempo extra”, caso seja necessário para o desafio proposto. Portanto, a vitória no jogo é relacionada à quantidade de baterias capturadas pelo jogador e o alcance a plataforma final. Já a de perda, é a finalização do tempo sem baterias obtidas, além da condição mencionada.

Dinâmica central: o jogador precisa localizar a posição dos inimigos antes de movimentar a personagem por meio dos comandos, verificando qual é o melhor caminho para que capture as baterias distribuídas na plataforma. Vale ressaltar a barra de tempo na tela que indica as tentativas disponíveis para alcançar a vitória na fase. A quantidade mínima capturada é apresentada na interface, permitindo o desbloqueio da próxima fase, porém, se o jogador optar por alcançar mais do que o pretendido, serão liberados acessórios para combater os inimigos presentes em trajetórias futuras.

E. Método de Inspeção Semiótica aplicado ao Operação Lovelace

O método utilizado investiga os elementos disponíveis na interface, tornando possível analisá-los através da descrição e comparação entre seus signos. Para isso, Souza et al. [22] descrevem este processo com cinco etapas, respectivamente: 1) análise de signos metalinguísticos, 2) estáticos, 3) dinâmicos, 4) comparação de metamensagem e 5) avaliação global da comunicabilidade. Esse processo identificou os elementos listados a seguir:

1) *Signos metalinguísticos:* aplicam-se em telas *pop-ups* no formato de legendas como nas telas de “Configurações” e “Seleção de Fase”. Com aspecto dinâmico e estático, a seção de *storyboard* do jogo utiliza textos, tutoriais explicativos com um ícone que indica

comandos na fase, além de dicas que acompanham uma figura representativa para a função dos blocos e de elementos com escadas e esteiras presentes no jogo em si.

2) *Signos estáticos:* estão adaptados em mídias para sons e imagens; nas fases, os itens que se apresentam estaticamente são: música tema, objetos que compõem o cenário (*background*), dicas com a declaração das imagens, *storyboard*, área delimitada na região inferior da interface onde está a lista vazia (Tabela III) e título do jogo fixo na região inferior da tela de jogo.

3) *Signos dinâmicos:* estes foram configurados no sistema do jogo para possuírem funcionalidades de interação, apresentando animações ao selecionar determinado objeto por meio de: botões no HUD, barras de vida, cadastro de usuário, exibição dos objetos que constroem o caminho da personagem, representação de perigo com o choque e inimigos para os níveis, sons de notificações ao clicar ou receber um estado do jogador em determinada situação, atribuição de pontos em *pop-ups* e o próprio mecanismo *drag-and-drop*.

4) *Análise das metamensagens:* são realizadas três análises. A análise 1 é vista pelas ilustrações de dicas contextualizadas com possíveis situações nos níveis, textos que acompanham figuras para auxiliar no entendimento da narrativa, porém com termos gramaticais a serem simplificados para o público, e a tipografia ajusta-se adequadamente à plataforma do jogo. Na análise 2, a comunicação é dada pelo estado de desbloqueio de botões na seleção de fases, hierarquia visual de cores e formas do HUD (avaliado para ajudar na concentração/atenção do jogador) e a música constante das fases. Na análise 3 o fluxo de jogo está ligado a *feedbacks* de pontuações e animações, necessitando de interação do usuário para o seu progresso. Verificou-se que a presença de itens que não possuem função precisam de reavaliação para aprimorar suas funções.

5) *Avaliação global de comunicabilidade:* as técnicas foram adaptadas conforme a experiência do usuário, do início do percurso ao final das ações, isto é, do momento em que lhe satisfaz encerrar a sessão de jogo. A estratégia utilizada através dos signos com elementos lúdicos busca atender o público-alvo para facilitar no aprendizado de sistema, tanto na funcionalidade, quanto na interpretação de missões no jogo. Portanto, foram implementados termos simples para descrever uma possível interação, como escolher personagem, ou a temática aplicada no design de níveis para introduzir um contexto imersivo para o usuário. Além disso, a criatividade é vista por forma de atrair a atenção do jogador, típico em botões animados ou sua distinção por tamanhos e cores. Os desafios vistos nesta inspeção estão ligados a complexidade que poderá acarretar na proposta de desafios para que não torne-se impossível de solucionar os enigmas, mas que esteja compreensível uma solução, dado um desafio difícil.

