

## **Jogo de RPG para o Desenvolvimento de Habilidades do Pensamento Computacional no Ensino Fundamental: Jogo Digital e Formação de Professores**

***Title: RPG Game for Developing Computational Thinking Skills in Elementary School: Digital Game and Teacher Education***

*Bruno Cabreira Gonçalves*  
Universidade Federal de Pelotas  
[bcgoncalves@inf.ufpel.edu.br](mailto:bcgoncalves@inf.ufpel.edu.br)

*João Eduardo Seffrin Soares*  
Universidade Federal de Pelotas  
[jessoares@inf.ufpel.edu.br](mailto:jessoares@inf.ufpel.edu.br)

*Placida Oliveira*  
Universidade Federal de Pelotas  
[pgsdoliveira@inf.ufpel.edu.br](mailto:pgsdoliveira@inf.ufpel.edu.br)

*Jonhny Marques*  
Universidade Federal de Pelotas  
[jmmarques@inf.ufpel.edu.br](mailto:jmmarques@inf.ufpel.edu.br)

*Simone André da Costa Cavalheiro*  
Universidade Federal de Pelotas  
[simone.costa@inf.ufpel.edu.br](mailto:simone.costa@inf.ufpel.edu.br)

*Luciana Foss*  
Universidade Federal de Pelotas  
[lfoss@inf.ufpel.edu.br](mailto:lfoss@inf.ufpel.edu.br)

*André Du Bois*  
Universidade Federal de Pelotas  
[dubois@inf.ufpel.edu.br](mailto:dubois@inf.ufpel.edu.br)

*Renata Reiser*  
Universidade Federal de Pelotas  
[reiser@inf.ufpel.edu.br](mailto:reiser@inf.ufpel.edu.br)

*Clause Piana*  
Universidade Federal de Pelotas  
[clause.piana@inf.ufpel.edu.br](mailto:clause.piana@inf.ufpel.edu.br)

*Ana Rita Mazzini*  
Universidade Federal de Pelotas  
[amazini@inf.ufpel.edu.br](mailto:amazini@inf.ufpel.edu.br)

### **Resumo**

*O Pensamento Computacional (PC) tem sido considerado como uma alternativa para o desenvolvimento de habilidades consideradas fundamentais para os profissionais do século XXI. No Brasil, a importância do PC pode ser observada pela sua inserção nas normas da Base Nacional Comum Curricular. Entre as abordagens que visam qualificar o processo de ensino e aprendizagem por meio do desenvolvimento de competências do PC, destaca-se a utilização de jogos educacionais. Em particular, uma metodologia para aplicação de uma atividade denominada Elementais RPG foi previamente proposta, com o objetivo de integrar o ensino de matemática com os seguintes conceitos e técnicas do PC: abstração de dados e processos, e reconhecimento de padrões/generalização. Um estudo de caso presencial foi desenvolvido e os resultados obtidos deram indícios de que a realização da atividade foi atrativa e eficaz para o aprendizado dos alunos. No entanto, devido à pandemia do COVID-19, surgiu também a necessidade de novas alternativas para trabalhar a atividade de forma remota. Assim, este trabalho complementa a atividade proposta com um tutorial remoto para professores e um jogo digital para alunos, ambos aplicados e avaliados com o objetivo de identificar a viabilidade e adequação das propostas para o público-alvo.*

**Palavras-chave:** *Pensamento Computacional; Abstração de Dados; Abstração de Processos; Reconhecimento de Padrões; Generalização; Ensino Fundamental; Jogo de RPG; Ensino Remoto.*

### **Abstract**

*Computational Thinking (CT) has been considered as an alternative for the development of skills considered fundamental for professionals in the 21st century. In Brazil, the importance of the CT can be observed by its insertion in the norms of the Common National Curriculum Base. Among the approaches which aim to qualify the teaching*

*Cite as: Gonçalves, B. C., Soares, J. E. S., Oliveira, P., Marques, J., Cavalheiro, S. A. da C., Foss, L., Du Bois, A., Reiser, R., Piana, C., Mazzini, A. R. Jogo de RPG para o Desenvolvimento de Habilidades do Pensamento Computacional no Ensino Fundamental: Jogo Digital e Formação de Professores. Revista Brasileira de Informática na Educação, 30, 262-291. DOI: 10.5753/rbie.2022.2400.*

and learning process through the development of CT skills, the use of educational games stands out. In particular, a methodology for the application of an activity called *Elementals RPG* was previously proposed, with the goal of integrating the teaching of mathematics with the following CT concepts and techniques: abstraction of data and processes, and pattern recognition/generalization. A face-to-face case study was developed, and the results obtained gave evidence that the activity was attractive and effective for student learning. However, due to the COVID-19 pandemic, there was also a need for new alternatives to work remotely. Thus, this work complements the proposed activity with a remote tutorial for teachers and a digital game for students, both applied and evaluated in order to identify the feasibility and suitability of the proposals for the target audience.

**Keywords:** Computational Thinking; Data Abstraction; Process Abstraction; Pattern Recognition; Elementary School; Roleplaying Game; Remote Learning.

## 1 Introdução

Diante da necessidade de capacitar, desde a infância, pessoas que possam ser inseridas no mercado de trabalho com as habilidades necessárias para atuar na era digital, o Pensamento Computacional (PC) surge como uma alternativa. Wing (2006) descreve-o como uma metodologia fundamentada na Ciência da Computação (CC) para a resolução de problemas, tanto computacionais quanto das mais diversas áreas do conhecimento. Essa metodologia abrange uma série de técnicas usualmente empregadas por profissionais da área da Computação, tais como, decomposição, generalização e abstração. Com a inclusão do PC na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), há cada vez mais a necessidade de que sejam desenvolvidas atividades para que estas técnicas sejam trabalhadas durante a Educação Básica. Martins da Silva e Meneghetti (2019) observam que, por diversas vezes, o PC é relacionado com competências específicas das áreas de Matemática (Xavier et al., 2021), Ciências da Natureza (Dabholkar et al., 2021), Ciências Humanas (Slomp et al., 2021) e Linguagens da BNCC, o que corrobora com a importância desse tema.

Neste sentido, os esforços para a difusão do PC nas escolas têm fugido dos moldes tradicionais da educação para que ocorra de forma mais dinâmica e que prenda mais a atenção dos alunos. Entre elas, destaca-se a utilização de jogos educacionais (Junior, Cavalheiro, & Foss, 2021; Sun, Guo, & Hu, 2021; da Silva Junior, Cavalheiro, & Foss, 2018), que são uma interessante ferramenta de apoio ao aprendizado, pois promovem a inserção do lúdico às disciplinas, tornando-as mais atrativas e desafiadoras aos estudantes (Pires et al., 2018; da Silva Junior et al., 2018). Araujo e outros (2016), por exemplo, observam que a abordagem de jogos tem boa aceitação por parte do corpo docente, sendo que a grande maioria confirma a viabilidade para a aplicação em sala de aula após as oficinas de formação. Além disso, Oliveira e outros (2017) afirmam que os alunos em geral demonstram um bom desenvolvimento das habilidades do PC mesmo com jogos desplugados, o que contorna as dificuldades de infraestrutura nas escolas, apontadas por Silva e outros (2017). Em particular, alguns trabalhos (Karakasis & Xinogalos, 2020; Di Fuccio, Ferrara, & Di Ferdinando, 2019; Cao, Ding, & Zhu, 2019; Clarke et al., 2016) integram o desenvolvimento e o uso de jogos do gênero RPG (*role-playing games*) ao desenvolvimento de habilidades do PC.

Diferenciando-se de outras abordagens propostas, o trabalho de Oliveira e outros (2021) apresenta uma metodologia para aplicação de uma atividade denominada *Elementais RPG*, a qual inclui um jogo de tabuleiro do gênero RPG (Bartz, 2018), com o objetivo de integrar o ensino das áreas de Matemática (Números e Operações) e de Português (Leitura/escrita) para as séries inici-

ais (MEC, 2018) com conceitos e técnicas relacionados ao PC (Csizmadia et al., 2015; Ribeiro, Foss, & da Costa Cavalheiro, 2017), em particular, a abstração e o reconhecimento de padrões/generalização. A abstração é um mecanismo que permite simplificar a realidade e representar os aspectos mais relevantes de um problema e sua solução, compreendendo abstrações de dados e de processos. A abstração de dados permite descrever as informações envolvidas na solução de um problema (dados de entrada e de saída). Já a abstração de processos possibilita definir os algoritmos que descrevem essa solução (pensamento algorítmico). O reconhecimento de padrões permite identificar padrões, similaridades e conexões entre problemas e soluções, explorando estas características e permitindo a generalização. Além da proposta de aplicação, é relatado o resultado de um estudo de caso feito com alunos do quarto ano do ensino fundamental. A metodologia adotada foi a desplugada (Bell, Witten, & Fellows, 1998) de forma a maximizar a replicação da atividade na rede pública do município de Pelotas, no qual muitas escolas não possuem infraestrutura e recursos tecnológicos disponíveis para uma abordagem digital.

No entanto, durante a pandemia do COVID-19, observou-se a necessidade da criação e disponibilização de recursos que não dependessem somente do fator presencial para que a atividade Elementais RPG pudesse ser efetuada de forma remota, fomentando a formação de professores e viabilizando a sua realização pelos alunos. Para tanto, este artigo, estende o trabalho apresentado em Oliveira e outros (2021), propondo: (i) um tutorial remoto para a formação de professores, permitindo que eles repliquem a atividade; (ii) uma versão digital do jogo, para que o mesmo possa ser seguido de forma remota pelos alunos; além da execução de (iii) estudos de caso para identificar a viabilidade e adequação das propostas para os públicos-alvo. Diversos trabalhos no Brasil (Martins, 2021; Grave, 2021; W. Oliveira, Cambraia, & Hinterholz, 2021; Farias et al., 2020) já incorporam abordagens remotas em suas propostas para tratar o PC. No entanto, estes trabalhos abordam ou a formação com professores ou a aplicação com os estudantes. A extensão aqui proposta procura fornecer uma alternativa integrada, para que tanto professores possam receber a formação remota na atividade, quanto os estudantes possam realizá-la da mesma forma.

O restante do artigo está organizado como segue. Uma descrição metodológica das etapas envolvidas neste trabalho é apresentada na Seção 2. A Seção 3 descreve a proposta metodológica da atividade desplugada Elementais RPG. As Seções 4 e 5 apresentam, respectivamente, a elaboração do tutorial para professores e o jogo digital desenvolvido. Na Seção 6 os três estudos de caso são apresentados: da atividade desplugada, do tutorial e do jogo digital. Por fim, as Seções 7, 8 e 9 apresentam uma discussão dos resultados obtidos, os trabalhos relacionados e as considerações finais, respectivamente.

## 2 Metodologia

Esta seção descreve as etapas envolvidas neste trabalho. Na Subseção 2.1 o problema é caracterizado, e os objetivos e as questões de pesquisa são apresentados. Os procedimentos envolvidos na elaboração e execução desta pesquisa são sumarizados na Subseção 2.2. Já a Subseção 2.3 descreve a etapa de análise e indica onde os resultados obtidos são discutidos.

## 2.1 Definição do problema

Este trabalho está no escopo de um projeto (ExpPC, 2022) que visa sensibilizar a rede de ensino para a relevância da introdução dos fundamentos da Ciência da Computação desde a Educação Fundamental. Dentre estes fundamentos tem-se o PC, para o qual diferentes atividades têm sido propostas, objetivando o desenvolvimento de habilidades associadas a ele. Neste contexto, Bartz (2018) propõe uma atividade desplugada baseada em um jogo RPG para promover o PC no âmbito do quarto e quinto anos do Ensino Fundamental. No entanto, observou-se que a mesma envolvia conceitos e dinâmicas considerados complexos para esse público, não sendo diretamente aplicável em sala de aula. Com isso, viu-se a necessidade de propor uma abordagem incremental e didática para a apresentação da atividade que permitisse exercitar/reforçar as habilidades do PC associadas. A partir da concepção desta proposta, foram elencadas as seguintes questões de pesquisa: **(QP1)** De que forma as habilidades do PC podem ser promovidas com a abordagem proposta? **(QP2)** Cada etapa da abordagem atinge o seu objetivo (é efetiva)? **(QP3)** A abordagem como um todo leva a uma melhor compreensão dos conceitos/dinâmicas envolvidos no jogo?

Além disso, devido a pandemia do COVID-19, viu-se a necessidade de disponibilizar recursos remotos, tanto para treinamento de professores como para realização da atividade por estudantes. Com isso, decidiu-se também criar um conjunto de vídeos tutoriais para os professores, bem como um jogo digital para os alunos que refletissem a abordagem proposta. Então, as seguintes questões de pesquisa foram elaboradas: **(QP4)** O jogo digital como um todo é atrativo e de fácil compreensão? **(QP5)** Cada etapa da abordagem considerada no jogo digital permite a compreensão dos conceitos envolvidos? **(QP6)** Cada etapa da abordagem considerada no jogo digital proporciona diversão? **(QP7)** O tutorial apresenta de forma clara a atividade e permite sua replicação? **(QP8)** O tutorial permite a compreensão dos conceitos específicos de cada etapa da atividade? **(QP9)** O tutorial apresenta de forma clara quais as habilidades do PC trabalhadas em cada etapa?

As respostas às questões QP1-QP3 permitem esclarecer a relação entre a atividade e os conceitos do PC, assim como identificar se a abordagem proposta é adequada para o público-alvo. Já as respostas às questões QP4-QP9 avaliam se a adaptação da atividade para a modalidade remota é viável. A proposta como um todo pretende oferecer uma alternativa baseada em jogos que permitirá trabalhar implícita ou explicitamente diferentes conceitos do PC. Cabe destacar, que atividades baseadas em jogos são bem aceitas pela comunidade escolar (Araujo, Silva, & Aranha, 2016; Pires et al., 2018; da Silva Junior et al., 2018).

## 2.2 Elaboração e Execução

A abordagem proposta foi elaborada e executada de acordo com a estrutura descrita a seguir.

- (i) Revisão das tarefas propostas em Bartz (2018) e adaptação da metodologia para o desenvolvimento da atividade em sala de aula, considerando o público-alvo. Baseando-se na proposta original, a atividade Elementais RPG foi adaptada em 5 tarefas, descritas na Seção 3. Os planos de ensino, de aulas e as avaliações, assim como todos os materiais utilizados nas tarefas estão detalhados e disponibilizados no site do projeto<sup>1</sup>.

<sup>1</sup><https://wp.ufpel.edu.br/pensamentocomputacional/planos/>

- (ii) Identificação dos conceitos do PC implicitamente trabalhados em cada uma das tarefas. De forma não exaustiva, foram relacionados os conceitos do PC que são trabalhados de forma implícita em cada uma das tarefas. Essas relações são apresentadas como **objetivos de aprendizagem relacionados ao PC** na Seção 3. Os conceitos identificados nesta etapa foram: abstração de dados, abstração de processos, generalização, reconhecimento de padrões e pensamento algorítmico (Ribeiro et al., 2017; Csizmadia et al., 2015).
- (iii) Realização de um estudo de caso para avaliar a metodologia proposta. O projeto no qual este trabalho está inserido, conta com o apoio da Secretaria Municipal de Educação e Desporto de Pelotas, a qual, por intermédio de sua equipe, auxiliou na definição da escola de ensino fundamental para a realização do estudo de caso. Já a turma selecionada foi indicada pela direção e coordenação pedagógica da escola, de acordo com a faixa etária sugerida e a atividade a ser realizada. O relato da aplicação está apresentado na Subseção 6.1.
- (iv) Concepção de um tutorial de formação para professores. Baseado no detalhamento da metodologia de cada uma das tarefas, um tutorial para capacitação dos professores para aplicar a atividade foi elaborado conforme descrito na Seção 4.
- (v) Elaboração e desenvolvimento de um jogo digital. O jogo digital foi dividido em 5 atividades que seguem a mesma metodologia incremental previamente concebida. Detalhes desta etapa são apresentados na Seção 5.
- (vi) Estudo de caso para avaliação da efetividade do tutorial. Uma vez que as escolas do município não estavam mantendo encontros síncronos (nem presenciais e nem remotos), foram convidados a participar do estudo de caso professores que já haviam tido algum contato prévio com a equipe do projeto. Os professores que se disponibilizaram participaram da pesquisa, cujo relato é apresentado na Subseção 6.2.
- (vii) Estudo de caso para indicação da adequação do jogo digital para o público-alvo. Como não foi possível o contato com estudantes das escolas do município (devido à pandemia do COVID-19), foram convidadas crianças na faixa etária aproximada do público-alvo para realizarem a atividade fazendo uso do jogo digital. Os membros da equipe do projeto que tinham contato com crianças nesta faixa etária fizeram o convite, e aquelas que concordaram realizaram a atividade. Um total de quatro crianças se disponibilizaram e o relato do estudo de caso está apresentado na Subseção 6.3.
- (viii) Proposição de ações para explicitamente trabalhar conceitos do PC. Essa etapa surgiu como consequência da dificuldade reportada pelos professores envolvidos nos estudos de caso em compreender os conceitos do PC e sua relação com cada tarefa. Essas ações são propostas como **ações para explicitar conceitos do PC** na Seção 3.

### 2.3 Análise e Discussão dos Resultados

Nesta etapa os dados obtidos nos estudos de caso foram tabulados e analisados de modo a responder as questões de pesquisa. A apresentação destes dados é feita na Seção 6. Já a análise e discussão dos resultados são relatadas na Seção 7.

### 3 Atividade Elementais RPG

Nesta seção, além do objetivo, metodologia e avaliação propostos para cada tarefa, são apresentados os objetivos de aprendizagem relacionados ao PC tratados na atividade, assim como propostas de ações para trabalhá-los explicitamente. Os conceitos do PC considerados neste trabalho estão seguindo as definições propostas em Ribeiro e outros (2017) e Csizmadia e outros (2015). Esta atividade é proposta para ser aplicada em sala de aula para estudantes do quarto ou quinto ano do Ensino Fundamental, tendo como pré-requisito conhecimento de cálculos básicos com operações aritméticas de adição, subtração, multiplicação e divisão. Além disso, a execução de tal atividade pode contribuir com o desenvolvimento das seguintes habilidades da BNCC propostas para o quarto ano: resolver e elaborar problemas com números naturais envolvendo adição e subtração, utilizando estratégias diversas, como cálculo, cálculo mental e algoritmos, além de fazer estimativas do resultado (EF04MA03); e reconhecer a função de gráficos, diagramas e tabelas em textos, como forma de apresentação de dados e informações (EF04LP20).

#### 3.1 Tarefa I: Introdução dos Personagens e seus Elementos

**Objetivo:** introduzir os personagens do jogo Elementais RPG, relacionando-os com os elementos água, planta e fogo, bem como apontando suas forças e fraquezas.

**Metodologia:** são apresentados três cartões com os personagens do jogo (veja linha central da Figura 1): o Tocha (do elemento fogo); o Marinho (do elemento água); e a Carnívora (do elemento planta). Em seguida, é exibido um desenho com três imagens (uma gota de água, uma árvore e uma fogueira): a primeira imagem refere-se à água, a segunda à planta e a terceira ao fogo. Depois, faz-se o seguinte questionamento: “O que deve ser feito para apagar o fogo?” (levar à conclusão de que a água apaga o fogo); “E se colocarmos gravetos e folhas secas no fogo, o que aconteceria?” (levar à conclusão de que o fogo aumentará); “Como fazemos para a planta crescer?” (levar à conclusão de que se deve regar a planta, isto é, consumir água); e “O que aconteceria se a planta queimasse?” (levar à conclusão de que ela seria destruída). Deve ser feita a relação dos personagens (Marinho, Carnívora e o Tocha) com os três elementos (água, planta e fogo) e, a seguir, faz-se a seguinte pergunta aos alunos: “Vocês acham que se o Marinho atacasse o Tocha, ele venceria?” Deve-se levar os alunos à conclusão de que sim, o Marinho venceria, pois ele é do elemento água e este elemento ganha do elemento fogo, ao qual o Tocha pertence. Outros exemplos de confrontos devem ser dados para que os alunos entendam a proposta. Depois do encerramento dos exemplos e das possíveis dúvidas sanadas, o professor deve dividir os alunos em duplas e entregar a cada um 6 cartinhas com os personagens do jogo (2 cartas de cada personagem) e, então, explicar o funcionamento do jogo. O jogo consiste em uma série de 6 confrontos, onde, em cada confronto, os alunos escolhem suas cartas e jogam na mesa ao mesmo tempo. Com a ajuda do professor, eles analisam quem foi o vencedor do confronto e anotam o resultado. Ao final da batalha (série de confrontos), o vencedor será o aluno que obtiver o maior número de vitórias.

**Avaliação:** são realizados questionamentos como: qual o tipo de cada personagem e qual o resultado de um confronto. Além disso, devem ser feitas simulações de diversos confrontos, onde os alunos escolhem o personagem mais adequado para vencer cada um deles. Em seguida, simula-se uma batalha, indicando ao fim de cada confronto o vencedor (se houver, caso não ocorra empate) e, ao final, o vencedor da batalha, dado pelo jogador com o maior número de confrontos ganhos.

**Objetivos de aprendizagem do PC:** explorar a abstração de dados (com variáveis para representar os personagens), a abstração de processos (na execução de algoritmos com instruções sequenciais e testes condicionais), o reconhecimento de padrões (na identificação dos elementos dos personagens) e a generalização (do procedimento para definir o vencedor com base nos elementos dos personagens). A *abstração* é trabalhada ao se identificar que o aspecto mais importante de cada personagem é o seu elemento e que as demais características não têm efeito nos confrontos. A *abstração de processos* é abordada com o uso de algoritmos que incluem instruções sequenciais e testes condicionais (estruturas de controle). O algoritmo define a sequência de ações que deve ser seguida para realizar cada confronto, determinando o vencedor. Aqui são considerados apenas testes simples, ao comparar os poderes dos personagens para decidir o vencedor do confronto. Ainda, os dados de entrada e saída dos processos são abordados em cada interação, ao se informar os dois personagens que se confrontarão (entradas) e ao se determinar o resultado desta interação (saída). Por exemplo, considerando como entradas o Tocha e a Carnívora, tem-se como resultado que “O Tocha é o vencedor”. Além disso, as cartas (personagens) representam possíveis valores que devem ser considerados na execução dos confrontos. Esses são os valores que as variáveis do algoritmo podem assumir durante sua execução, configurando assim uma *abstração para dados*. O *reconhecimento de padrões* ocorre ao identificar cada personagem com o seu respectivo elemento e a *generalização* está no procedimento de se definir o vencedor (a água apaga o fogo, o fogo queima a planta e a planta consome a água).