V. ANÁLISES E RESULTADOS

Com o objetivo de avaliar se a composição visual e mecânica do jogo poderia ser aceita pelas pessoas foi realizada uma avaliação a partir de dois testes. Foi desenvolvido um formulário composto pelos testes SAM (Self-assessment manikin) [26] e MEEGA+ (Model to Evaluate Educational Games) [27], que foram divididos por seções para verificar a experiência de estudantes universitários após jogar uma versão de protótipo do jogo Operação Lovelace. Os testes aplicados consideraram a verificação de elementos do software para o aprendizado do sistema e incentivo do uso do pensamento lógico durante a execução de atividades lúdicas. A faixa etária dos participantes varia de 17 a 24 anos, com o total de 15 pessoas. A escala *Likert* foi aplicada para os testes, com variação padrão de -2 (discordando) a 2 (concordando totalmente).

A. Avaliação SAM

O teste SAM (Self-assessment manikin) foi aplicado na primeira seção do formulário e envolveu o uso de figuras (emojis), para apresentar possíveis situações vivenciadas pelos usuários. Para isso, foram introduzidas três perguntas que visam instigar na autoavaliação do jogador em relação às emoções obtidas com o protótipo de

jogo. Os resultados para tais classificações procederam-se como apresentado na Fig. 10. Destacando-se positivamente, o quesito sobre quão feliz o participante se sentiu, equivalente a 44,67% de satisfação com a segunda classificação da escala. Já o segundo trata-se sobre sua animação ao jogar com 55,33% de satisfação e 26,67% agradável ao nível extremo, e finalizando com o quanto conseguiu entender os conteúdos com 40,00% no critério neutro. Os testes indicam que, embora a maioria dos jogadores se autodeclarem felizes ou animados ao jogar, eles tiveram sentimentos neutros ou insatisfeitos quanto a entender os conteúdos, o que pode ser um indicativo de que a mecânica precise de revisão para que a apresentação do conteúdo de listas, pilhas e filas sejam mais compreensíveis ao jogador.

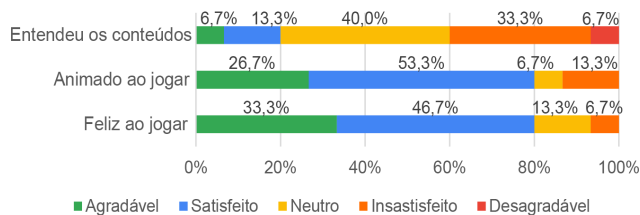


Fig. 10. Gráfico do teste SAM.

B. Avaliação do teste MEEGA+

Os participantes responderam o teste MEEGA+, baseando-se em nove dimensões que envolvem subcategorias, isto para identificar a percepção do jogador em relação ao protótipo; são elas: usabilidade, confiança, desafio, satisfação, interação social, diversão, atenção, relevância e aprendizagem percebida. Buscou-se restringir as formas comunicativas entre o jogador e a desenvolvedora (possibilidade de tirar dúvidas) para que a avaliação do software mantivesse a sua fidelidade, conduzindo, para o questionário, as interpretações e indagações do usuário ao realizar missões no jogo. A relação prática de conteúdos educativos com diversão foram essenciais para impulsionar na concentração do jogador, auxiliando na exploração de caminhos que conduzam a satisfação ao jogar determinada fase, conforme gráfico de resultados na Fig. 11.