Figura 1: Cartas com personagens e elementos para simular os confrontos. Fonte: adaptações de (Bartz, 2018)

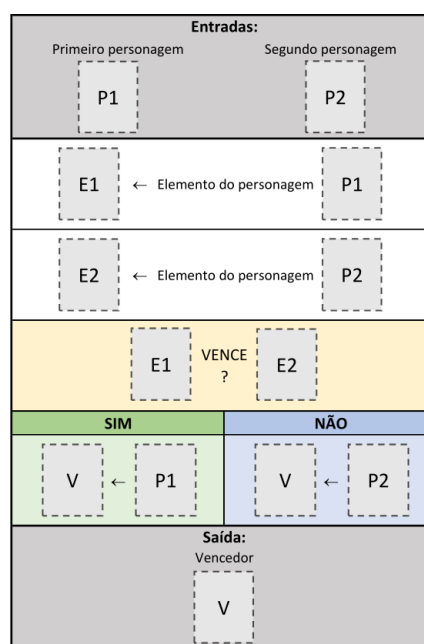


Figura 2: Algoritmo para determinar o vencedor de um confronto.

**Ações para explicitar conceitos do PC:** antes do início do jogo final, o professor pode realizar as atividades descritas a seguir. [**Abstração de Dados:**] o professor mostra as cartas dos três personagens e solicita aos alunos que identifiquem características de cada um deles. As características citadas devem ser registradas e mostradas de forma que elas estejam associadas aos respectivos personagens (por exemplo, em uma tabela). O questionamento deve ser conduzido de modo que o elemento de cada personagem seja incluído na listagem (por exemplo, Tocha é vermelho, um

dragão, voa, tem olhos vermelhos, é do elemento fogo, etc.). Então, o professor seleciona dois personagens, mencionando uma característica de cada um (que não seja o seu elemento, por exemplo, o Marinho é azul e o Tocha é vermelho) e pergunta se o personagem ganharia o confronto com base na característica mencionada (no caso, se o Marinho ganharia do Tocha por ser azul). Então a discussão é conduzida de modo que os alunos concluam que a única característica que define o resultado de um confronto é o elemento de um personagem, ou seja, as demais podem ser ignoradas. **[Abstração de Processos:]** o professor fornece um diagrama, conforme ilustrado na Figura 2, que descreve o algoritmo a ser seguido para determinar o vencedor de um confronto entre dois personagens de elementos diferentes. Os alunos devem instanciar o algoritmo dado com cartas que representam os valores de entrada e saída, as quais contêm imagens dos personagens e seus elementos (Figura 1). Os retângulos tracejados abstraem os parâmetros/variáveis do algoritmo, e a atribuição de valores a eles é dada pelo posicionamento das cartas sobre estes espaços. Conforme o algoritmo é executado, os alunos devem ir deslocando as cartas e preenchendo os espaços de acordo com os valores prévios das variáveis e as ações realizadas em cada passo, observando que se um valor já foi atribuído a uma variável, ele permanece até que seja alterado. Ao final, o espaço correspondente ao Vencedor (valor de saída) deve estar preenchido. Este algoritmo não considera situações de empate. Caso fosse considerado, seria necessário incluir o uso de condicionais encaixados e a inclusão de um valor que represente a ausência de resposta (*void*). **[Reconhecimento de Padrões/ Generalização:]** o professor apresenta novos personagens (ilustrados na Figura 1) de elementos já conhecidos, sem explicitar o elemento do personagem. Confrontos são propostos e os estudantes devem identificar o vencedor. Neste caso, o padrão é trabalhado pela identificação do elemento e a generalização no procedimento de determinar o resultado do confronto.

### 3.2 Tarefa II: Ganha vs. Não Perde e Perde vs. Não Ganha

**Objetivo:** trabalhar a noção de não equivalência entre as relações ganha e não perde (perde e não ganha), além de fixar as características dos personagens já apresentados.

**Metodologia:** o professor começa exibindo cartões com os personagens do jogo e questiona os alunos sobre o nome de cada um. Diante disso, à medida que vão respondendo, os personagens vão sendo colados no quadro e o nome de cada um deve ser escrito abaixo do cartão. A seguir, o professor deve explicar que: em um confronto, se o elemento de um personagem é mais forte do que o do seu adversário, este personagem ganha a disputa; caso o seu elemento seja mais fraco, ele perde; caso os dois personagens tenham o mesmo elemento, nenhum deles ganha nem perde, isto é, eles empatam. Assim, devem ser realizadas simulações de confrontos entre dois personagens, conforme a Figura 3. Inicialmente, o professor pergunta para a turma se o personagem do lado esquerdo ganha ou não ganha do personagem do lado direito. Depois, com os mesmos personagens, o professor questiona se o personagem do lado esquerdo perde/não perde para o da direita. Vários exemplos como esses são apresentados para que os alunos entendam como os conceitos (ganha/perde, não ganha/não perde) se relacionam.

**Avaliação:** são realizadas novas simulações onde os alunos devem indicar se um personagem ganha/perde ou não ganha/não perde um confronto. Além disso, é verificada a compreensão da situação de empate entre os personagens, para verificar se houve o entendimento de que um personagem não ganha/não perde dele mesmo.

**Objetivos de aprendizagem do PC:** estender o objetivo da tarefa anterior, explorando o reconhe-





Figura 3: Disposição dos cartões para evidenciar as relações ganha/não perde e perde/não ganha.

cimento de padrões na identificação de empates. Além da forma como os conceitos são abordados na Tarefa I, tem-se ainda o *reconhecimento de padrões* na identificação de que num empate um personagem não ganha e nem perde de outro. Além disso, quando um personagem ganha de outro, significa que ele não perde para o outro. Por outro lado, quando um personagem não ganha do outro, ele pode perder ou empatar.

**Ações para explicitar conceitos do PC:**

[**Reconhecimento de Padrões:**] o professor apresenta quatro algoritmos, que seguem o mesmo esquema descrito na Figura 4. Eles se diferenciam pelas relações usadas no teste condicional: ganha, não ganha, perde e não perde. Solicita-se que os estudantes simulem os quatro algoritmos considerando duas duplas de personagens dados (uma dupla com elementos distintos e outra dupla do mesmo elemento) e na sequência preencham os resultados obtidos em uma planilha (conforme o exemplo esboçado na Figura 5). A partir do padrão de preenchimento das planilhas, espera-se que o aluno consiga completar as lacunas no seguinte quadro, o qual descreverá o padrão de respostas dos algoritmos para a identificação de haver vencedor ou empate.

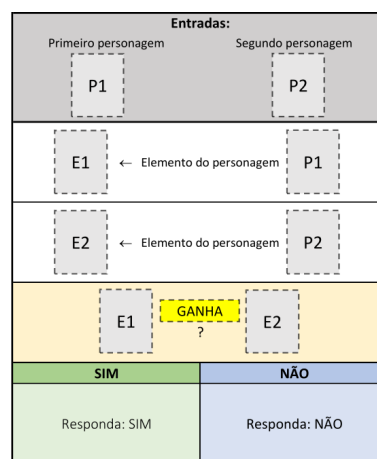


Figura 4: Esquema de algoritmo para confrontos com diferentes testes.

Se o primeiro personagem é o vencedor, então ele \_\_\_\_\_ (ganha/não ganha) e \_\_\_\_\_ (perde/não perde) para o segundo. Se o segundo personagem é o vencedor, então o primeiro \_\_\_\_\_ (ganha/não ganha) e \_\_\_\_\_ (perde/não perde) para o segundo. Se há um empate, então o primeiro personagem \_\_\_\_\_ (ganha/não ganha) e \_\_\_\_\_ (perde/não perde) para o segundo.

P1:	Carnívora			
P2:	Tocha			
	Ganha	Perde	Não ganha	Não perde
Sim		X	X	
Não	X			X

P1:	Carnívora			
P2:	Figueira			
	Ganha	Perde	Não ganha	Não perde
Sim			X	X
Não	X	X		

P1:	Marinho			
P2:	Tocha			
	Ganha	Perde	Não ganha	Não perde
Sim	X			X
Não		X	X	

Figura 5: Planilhas para análise dos resultados das relações ganha, perde, não ganha e não perde.

**3.3 Tarefa III: Dano e Vida**

**Objetivo:** adicionar duas novas informações aos confrontos do jogo Elementais RPG: **dano** e **vida** dos personagens.

**Metodologia:** inicia-se com o professor anunciando que o jogo terá novos personagens, pertencen-

centes aos mesmos elementos já vistos, mas agora incluindo as informações de dano e vida nas descrições das cartas (Figura 6). Explica-se que nos confrontos devem ser consideradas duas novas informações que variam conforme o personagem escolhido: o valor do dano causado em um ataque, situado na parte inferior da carta, e o valor da vida do personagem, localizado na parte superior da carta. Em um confronto, o valor de dano de um personagem é subtraído da vida do seu adversário, e vice-versa. Para exercitar esses conceitos, o professor deve fixar cartões de dois personagens no quadro e realizar vários exemplos de confrontos. Depois, a turma deve ser dividida em duas equipes, onde cada uma recebe 6 cartões com personagens. As equipes disputarão uma série de 6 batalhas, onde cada batalha termina quando um dos personagens ficar sem vida. Em uma batalha, um componente de cada equipe se posiciona à frente com um personagem previamente escolhido e juntos fixam suas cartas no quadro. Uma batalha é realizada entre esses personagens e o vencedor ganha um ponto. As cartas selecionadas em uma batalha não voltam para o jogo. No final, a equipe vencedora será aquela que tiver mais pontos.

**Avaliação:** deve ser baseada na realização de várias batalhas, onde os alunos devem identificar: o número de vidas dos dois personagens após cada confronto; qual deles obteve o melhor desempenho e o porquê; quantos confrontos foram necessários para acabar uma batalha; e quem foi o vencedor da batalha.

**Objetivos de aprendizagem do PC:** explorar a abstração de dados (com registros para representar os personagens) e a abstração de processos (na execução de algoritmos com iterações indefinidas). Além das habilidades e conceitos já abordados nas tarefas anteriores, esta tarefa ainda inclui uma mudança no nível de *abstração* dos personagens, definido pelas cartas que os representam. Aqui, a inclusão de novas características nas cartas faz com que mais características se tornem relevantes no momento dos confrontos, diminuindo assim o nível de abstração na representação dos personagens. Desta forma, agora pode-se ter dois personagens do mesmo elemento, mas com características distintas de vida e/ou dano. Ademais, o algoritmo que descreve a realização dos confrontos torna-se mais complexo, tendo que levar em conta as novas características e cálculos que devem ser realizados. Uma estrutura de repetição com teste (*abstração de processos*) é introduzida para realizar as diferentes iterações dos confrontos de uma batalha, já que a vitória de um personagem depende de vários confrontos, até que o adversário fique sem vida. As cartas armazenam diversas informações que são representadas como registros no algoritmo (*abstração para dados*). Estes registros são compostos pelos campos: nome, elemento, vida e dano.

**Ações para explicitar conceitos do PC:** [**Abstração de processos:**] a execução das batalhas pode ser realizada usando o esquema do algoritmo apresentado na Figura 7<sup>2</sup>. As cartas de dois personagens, com as informações de vida e dano (conforme Figura 6), são usadas como valores de entrada. O teste da estrutura de controle envolve a comparação de valores (desigualdade) e o operador lógico de conjunção (E). Sua avaliação verifica se um dos personagens já perdeu todas suas vidas, encerrando a execução do algoritmo em caso afirmativo. Caso contrário, as vidas de ambos os personagens são atualizadas. Para se referir a um campo específico da carta, usa-se a notação usual de registro (personagem.campo). Nesta ação as cartas possuem o campo de vida atualizável (ou seja, é possível apagar o valor do campo e modificá-lo escrevendo um novo valor) e também são deslocadas conforme a execução do algoritmo. Para evitar confusões ao atualizar o valor de vida no deslocamento das cartas e permitir o uso de apenas uma carta para cada personagem, não se usou instruções do tipo  $p.vida \leftarrow p.vida - p.dano$ . Como saída, o algoritmo

<sup>2</sup>No algoritmo, é utilizada a subtração fechada nos Naturais, onde  $x \dot{-} y = 0$  sempre que  $x \leq y$ .

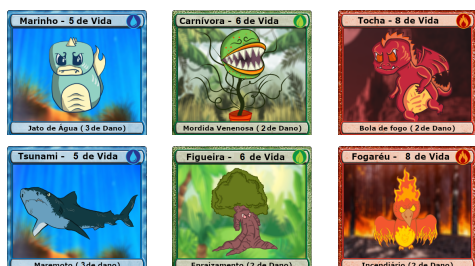


Figura 6: Cartas dos personagens com informações de dano e vida para simular as batalhas. Fonte: adaptações de (Bartz, 2018)

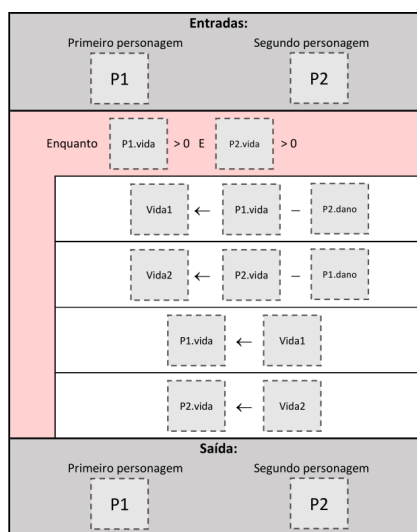


Figura 7: Algoritmo para determinar as vidas resultantes de uma batalha.

fornece o par de cartas com as vidas atualizadas após a batalha. Então, com estas informações, os estudantes devem definir quem é o vencedor. Esta etapa não foi incluída no algoritmo para evitar o uso de condicionais encadeados. De acordo com a compreensão da estrutura de repetição, pode-se estender o algoritmo para trabalhar esta estrutura mais complexa. [Abstração de dados:] solicita-se que os estudantes realizem uma batalha entre dois personagens do mesmo elemento (por exemplo, entre Carnívora e Figueira), usando as cartas sem as informações de dano e vida. Na sequência, solicita-se que os estudantes realizem a mesma batalha, agora considerando as cartas com as informações de dano e vida. Em ambos os casos, pede-se que caso haja vencedor, ele seja registrado. O objetivo desta ação é que os estudantes percebam que os resultados das batalhas podem ser diferentes quando são considerados mais detalhes sobre os personagens (nível de abstração mais baixo).

### 3.4 Tarefa IV: Dano, Vida e Força

**Objetivo:** revelar todas as informações presentes nas cartas (conforme a Figura 8), introduzindo informações sobre força (quadro inferior das cartas), onde é possível observar contra quais elementos o personagem tem mais força.

**Metodologia:** inicia com o professor lembrando as informações das cartas do jogo já apresentadas. Em seguida, ele deve fixar no quadro o cartão do personagem Fogaréu (ilustrado na Figura 8) e explicar as informações que foram adicionadas. Deve introduzir também dois novos elementos: o elétrico e o pedra (personagens destes elementos podem ser vistos na linha inferior da Figura 8). Na parte superior da carta são mantidas as informações já conhecidas pelos alunos como o nome do personagem, número de vidas e o elemento ao qual ele pertence. No centro da carta está a informação do valor de dano que o personagem causa ao realizar um ataque. Por fim, na parte inferior da carta são mostradas as novas informações, relacionadas ao número de ataques que cada personagem realiza em um confronto contra um personagem de um determinado elemento. O número de ataques está dividido em 3 níveis: forte, normal ou fraco. Essa informação é usada nos

confrontos em conjunto com o dano. Por exemplo, o personagem Rochoso (Figura 8) tem um ataque com 2 de dano e, pelas informações de força, ele é forte contra um adversário de elemento fogo, tendo direito a 3 ataques, por confronto. Assim, em um confronto contra o Fogaréu, ele causaria um total de 6 danos, pois teria direito a 3 ataques com 2 danos cada. De forma análoga, personagens de nível normal ou fraco terão direito ao número de ataques por confronto conforme o indicado nas informações de força. Para reforçar a dinâmica dos confrontos, diversos exemplos de batalhas são apresentados, onde o ganhador é o personagem que conseguir zerar a vida de seu adversário primeiro. Deve-se anotar no início da batalha o valor da vida de cada personagem e ir subtraindo após cada confronto. Em seguida, a turma é dividida em 2 equipes e são entregues 9 cartões para cada equipe. É realizada uma série de 5 batalhas com a mesma dinâmica de jogo descrita na tarefa III, porém agora fazendo uso das informações de força nos confrontos.

**Avaliação:** deve ser baseada na simulação de confrontos em sequência, onde os alunos devem identificar o personagem que tem maior chance de vencer o confronto com base nas suas informações de dano, vida e força.

**Objetivos de aprendizagem do PC:** explorar a abstração de dados (com registros para representar os personagens e listas para representar suas forças) e a abstração de processos (na execução de algoritmos combinando condicionais aninhados e repetição). Esta tarefa adiciona complexidade aos conceitos já trabalhados, baixando ainda mais o nível de *abstração* com a informação das forças dos personagens e estendendo o *algoritmo* com novas etapas. Os registros que representam as cartas apresentam um campo a mais para descrever as informações sobre a força. Apesar do campo ser único, ele representa uma coleção de informações (um valor de força para cada elemento de personagem), configurando uma nova *abstração de dados* (listas).

**Ações para explicitar conceitos do PC:** [Abstração de processos:] o esquema do algoritmo apresentado na Figura 10 deve ser seguido para a execução das batalhas, obtendo-se, ao final, a informação de quem é o vencedor ou se houve empate. A estrutura de repetição permanece atualizando a vida dos personagens a cada confronto, até que a vida de um deles seja zerada (finalizando a batalha). Neste caso a vida é calculada levando em conta também a força. Uma abstração para a obtenção da força de um personagem contra um determinado elemento é usada (P.força contra P.elemento), evitando-se entrar em detalhes de como é representada a informação da força. A identificação destes valores deve ser obtida observando-se diretamente a carta do personagem correspondente, conforme ilustrado na Figura 8. Além disso, com relação aos conceitos trabalhados nos algoritmos anteriores, inclui-se nesta ação o aninhamento de condicionais para tratar os casos de empate. [Abstração de dados:] o professor apresenta uma alternativa de representação para força de cada personagem usando a estrutura de vetor (a Figura 9 ilustra o vetor força para o personagem Marinho da Figura 8). Os alunos devem preencher os vetores correspondentes de diferentes personagens, e posteriormente devem consultar estes vetores para realização das batalhas. A atividade final compreende a execução de batalhas usando as cartas com as informações de dano e vida, e o vetor associado. [Generalização:] nesta ação é trabalhada uma estratégia genérica para selecionar um personagem que vença um adversário pré-estabelecido. Inicialmente o professor divide a turma em grupos, distribuindo para cada um deles uma pilha de cartas e um personagem a ser derrotado. Cada grupo deve verificar se uma das cartas da pilha é capaz de vencer o adversário e, em caso afirmativo, dizer qual é o personagem e justificar a escolha. Na sequência, o professor apresenta a estratégia, relacionando com o algoritmo esquematizado na

Figura 11<sup>3</sup>. Por fim, os grupos utilizam o algoritmo para realizar a mesma tarefa.

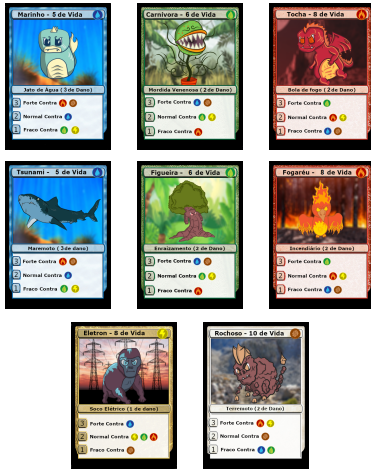


Figura 8: Cartas com informações de dano, vida e força. Fonte: (Bartz, 2018)

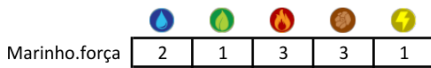


Figura 9: Vetor força do personagem Marinho (Figura 8).

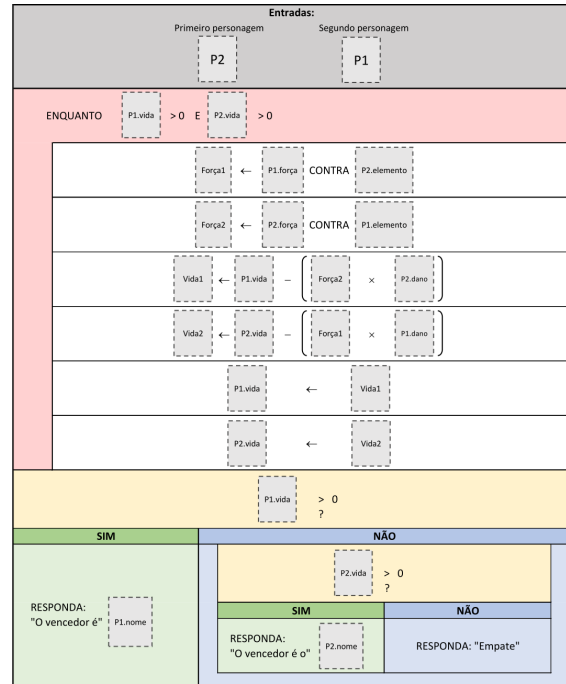


Figura 10: Algoritmo para determinar o vencedor de uma batalha ou o empate.