Analisando os dados sobre as respostas do questionário, destaque para a dimensão confiança, com 87% de respostas entre concordo e concordo totalmente. As perspectivas de diversão indicam 80% de concordância, envolvendo aspectos de imersão com o contexto proposto. Foi avaliada também, a relevância atribuída pelo participante do conteúdo em disciplinas escolares e preferência da aplicação deste tema sobre algoritmos para o uso do raciocínio lógico, correspondendo respectivamente em 40% aprendizagem e contribuição do jogo em 67% para objetivos de aprendizagem. Novamente os dados indicam que é necessário revisar a apresentação das estruturas de dados na mecânica do jogo, de forma a melhorar a percepção de aprendizagem.

C. Algoritmo de Solução

O jogo “Operação Lovelace” ressalta aspectos do Pensamento Computacional (P.C) aplicado para resolução de problemas, por meio de tomadas de decisão em um cenário de plataforma. A aprendizagem é baseada nos quatro pilares do P.C (Tabela IV), orientado a missões que visam exercitar conceitos de estruturas de dados. Desse modo, é necessário abstrair o caminho a ser percorrido pela personagem na fase e verificar os elementos que têm que de ser capturados ou desviados, utilizando um algoritmo. As estruturas são representadas por animações que poderão corresponder a um conjunto de ações, além de variáveis controladoras que compõem a interface de maneira lúdica e dinâmica. A interpretação de comandos está disposta na Fig. 12 por meio de um pseudocódigo que corresponde a solução das fases iniciais.

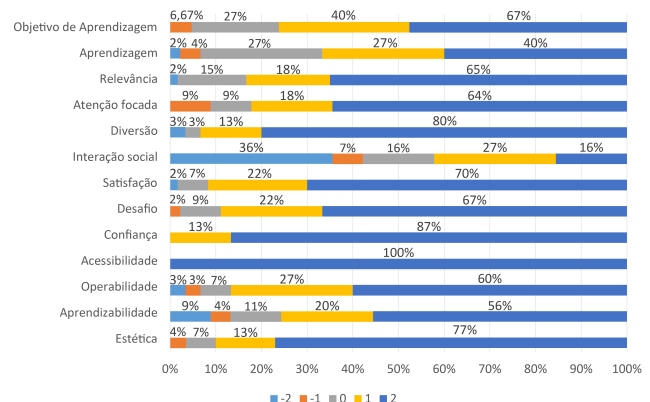


Fig. 11. Gráfico do teste MEEGA+.

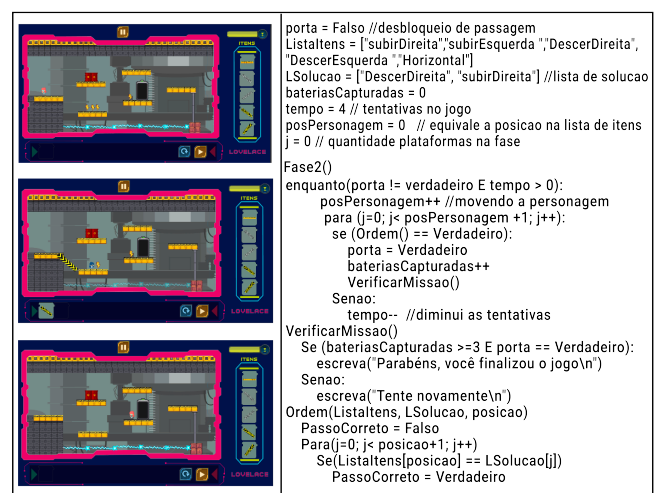


Fig. 12. Resolução da fase 2.