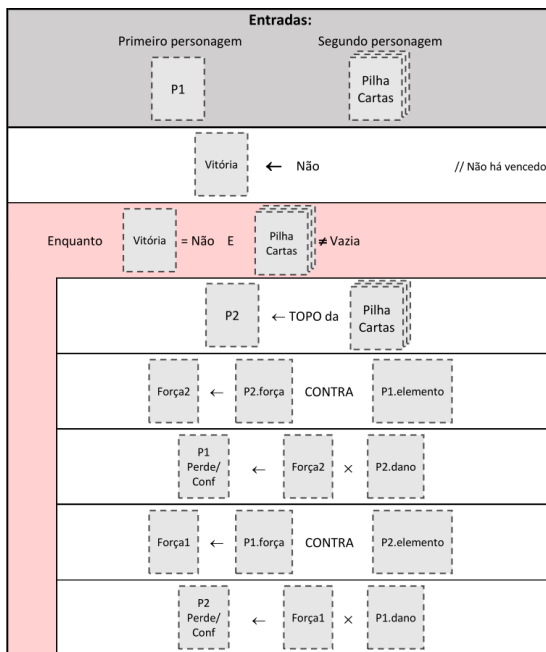
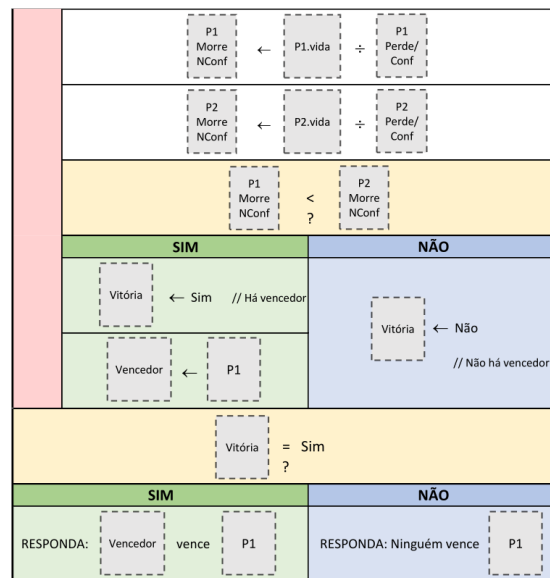


Figura 11: Algoritmo para identificar se há vencedor contra um determinado personagem.



<sup>3</sup>No algoritmo, é utilizada a divisão inteira.

### 3.5 Tarefa V: Jogo Elementais RPG

**Objetivo:** apresentar o jogo na sua forma completa, adicionando o uso de tabuleiro e dados, além de cartas especiais que podem ser conquistadas durante o jogo.

**Metodologia:** inicia-se com a apresentação das cartas e do tabuleiro (Figura 12), explicando os papéis dos jogadores, os detalhes do tabuleiro e a dinâmica do jogo. Existem dois tipos de jogadores que irão batalhar uns contra os outros: os aventureiros e os mestres/chefões. Os mestres/chefões serão personagens com um valor de vida maior do que os personagens dos aventureiros. O tabuleiro, ilustrado na Figura 12, representa um mapa com diferentes tipos de lugar: casinha de partida (centro do mapa), quadras e arenas (lugares demarcados por bandeiras). Em cada quadra/arena fica um mestre/chefão com um personagem do elemento indicado na entrada do local.

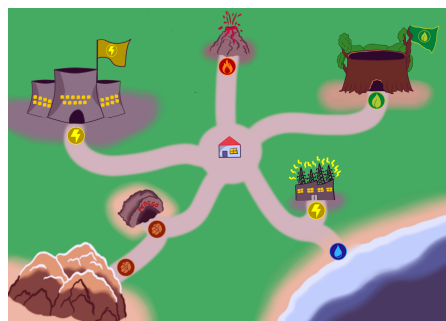


Figura 12: Tabuleiro do jogo Elementais RPG. Fonte: (Bartz, 2018)

Os aventureiros iniciam o jogo com as três cartas iniciais (com os personagens Marinho, Carnívora e Tocha, todos com 8 de vida e 1 de dano) e partem da casinha localizada no centro do tabuleiro. Os mestres/chefões são escolhidos e suas cartas são posicionadas nos respectivos lugares voltadas para baixo, ocultando o personagem. Os aventureiros devem percorrer os lugares do tabuleiro batalhando com os mestres/chefões. A escolha do caminho a ser percorrido é livre. A identidade do mestre/chefão permanece desconhecida até que os aventureiros entrem no local (apenas seu tipo é conhecido). Além disso, os aventureiros devem escolher com qual personagem vão iniciar a batalha antes de entrar na quadra/arena. Quando os aventureiros entram em um local, o mestre/chefão é revelado e o primeiro confronto se inicia. Os confrontos ocorrem em turnos, iniciando sempre com o ataque do aventureiro, seguido do contra-ataque do mestre/chefão. As vidas restantes de ambos os personagens são registradas a cada confronto. Esse valor é obtido de forma semelhante à descrita na tarefa anterior, porém adiciona-se mais um fator neste cálculo: antes de desferir seus ataques em cada confronto, tanto os aventureiros quanto os mestres/chefões devem jogar um dado, cujo resultado pode alterar o seu número de ataques naquele confronto. Caso o resultado do dado seja 1 ou 2, o personagem perde um ataque dos que teria direito; caso seja 3 ou 4, ele mantém o mesmo número de ataques; e caso resulte em 5 ou 6, ele aumenta um ataque. Após cada confronto, se o personagem dos aventureiros tiver sua vida zerada, estes devem escolher outro personagem para continuar batalhando. A batalha termina quando todos os personagens dos aventureiros tiverem suas vidas zeradas ou quando as vidas zeradas forem as do mestre/chefão. No primeiro caso, os aventureiros saem do local derrotados e no segundo eles dominam a quadra/arena e ganham uma nova carta com o mesmo personagem do mestre/chefão vencido, porém com um valor de vida menor. Observe que uma estratégia de percorrer o tabuleiro começando pelas quadras proporciona aos aventureiros uma chance maior de sucesso, visto que no início seus personagens são mais fracos e à medida que dominam os lugares vão recebendo personagens mais fortes e de diferentes tipos de elementos. O jogo pode terminar no caso dos aventureiros terem: ou dominado todas as quadras/arenas do tabuleiro; ou decidido encerrar as batalhas. Pode-se dizer que os aventureiros obtiveram sucesso no jogo caso eles tenham dominado pelo menos uma arena. Neste caso, eles recebem como prêmio uma carta especial com um personagem do jogo. Após a apresentação do jogo, o professor divide a turma em trios e entrega

o material a cada grupo: um tabuleiro (já com os mestres/chefões posicionados nas respectivas quadras/arenas), um dado e as três cartas iniciais do jogo. A seguir, pede para que cada aluno escolha um dos personagens iniciais e inicie o jogo selecionando uma arena/quadra como primeiro destino. A cada nova batalha, os aventureiros devem escolher três de seus personagens (distintos) para participar da disputa.

**Avaliação:** consiste em observar se os alunos conseguiram realizar todas as etapas do jogo e chegaram ao final com uma carta especial em mãos.

**Objetivos de aprendizagem do PC:** explorar a abstração de processos (na execução de algoritmos não-determinísticos) e o reconhecimento de padrões (na identificação de estratégias que levem a vitória). Além das habilidades e conceitos abordados nas tarefas anteriores, nesta tarefa o *algoritmo* para determinar se há vencedor em uma batalha torna-se mais complexo, já que o uso do dado faz com que se utilizem outros condicionais aninhados (onde o primeiro teste diz respeito ao número tirado no dado para selecionar um valor; e o segundo diz respeito a comparação das forças para definir o número de ataques). Também pode-se destacar o *reconhecimento de padrões* nas estratégias de jogo elaboradas, após uma série de derrotas ou vitórias decorrentes das escolhas de rotas tomadas pelos grupos.

**Ações para explicitar conceitos do PC:** [**Abstração de processos:**] o professor apresenta a extensão do *algoritmo* da tarefa anterior para incluir a informação do dado. Este algoritmo deve ser usado para reforçar os conceitos e estruturas de controle utilizados até o momento. Ainda, o professor introduz o não-determinismo de forma abstrata, chamando a atenção de que o resultado do dado não pode ser calculado, já que é obtido por um sorteio aleatório.

## 4 Tutorial para Professores

O tutorial proposto consiste num conjunto de vídeos, desenvolvido com o objetivo de capacitar os educadores para que eles consigam desenvolver a atividade Elementais RPG juntamente com seus alunos. Segundo Gohl (2016) um tutorial deve manter o equilíbrio entre o envolvimento e a aprendizagem. Para isso, é fundamental que tutoriais sejam bem fundamentados e planejados. Tutoriais que fornecem muitas informações podem acabar se tornando cansativos, pois mesmo que os usuários consigam compreender todas as informações, podem acabar se sentindo entediados. Por outro lado, tutoriais que não fornecem detalhes suficientes podem levar o usuário a frustração, podendo conduzir a desistência do processo de formação.

A metodologia para a construção do tutorial envolveu três etapas principais, considerando as boas práticas de concepção sugeridas em Centre for Teaching Excellence (2021): (i) planejamento; (ii) revisão; e (iii) gravação. Na etapa de planejamento, foram estabelecidos os materiais que fundamentariam o tutorial, a sua organização em vídeos, bem como a definição do escopo e a elaboração de roteiros para cada um dos vídeos. O tutorial<sup>4</sup> foi baseado nos planos de ensino e de aula da atividade descrita na Seção 3. Ele foi planejado para ser desenvolvido de forma incremental, ou seja, composto por uma série de cinco vídeos, onde em cada um deles deveria ser tratado um novo aspecto do jogo, bem como as habilidades ou conceitos do PC trabalhados em cada tarefa. Ao final de cada vídeo, foi prevista uma reflexão a respeito de como cada um destes

<sup>4</sup>O tutorial está disponível em <https://wp.ufpel.edu.br/pensamentocomputacional/tutoriais/>.

conceitos é abordado na respectiva tarefa, servindo também como motivação para que os professores apliquem a atividade. Após a elaboração dos materiais e roteiros a serem utilizados, eles foram apresentados e discutidos em reuniões do projeto, onde foram abordadas questões conceituais, metodológicas e visuais, e, por fim, as gravações foram realizadas. Os vídeos são descritos nas subseções a seguir.

**Vídeo I - Introdução dos Personagens e seus Elementos:** neste vídeo, o objetivo é auxiliar o professor a introduzir os personagens iniciais da atividade, juntamente com os respectivos elementos aos quais eles estão associados (água, fogo e planta). É importante que o professor consiga caracterizar as interações entre os personagens apresentados, descrevendo vantagens e desvantagens de sua constituição frente a essas interações (o fogo queima as plantas, a água apaga o fogo e as plantas consomem a água). Ao invés de os alunos apenas decorarem qual elemento é mais forte sobre o outro, o interessante é que eles consigam desenvolver o raciocínio de vantagens e desvantagens de forma lógica, e cabe ao professor levá-los por este caminho.

**Vídeo II - Ganha vs. Não Perde e Perde vs. Não Ganha:** este vídeo foi desenvolvido para auxiliar o professor na segunda tarefa da atividade original. Em um primeiro momento, o professor deve trazer novamente à memória da turma os conceitos trabalhados na primeira tarefa, principalmente a relação que os personagens, com seus respectivos elementos, têm entre si quando colocados em confronto. Gradativamente, o professor irá apresentar os conceitos de ganha/não perde e de perde/não ganha com o objetivo de trabalhar a noção de não equivalência.