TABLE IV
PENSAMENTO COMPUTACIONAL NO JOGO

Pilar	Aplicação
Decomposição	Para cumprir a missão principal do jogo (ativar o robô), será necessário capturar por fases uma quantidade de baterias específicas, onde cada nível representa uma região do robô; projetar a forma que a personagem avance entre as plataformas também envolve um processo fragmentado.
Reconhecimento de padrão	A representação dos comandos possuem um sentido e direção padronizada. Existem duas classes de objetos: escada (subir) e rampa (descer). Variam de acordo com a posição deste, podendo ser para a direita ou esquerda.
Abstração	Localização da plataforma que contém a porta do laboratório e caminho que contém as baterias; a estratégia de execução do algoritmo para o percurso da player.
Algoritmo	A personagem irá se movimentar de acordo com a sequência de comandos projetada pelo jogador.

VI. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou o jogo de estratégia 2D “Operação Lovelace”, que tem como propósito desenvolver o raciocínio lógico com base nos conteúdos da computação sobre estruturas de dados, mais especificamente as estruturas lista, pilha e fila.

O trabalho envolveu esquemas computacionais para relacionar uma interpretação da narrativa para o contexto sobre algoritmos, tendo o jogador que construir por níveis, utilizando mecanismo *drag-and-drop*. Para tal, foi necessário distribuir elementos da narrativa, como missões de jogo, para adequar-se a um ritmo ideal de aprendizagem.

O processo de criação do jogo, junto à análise semiótica, buscou compreender a comunicação entre usuário e designer para aproximar-se à clareza da informação a ser transmitida pelos itens que compõem a interface, totalizando quatro fases desenvolvidas, incluindo a fase tutorial. Vale ressaltar que o modelo proposto no Currículo de Computação permitiu contribuir nos estudos sobre os níveis de abstração do mundo real para a conexão com outros contextos interdisciplinares, contendo os elementos visuais do jogo e suas representações multimídias. Devido à inspeção de signos, observou-se elementos que deveriam ser retirados, pois não possuíam funções relevantes, por exemplo, a logo no canto inferior direito denotado por “Lovelace”. A justificativa se dá devido as possibilidades de desfocar atenção do usuário ou confundi-lo ao jogar.

Quanto a ameaça à validade, é importante ressaltar que embora a idade dos jogadores que testaram o jogo tenha sido diferente da projetada para o público-alvo, foi enfatizado o trabalho de avaliação nos quesitos que abrangem a usabilidade do software e interpretação de desafios propostos. Nota-se como uma possibilidade de qualificar e adequar ao seu produto final visto que a versão aplicada foi o protótipo de alta fidelidade.

Para trabalhos futuros, pretende-se desenvolver mais fases para a alternância de desafios entre estudantes e também aplicar o jogo diretamente com o público-alvo. Para melhor absorver a compreensão do usuário sobre o que é disposto no jogo, pretende-se usar técnicas de captura de dados e aprendizagem de máquina, com a finalidade de identificar padrões de comportamento e a forma como as pessoas resolvem os problemas, bem como cruzar os dados de avaliação dos testes heurísticos com os dados oriundos dos usuários do jogo.

VII. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Institucional de Extensão da Universidade do Estado do Amazonas - (PROGEX /UEA).

REFERENCES

- [1] J. M. Wing, “Computational thinking,” *Communications of the ACM*, vol. 49, no. 3, pp. 33–35, 2006.
- [2] F. Pires, K. Teixeira, M. Pessoa, and P. Lima, “Desenvolvendo o pensamento computacional através da máquina de turing: o enigma do cupira,” in *Anais do XXVII Workshop sobre Educação em Computação*. SBC, 2019, pp. 523–532.
- [3] L. Alencar, M. Pessoa, and F. Pires, “Looking for pets: um jogo de estratégia para o desenvolvimento do pensamento computacional,” in *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, vol. 8, 2019, p. 1251.
- [4] L. Alencar, F. Pires, and M. Pessoa, “Criação de um jogo para desenvolver o pensamento computacional percorrendo caminhos eulerianos,” in *Anais do XXVIII Workshop sobre Educação em Computação*. SBC, 2020, pp. 111–115.
- [5] F. Michel, F. Pires, and M. Pessoa, “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*, vol. 8, no. 1, 2019, p. 514.
- [6] P. Curzon, T. Bell, J. Waite, and M. Dorling, *Computational Thinking*, ser. Cambridge Handbooks in Psychology. Cambridge University Press, 2019, p. 513–546.
- [7] V. J. Shute and F. Ke, “Games, learning, and assessment,” in *Assessment in game-based learning*. Springer, 2012, pp. 43–58.
- [8] S. Boller and K. Kapp, *Jogar para Aprender: tudo o que você precisa saber sobre o design de jogos de aprendizagem eficazes*. DVS Editora, 2018.
- [9] M. Pessoa, L. F. Alencar, L. Araújo, R. Melo, and F. Pires, “Looking for pets: a game for the logical reasoning development,” in *2019 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. IEEE, 2019, pp. 1–4.
- [10] E. R. Kandel, *In search of memory: The emergence of a new science of mind*. WW Norton & Company, 2007.
- [11] J. Piaget, *The psychology of intelligence*. Routledge, 2003.
- [12] A. L. A. Raabe, C. P. Brackmann, and F. R. Campos, “Currículo de referência em tecnologia e computação: da educação infantil ao ensino fundamental,” *Centro de Inovação para a Educação Básica-CIEB*, 2018.
- [13] J.-H. L. HUIZINGA, “trad. joão paulo monteiro,” *Homo Ludens: o jogo como elemento da cultura*. São Paulo: Perspectiva, 2014.
- [14] R. Koster, *Theory of fun for game design*. O’Reilly Media, Inc., 2013.
- [15] J. L. Plass, B. D. Homer, and C. K. Kinzer, “Foundations of game-based learning,” *Educational Psychologist*, vol. 50, no. 4, pp. 258–283, 2015.
- [16] E. Klopfer, J. Haas, S. Osterweil, and L. Rosenheck, *Resonant games: Design principles for learning games that connect hearts, minds, and the everyday*. MIT Press, 2018.
- [17] M. Guzdial and B. du Boulay, “The history of computing education research,” *The Cambridge handbook of computing education research*, pp. 11–39, 2019.
- [18] C. S. Peirce et al., *La ciencia de la semiótica*. Nueva Visión Buenos Aires, 1974, vol. 2.
- [19] J. Bruner, “Meaning and self in cultural perspective,” *The social self*, pp. 18–29, 1995.
- [20] T. Fullerton, *Game design workshop: a playcentric approach to creating innovative games*. CRC press, 2014.
- [21] J. Macena, G. Melo, R. Lais, F. Pires, and M. Pessoa, “Gramágica: um jogo educativo para praticar classificaç ao silábica através do pensamento computacional,” 2019.
- [22] C. S. De Souza, C. F. Leitão, R. O. Prates, and E. J. da Silva, “The semiotic inspection method,” in *Proceedings of VII Brazilian symposium on Human factors in computing systems*, 2006, pp. 148–157.
- [23] B. Christian and T. Griffiths, *Algoritmos para viver: A ciência exata das decisões humanas*. Editora Companhia das Letras, 2017.
- [24] T. Cormen, C. Leiserson, and R. Stein, *Algoritmos: teoria e prática*. Elsevier Editora, 2012. [Online]. Available: <https://books.google.com.br/books?id=6iA4LgEACAAJ>
- [25] F. G. de Sousa Pires, M. S. P. Pessoa, R. M. Ferreira, J. R. S. Bernardo, and F. M. M. de Lima, “O livro do conhecimento: um serious game educacional para aprendizagem de ortografia da língua portuguesa,” *Revista Brasileira de Informática na Educação*, vol. 28, p. 436, 2020.
- [26] T.-M. Bynion and M. T. Feldner, “Self-assessment manikin,” *Encyclopedia of personality and individual differences*, pp. 1–3, 2017.
- [27] G. Petri, C. G. von Wangenheim, and A. F. Borgatto, “Meega+: an evolution of a model for the evaluation of educational games,” *INCoD/GQS*, vol. 3, 2016.