**Vídeo III - Dano e Vida:** o terceiro vídeo tem como foco principal auxiliar o professor a introduzir novos personagens e dois novos atributos presentes nas cartas: vida e dano. Estes atributos irão mudar a forma de realizar os confrontos, fazendo com que os alunos tenham que realizar operações aritméticas de soma e subtração a cada rodada. Em um primeiro momento, o professor é instruído a fazer uma revisão das situações de confronto ilustradas nas tarefas anteriores. É necessário ter a certeza de que a turma está acompanhando bem o desenvolvimento do jogo a cada tarefa, já que cada componente adicionado à atividade depende do bom entendimento dos passos anteriores. Depois disso, o professor irá introduzir os conceitos de vida e dano e ilustrar como estes atributos impactam no jogo. Logo em seguida, ocorre a primeira atividade em grupos: o professor dividirá a turma em dois grupos e distribuirá cartas a cada grupo. A intenção desta etapa é promover a interação e debate de cada grupo entre si, já que eles terão que escolher apenas uma carta e argumentar com os demais colegas o porquê da escolha, forçando assim o desenvolvimento de algumas estratégias e o reconhecimento de alguns padrões do jogo.

**Vídeo IV - Dano, Vida e Força:** este vídeo trata da aplicação da Tarefa IV da atividade original, que tem como objetivo introduzir mais um novo atributo às cartas: a força. Este novo atributo irá impactar diretamente nos confrontos do jogo, modificando a forma de calcular o dano e a vida dos personagens durante cada rodada. A força basicamente é um multiplicador do atributo de dano visto anteriormente, que muda de acordo com a vantagem que um elemento tem sobre o outro. Depois de apresentar esta nova funcionalidade do jogo, o professor irá dividir novamente a turma em grupos e promover confrontos entre eles, de modo que haja a interação entre os alunos e que ocorram debates para criar as estratégias e escolher as cartas a serem jogadas.

**Vídeo V - Jogo Elementais RPG:** o último vídeo deste tutorial tem como objetivo auxiliar o professor a introduzir o tabuleiro e apresentar o jogo como um todo. Neste vídeo, o professor é instruído a chamar a atenção da turma com relação ao impacto que podem ter as decisões durante



a escolha dos caminhos a serem seguidos, já que cada local no mapa possui um chefe (personagem a ser derrotado) diferente, com poderes diferentes. Outro fator importante é que cada grupo de alunos terá também que decidir quais cartas irão levar a cada local, já que só é possível entrar com três cartas, o que irá fomentar discussões e a criação de estratégias por parte da equipe.

## 5 Jogo Digital

Com o objetivo de permitir a alunos desenvolverem a atividade utilizando o meio virtual, uma versão digital da mesma foi desenvolvida<sup>5</sup>. Buscou-se tornar o produto final o mais similar possível a uma espécie de “game”, focando em incentivar o aprendizado de habilidades específicas por meio de suas mecânicas. Esta abordagem foi escolhida pelo potencial de atração de jogos, especialmente para jovens estudantes que potencialmente já têm algum contato com estes como forma de lazer.

A plataforma escolhida para a criação do jogo foi o motor de jogos Unity, disponível para Windows, Linux e macOS, que disponibiliza um ambiente para a prototipação de objetos em um contexto tridimensional ou bidimensional, utilizando a linguagem de programação C# e com resultados em jogos ou aplicações para diversas plataformas de destino, como mobile, consoles ou desktops. Considerando os recursos disponíveis, a plataforma destino escolhida foi Windows para desktop. Com relação à estrutura geral deste jogo digital, ele está dividido em 5 atividades, buscando transpor a proposta metodológica original para o contexto digital. As atividades, em geral, são apresentadas a partir de diálogos em texto que explicam as informações relevantes para o jogo. Estes diálogos podem ser visualizados pelo aluno em uma caixa de texto na parte superior da tela. Faz-se uso também de efeitos visuais com o mesmo propósito de apresentar os conceitos e mecanismos do jogo. A Figura 13 ilustra uma cena da Atividade 1, onde estão presentes o tutor e os três personagens iniciais. Nesta cena, o tutor está apresentando um dos personagens. O aluno deve então pressionar o botão “Avançar” para prosseguir na atividade e ler as próximas explicações. Ao decorrer da atividade estes textos também são usados para explicar as mecânicas dos “mini-jogos”, que variam de uma atividade para outra. Estes apresentam-se na forma de pequenos desafios, como um jogo de perguntas e respostas, simulando um duelo entre as cartas. O objetivo da sua inclusão no jogo digital é aplicar, testar e solidificar os conhecimentos introduzidos ao decorrer das atividades. A estrutura particular de cada atividade, bem como seu conteúdo, é apresentado a seguir.

**Atividade 1 - Introdução dos Personagens e seus Elementos:** na primeira atividade, o personagem de um professor aparece inicialmente na tela. Denominado tutor, ele tem como propósito introduzir os diferentes elementos da atividade ao usuário, conforme ilustrado na Figura 13. A partir de “falas” que aparecem em caixas de texto, ele discorre sobre três personagens do jogo e introduz os seus elementos (água, fogo e planta). Na sequência, ele apresenta o conceito inicial de confronto entre esses personagens, como também a lógica por trás da decisão do vencedor. Para isso, o tutor propõe um conjunto de perguntas que remetem a conhecimentos básicos de como esses elementos se comportam em um contexto real. Por exemplo, uma das perguntas questiona ao aluno qual é o elemento que consegue apagar o fogo. Perguntas similares são feitas mais vezes para cada combinação de elementos (planta e água, fogo e planta), assim como uma explicação

<sup>5</sup>O jogo digital está disponível em <https://wp.ufpel.edu.br/pensamentocomputacional/atividadesvirtuais/>.



Figura 13: Interface da Atividade 1.



Figura 14: Interface da Atividade 3.

relacionando as respostas com o comportamento de cada personagem em um certo confronto. O questionário avança de uma pergunta para outra apenas quando o aluno indica a resposta correta para a pergunta corrente. A Atividade 1 se encerra com a proposta de realização de uma batalha, dada por uma sequência de confrontos, entre o jogador e o computador. Cada um recebe dois personagens de cada elemento em seu time e a cada rodada o jogador escolhe um personagem para participar de um confronto. Para isso, deve-se arrastar a imagem do personagem a uma caixa no centro da tela. Assim que o personagem é escolhido, o jogador deve clicar no botão “Atacar” e o personagem escolhido (aleatoriamente) pelo oponente (computador) aparece. Aquele que perder o confronto, perde o personagem que participou do mesmo. O jogador que ficar sem personagens primeiro, perde a batalha.

**Atividade 2 - Ganhador vs. Perdedor:** em grande parte, a Atividade 2 é uma extensão direta da atividade anterior, já que em sua primeira metade, ela busca reforçar os conceitos apresentados. A outra parte desta atividade foca em ensinar aos alunos o conceito de “ganhador” e “perdedor”. Primeiramente, ilustrando qual personagem vence e qual perde em cada combinação de personagens e por fim, pedindo para o usuário identificar o vencedor e o perdedor em um confronto. Para isso, aparecem dois personagens e o usuário deve arrastar com o mouse um dos personagens para a caixa “ganhador” e o outro para a caixa “perdedor”. Acertando todas as combinações, a atividade se encerra.

**Atividade 3 - Dano e Vida:** na terceira atividade, as principais mecânicas que serão utilizadas no restante das atividades são introduzidas. Para isso, a carta de um personagem é ilustrada no começo da atividade e suas pontuações de vida e de dano são designadas e explicadas. Logo após, é simulado um confronto entre dois personagens (cartas). Agora, um confronto é constituído de dois ataques em sequência: o primeiro ataca o segundo e vice-versa. Nesse ponto surge uma barra de cálculo no canto inferior da tela, mostrando a respectiva expressão para o cálculo do resultado do ataque em questão, como ilustrado na Figura 14. Ou seja, em um ataque, os pontos de vida do personagem que é atacado é subtraído pelo dano causado pelo atacante (dado pelos seus pontos de dano). O resultado desta expressão é deixado em branco e espera-se que o aluno complete para prosseguir a atividade. Também é destacado que, se o dano causado pelo adversário é maior do que a vida do atacado, o personagem que sofre o ataque fica com 0 pontos de vida, não podendo ser mais utilizado em confrontos. A atividade se encerra então com a simulação de uma batalha entre o jogador e o computador, cada um com 6 cartas de personagens pré-estipulados. A mecânica é similar à batalha do final da Atividade 1, porém incluindo os conceitos novos que as cartas trazem

(pontos de vida e de dano). Além disso, espera-se que o aluno preencha o resultado do cálculo de cada ataque. A batalha perdura até que todos os personagens de um dos combatentes estiverem com zero pontos de vida, sendo que a atividade é concluída tanto na vitória como na derrota do usuário.

**Atividade 4 - Dano, Vida e Força:** sendo outra atividade que diretamente expande a anterior, a Atividade 4 primeiramente explica as novas informações disponíveis nas cartas. O novo modelo de carta que possui o multiplicador de ataques para cada elemento é apresentado e as implicações disso nos confrontos são explicadas. Um exemplo de confronto é feito, sendo que desta vez espera-se que o aluno primeiro calcule o dano que o atacante causa, antes de calcular a vida resultante do oponente. Os próximos diálogos se dedicam a introduzir os personagens dos elementos pedra e elétrico, bem como a vantagem/desvantagem destes em relação aos personagens de elementos já conhecidos. A atividade novamente se encerra com em uma batalha entre times de personagens, incluindo os elementos pedra e elétrico, e levando em conta os multiplicadores de ataques.

**Atividade 5 - Jogo Digital Elementais:** esta atividade consiste na execução do jogo Elementais RPG. De início, a atividade introduz a utilização do dado de seis lados como uma variável que determina o número de ataques na execução de um confronto (conforme descrito na Subseção 3.5). Por fim, é apresentado o jogo final, que é realizado em um mapa contendo 5 campos de batalha e 2 arenas. Em cada um destes locais, é disputada uma batalha. Cada batalha vencida, dá direito a mais uma carta para ser usada nas batalhas subsequentes. Partindo com 3 cartas, o objetivo do jogo é derrotar os mestres que estão nas arenas.

## 6 Relatos de Aplicação

Esta seção apresenta os relatos dos três estudos de caso realizados<sup>6</sup>. A Subseção 6.1 descreve a aplicação da atividade Elementais RPG conforme a metodologia proposta na Seção 3, bem como os resultados obtidos nas avaliações das tarefas e em um pré- e pós-teste (incluindo os conceitos e dinâmicas envolvidos nas tarefas). Este estudo de caso objetivou avaliar a adequação da metodologia proposta para a compreensão da atividade como um todo, respondendo as questões de pesquisa QP2 e QP3 previamente apresentadas.

Por sua vez, as Subseções 6.2 e 6.3 apresentam os estudos de caso relacionados ao tutorial e ao jogo digital, respectivamente. As propostas foram avaliadas por professores e estudantes do Ensino Fundamental. Para isso, formulários de avaliação foram propostos, fundamentados em (Coelho, Souza, & Albuquerque, 2020), considerando aspectos como unicidade, objetividade, simplicidade, clareza, relevância e precisão. O objetivo destas avaliações foi o de identificar a viabilidade e adequação das propostas para os públicos-alvo, respondendo as questões QP4 à QP9. Os formulários seguiram a estrutura do tutorial e do jogo digital. No caso do tutorial, os mesmos critérios foram avaliados sobre cada vídeo, os quais foram estabelecidos com foco nas questões de pesquisa. Utilizou-se a escala Likert para registrar o nível de concordância com afirmações referentes aos critérios avaliados. Já no caso no jogo digital, o formulário continha questões gerais e por tarefas, também com quesitos estabelecidos buscando responder as questões

<sup>6</sup>As ações realizadas integram o projeto Explorando o Pensamento Computacional para a Qualificação do Ensino Fundamental, aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Instituição (CAAE: 73891417.0.0000.5317).

de pesquisa. As questões foram elaboradas de forma concisa e objetiva, utilizando imagens para permitir uma fácil associação às respostas e uma quantidade reduzida de opções de respostas (uma vez que seriam respondidas por crianças).

### 6.1 Relato de Aplicação da Atividade Elementais RPG

A atividade descrita na Seção 3 foi aplicada a uma turma de 27 alunos do 4º ano do Ensino Fundamental de uma escola da rede pública do município de Pelotas. Foram realizados encontros semanais de 1 hora de duração cada de setembro a dezembro de 2019. No primeiro, foi realizado um pré-teste com questões relacionadas às habilidades trabalhadas na atividade, o qual foi repetido no último encontro (pós-teste)<sup>7</sup>.

A atividade foi desenvolvida em seis encontros. Cada tarefa compreendeu um encontro, com exceção da Tarefa III que ocorreu em dois. No momento da sua execução, observou-se que os estudantes tiveram dificuldade na realização dos confrontos ao serem adicionadas as informações de dano e vida. Com isso, decidiu-se por realizar mais um encontro com a mesma tarefa para reforçar esta dinâmica. Ao final de cada um dos cinco primeiros encontros, os alunos foram avaliados por meio de um teste escrito, com pontuação variando numa escala de 0 a 10 pontos. No último encontro foi realizado o jogo, para o qual não foi feita avaliação. A descrição da nota dos alunos em cada uma das quatro tarefas e da média geral dos alunos na atividade é apresentada na Tabela 1. Destaca-se que para a Tarefa III foi feita uma avaliação em cada encontro (denotadas por 3 e 3R). O número de alunos variou entre as tarefas em razão de eventuais ausências nas aulas.

Tabela 1: Medidas descritivas das notas dos alunos por tarefa e da média geral.

Tarefa	n	Média	DP	CV(%)	Mínimo	Q1	Md	Q3	Máximo
1	24	8,0	2,9	36,2	0,0	7,6	9,2	10,0	10,0
2	24	8,6	1,7	20,1	4,2	7,6	9,2	10,0	10,0
3	20	7,8	2,3	29,1	3,5	6,1	8,5	10,0	10,0
3R	24	9,4	1,3	14,2	5,0	10,0	10,0	10,0	10,0
4	25	8,0	2,9	22,0	4,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Atividade	26	8,6	1,7	18,1	2,7	7,9	8,6	9,7	10,0

Nota: n = número de alunos; DP = desvio padrão; CV = Coeficiente de variação; Q1 = primeiro quartil; Md = mediana; Q3 = terceiro quartil.

Nas avaliações individuais das tarefas, as notas da maioria dos alunos foram altas, com médias da turma variando entre 7,8 e 9,4 pontos. A variabilidade das notas em torno da média foi menor nas avaliações das tarefas 2, 3R e 4 ( $CV = 20\%$ ,  $14\%$  e  $22\%$ , respectivamente). A média geral dos alunos na atividade foi 8,6, evidenciando que a turma teve um bom desempenho. Apesar de alguns alunos apresentarem desempenho baixo na atividade, os quartis indicam que 75% da turma alcançou média maior ou igual a 7,9. A análise das notas por tarefa mostra que o desempenho dos alunos foi melhorando a cada tarefa. Na avaliação da tarefa 3R os alunos apresentaram as maiores notas (média: 9,4) com menor variação ( $CV = 14\%$ ). A média geral da turma na atividade foi 8,6, com valores variando de 2,7 a 10,0 pontos. Os quartis indicam que, 50% dos alunos alcançaram média maior ou igual a 8,6 e 25%, obtiveram média menor ou igual a 7,9. Durante a aplicação das tarefas, observou-se que os alunos não tiveram dificuldade

<sup>7</sup>O pré/pós-teste corresponde as questões 4 a 8 disponível em <https://drive.google.com/file/d/1Jm0XUDknrUxnTpAwEoKE2iazuuKf7DIV/view>.

com nenhum dos conceitos/dinâmicas do jogo que foram abordados, com exceção do conceito de não equivalência entre as relações de “ganha”, “perde”, “não ganha” e “não perde” (associado à habilidade de reconhecimento de padrões). Neste caso, os alunos tiveram dificuldades de associar a relação de “ganhar” com “não perder”. Diante disso, pode-se afirmar que o desempenho geral da turma na atividade foi satisfatório.

No primeiro dia de aula os alunos foram submetidos a um teste, composto por questões relacionadas às dinâmicas específicas desenvolvidas na atividade. Após a conclusão da atividade, no último encontro, o mesmo teste foi repetido. A finalidade da aplicação do teste em dois momentos (pré e pós) foi avaliar se houve efeito da atividade proposta sobre o conhecimento dos alunos a respeito de todos os conceitos/dinâmicas envolvidos no jogo. A escala de pontuação do teste variou de 0 a 10 e a diferença entre as duas notas expressa o ganho (melhora) no desempenho do aluno. A pontuação no pré-teste descreve a condição inicial do aluno em relação àqueles conceitos específicos trabalhados na atividade como um todo. As medidas descritivas das notas nos dois testes e do ganho dos alunos é apresentada na Tabela 2. Nesta descrição foram considerados somente os 22 alunos que realizaram os dois testes. Analisando as notas no pré-teste, observa-se que a turma alcançou média de 5,82 pontos, com coeficiente de variação (CV) de 33,2%. No pós-teste a média aumentou para 7,04 pontos e o CV foi ligeiramente menor (30,2%). O ganho médio positivo (1,21 pontos) indica que a turma melhorou seu desempenho geral no pós-teste, mas a variação dos ganhos foi elevada.

Tabela 2: Medidas descritivas das notas nos testes e do ganho (diferença entre as duas notas).

Teste	Número de alunos	Média	Desvio padrão	CV(%)	Mínimo	Mediana	Máximo
Pré	22	5,82	1,93	33,20	2,7	6,6	9,4
Pós	22	7,04	2,13	30,22	4,2	7,6	9,6
Ganho	22	1,21	1,88	-	-2,25	0,89	5,67

No gráfico de caixa, apresentado na Figura 15, é possível verificar que as notas dos alunos nos dois testes possuem distribuições assimétricas. Esses gráficos evidenciam também que pelo menos 50% das notas estão entre 6,6 e 9,4, no pré-teste, e entre 7,6 e 9,6, no pós-teste. Para a variável ganho observa-se a ocorrência de um valor atípico superior (5,67 - ponto vermelho no gráfico), embora os demais valores apresentem distribuição simétrica. Verifica-se que pelo menos 50% dos alunos tiveram ganho maior ou igual 0,89 pontos.

Também foi analisada a frequência das notas dos alunos nos dois testes em relação à nota 7,0 (sete), que, em geral, é considerada a nota mínima para a aprovação sem recuperação (Tabela 3). Verifica-se que houve uma inversão das frequências: no pré-teste 36% dos alunos alcançaram nota maior ou igual a sete, enquanto que no pós-teste esse percentual aumentou para 59%. A significância do efeito da atividade sobre os conhecimentos específicos dos alunos pode ser verificada por meio de um teste de hipótese. Para tal, utilizou-se o teste t para amostras pareadas, com  $\alpha = 0,05$ , cujos resultados são apresentados na Tabela 4. A hipótese sob verificação no teste ( $H_0$ ) supõe que o ganho médio ( $\mu$ ) dos alunos não difere

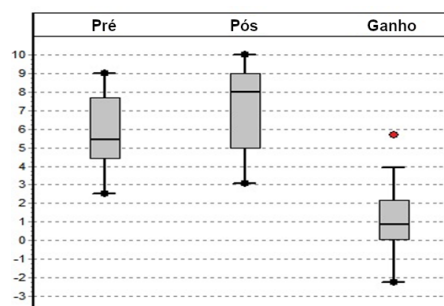


Figura 15: Distribuição das notas dos alunos nos testes (pré e pós) e da variável ganho.

de zero, ou seja,  $H_0 : \mu = 0$ . Na prática essa hipótese significa que a atividade não melhora o desempenho dos alunos no pós-teste. O teste revela a rejeição da hipótese  $H_0$  (valor  $p < 0,05$ ), significando que a atividade Elementais RPG promoveu melhora significativa nos conhecimentos específicos abordados na atividade.

Tabela 3: Distribuição de frequência segundo as notas do pré-/pós-testes.

Nota	Pré	Pós
< 7	14 (64%)	9 (41%)
≥ 7	8 (36%)	13 (59%)
Total	22	22

Tabela 4: Resultados do teste de significância para a variável ganho.

Ganho médio	Hipótese	Estatística T	Valor p	$\alpha$	Decisão
1,22	$\mu = 0$	3,03	0,0064	0,05	Rejeita

## 6.2 Relato de Aplicação do Tutorial

O tutorial foi avaliado por dois professores do Ensino Fundamental. O professor P1, de 56 anos, graduado em Letras (Português/Inglês-1988, Português/Espanhol-2002) e pós-graduado em Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação (2014), atua do sexto ao oitavo ano do Ensino Fundamental. O professor P2, de 28 anos, graduado em Pedagogia (2015) e Licenciatura em Ciências (2021) e pós-graduado em Educação Especial e Inclusiva (2021), atua no terceiro ano do Ensino Fundamental e é responsável pela Educação Especial em uma escola particular no município de Pelotas. Após assistirem aos vídeos, eles responderam um formulário<sup>8</sup> que questionava sobre a clareza das habilidades do PC, a compreensão, segurança na replicação e compreensão de aspectos específicos das tarefas.

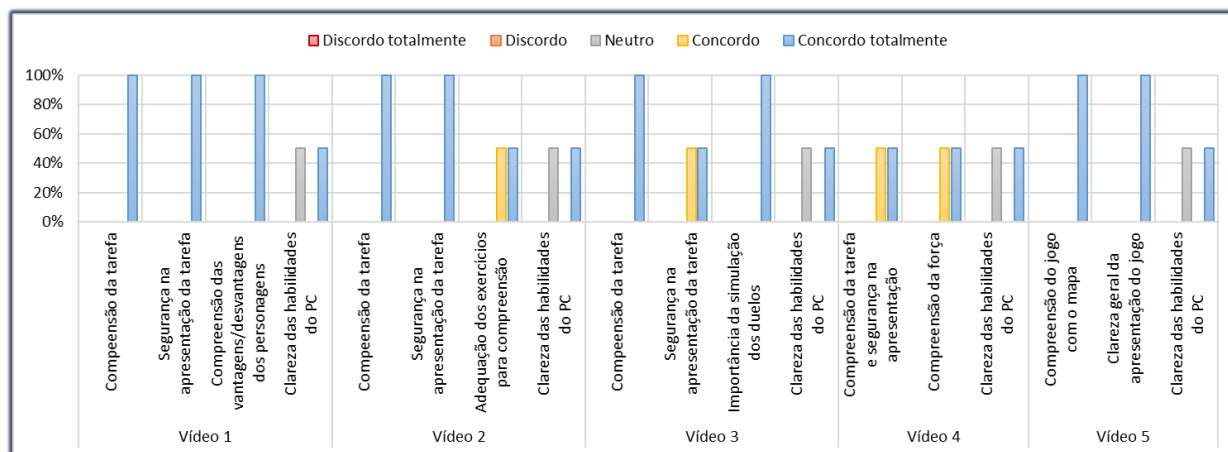


Figura 16: Gráfico de análise dos questionários dos professores por vídeo.

O retorno recebido, conforme ilustrado na Figura 16, foi majoritariamente positivo. Ambos os professores concordaram que compreenderam todas as tarefas e tem segurança na sua replicabilidade. Com respeito a compreensão dos conceitos específicos de cada tarefa, destaca-se que um dos participantes demonstrou menos confiança (professor P2), embora ele também tenha sinalizado a compreensão. Além disso, o professor P2 foi neutro sobre a clareza de quais habilidades do PC estavam envolvidas em cada tarefa.

<sup>8</sup>O formulário de avaliação do tutorial está disponível no link <https://bit.ly/3rTA394>.

### 6.3 Relato de Aplicação do Jogo Digital

O jogo digital foi aplicado para quatro crianças, três delas com 9 anos e uma com 12 anos. Cada criança realizou a atividade individualmente sob supervisão de um membro da equipe, o qual não interferiu de forma alguma na sua execução. O único papel do supervisor foi o de anotar observações feitas pelas crianças. Após a realização da atividade, cada criança respondeu um formulário de avaliação<sup>9</sup> com questões gerais e por atividade. Um espaço para justificativa das respostas (Parcialmente e Não) era disponibilizado quando aplicável. Na avaliação geral, tanto na questão sobre o surgimento de dúvidas quanto sobre a facilidade na realização das atividades, todas as crianças de 9 anos responderam parcialmente. Já a criança de 12 anos não teve dúvidas e teve facilidade. Com relação ao design do jogo, todos gostaram. Com respeito a apreciação geral da atividade nenhum respondeu que não gostou ou detestou (dois adorei, um gostei e um mais ou menos).

A Figura 17 ilustra o gráfico com os resultados das avaliações individuais das atividades. As questões se referiam a aspectos específicos da atividade, bem como a respeito da diversão proporcionada. Os itens avaliados podem ser observados no gráfico. Os questionamentos que envolvem identificação e compreensão tiveram respostas positivas de todas as crianças, com exceção da compreensão das batalhas na Atividade 1 (50% Sim e 50% Parcialmente), compreensão do empate na Atividade 2 (75% Sim e 25% Não) e compreensão das vantagens dos novos personagens na Atividade 4 (75% Sim e 25% Parcialmente). Cabe observar que neste quesito somente crianças de 9 anos deram repostas diferentes de Sim. A compreensão parcial das vantagens dos novos personagens na Atividade 4 foi justificada pela falta de relação intuitiva entre as forças dos personagens com os seus elementos. As demais respostas não foram justificadas. Quatro questões se referiam ao tema diversão. Pode-se observar que apenas a Atividade 5 teve a maioria de respostas Parcialmente. Este resultado foi justificado pelo excesso de cálculos simples que tinham que ser repetidamente realizados durante o jogo, o que tornava a atividade cansativa. Com relação a aptidão, todas as crianças responderam que conseguiram realizar os cálculos solicitados.

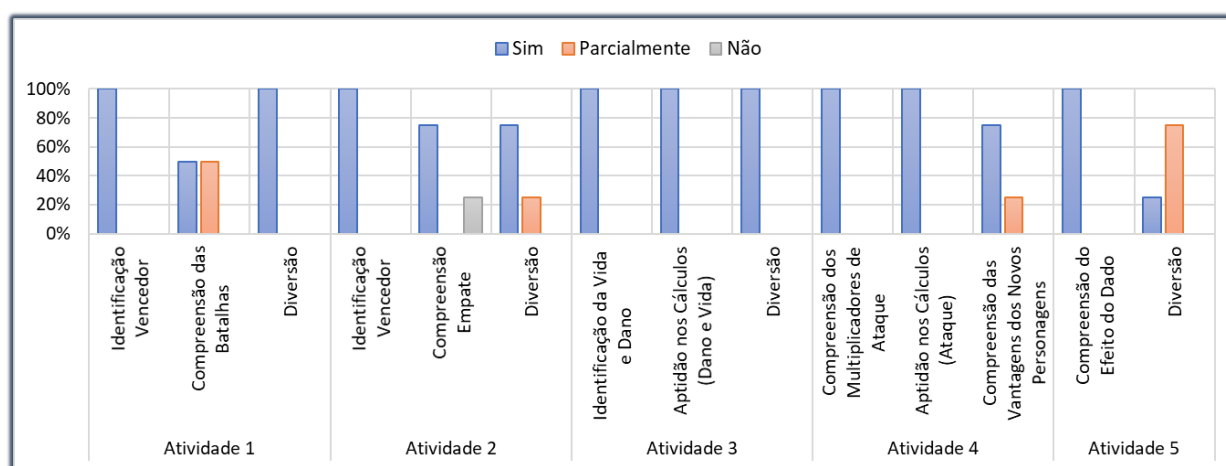


Figura 17: Gráfico de análise dos questionários dos estudantes por atividade.

<sup>9</sup>O formulário de avaliação do jogo digital está disponível no link <https://bit.ly/38vgXiU>.

## 7 Análise e Discussão dos Resultados

Com base no trabalho desenvolvido, pode-se discutir os resultados obtidos, respondendo as questões de pesquisa. **(QP1)** Cada uma das tarefas que compõem a abordagem proposta para a atividade Elementais RPG foi associada a diferentes conceitos do PC, conforme descrito no respectivo tópico “Objetivos de aprendizagem relacionados ao PC” (Seção 3). Essa associação, mesmo que de forma implícita, permite identificar quais habilidades são trabalhadas e como isso ocorre ao realizar cada tarefa. **(QP2)** Visto que a avaliação realizada em cada tarefa incluía questões específicas sobre as dinâmicas do jogo abordadas na referida tarefa, as notas obtidas certificam que a metodologia proposta foi adequada, atingindo os objetivos estabelecidos. Observou-se que na tarefa que foi trabalhada em mais de um encontro (Tarefa III), os alunos obtiveram uma melhor nota na avaliação com uma variabilidade menor. Esse fato sugere que, se todas as tarefas fossem trabalhadas em mais encontros, essa melhora no resultado pudesse também se repetir nas demais. Estes resultados podem ser extrapolados para os conceitos do PC associados a cada tarefa, os quais foram trabalhados de forma implícita. Seria necessário replicar os experimentos realizados utilizando avaliações que dessem ênfase aos conceitos do PC (e não às dinâmicas do jogo) para que fosse possível ratificar tal extrapolação. **(QP3)** Com base nos resultados dos pré- e pós-testes, observou-se um ganho significativo nas notas, o que reflete a melhor compreensão das dinâmicas envolvidas no jogo. Visto que o teste incluía questões relacionadas às dinâmicas de cada tarefa, as relações estabelecidas com os conceitos do PC também são válidas para a atividade como um todo. Analisando individualmente as notas obtidas nas questões dos pré- e pós-testes, pode-se dizer que a primeira questão (questão 4 do teste, referente à Tarefa I) foi a que teve menos ganho, porém foi a que teve o melhor resultado no pré-teste. Esse resultado deve ter ocorrido devido as abstrações envolvidas serem mais simples, tanto de dados (envolvendo apenas os elementos) quanto de processos (ações sequenciais). Já as questões 5 e 6 (referentes à Tarefa III) não tiveram boas notas no pré-teste. Isto pode se justificar por envolverem abstrações (dados mais detalhados, adicionando dano e vida) e estruturas (iterações definidas) mais complexas. Por outro lado, foram as questões que tiveram maior ganho. As questões 7 e 8 (referentes à Tarefa IV) também não tiveram bom resultado inicial, mas houve ganho. Possivelmente esse ganho não tenha sido tão relevante quanto o das duas anteriores porque envolvia ainda mais detalhes nas abstrações de dados (envolvendo dano, vida e força) e maior complexidade nas estruturas de controle (incluindo iteração indefinida). Cabe destacar que todas as questões tiveram ganho. Deste modo, pode-se concluir que possivelmente também houve uma melhora nas habilidades do PC (mesmo que não trabalhadas explicitamente). Assim como nas avaliações individuais, este teste também poderia ser elaborado com ênfase no PC, isto é, incluindo questões que diretamente envolvam abstração (de dados e de processos), reconhecimento de padrões e generalização, refletindo explicitamente os ganhos nessas habilidades. Além disso, observações relatadas pelos aplicadores indicam que os alunos mostraram interesse em participar das atividades, principalmente daquelas que envolviam disputas em equipe. Os personagens das cartas também foram bastante apreciados e, com a motivação despertada pelas atividades, os alunos acabaram superando uma das principais dificuldades que foi encontrada: a realização de operações aritméticas.

**(QP4)** Pode-se dizer que o jogo digital foi considerado atrativo de acordo com as respostas das questões que abordavam a apreciação e design do jogo (questão 1 e 4 da avaliação geral do formulário, respectivamente). Com relação ao design, a idade dos participantes não fez diferença na avaliação (todos acharam o design atrativo). Já com relação a apreciação, as crianças de 9 anos



tiveram percepções diferentes. Pode-se observar que a diferença de idade entre as crianças impactou na compreensão do jogo como um todo (conforme respostas das questões 2 e 3 da avaliação geral do formulário). Apesar de as crianças mais novas terem manifestado que tiveram algumas dúvidas, essas não foram suficientes para impedir que elas gostassem do jogo. **(QP5)** Com base nas respostas dadas às perguntas em cada atividade do jogo digital (excetuando-se as relacionadas à diversão), observou-se que na primeira atividade os alunos tiveram alguma dificuldade na compreensão das batalhas, provavelmente por ser o primeiro contato com a dinâmica do jogo, que posteriormente foi sanada. Além disso, houve dificuldade na compreensão das vantagens dos novos personagens. Como descrito no relato, esse entendimento foi impactado pela falta de relação intuitiva das forças com os elementos. Dessa forma, pode-se concluir que os conceitos foram satisfatoriamente compreendidos no decorrer das atividades. As relações estabelecidas entre o PC e as dinâmicas da atividade, de algum modo se refletem (mesmo que implicitamente) na execução do jogo digital, o que leva a presumir que as habilidades do PC também são aqui trabalhadas. **(QP6)** Na maioria das atividades, a maioria das crianças respondeu que houve diversão na sua realização, podendo-se inferir que o jogo propicia entretenimento. Na atividade 2, o participante que considerou a diversão parcial, foi o mesmo que sinalizou dificuldade na compreensão do *em-pate*, o que pode ter impactado na sua resposta sobre este item. Por sua vez, o excesso de cálculos simples foi uma justificativa dada por um dos participantes para a resposta parcial dada para este quesito na atividade 5, o que pode também explicar as respostas parciais dos demais.

**(QP7)** Pelas respostas as primeiras questões do formulário sobre os vídeos do tutorial, foi possível perceber que os vídeos apresentam de forma clara a atividade, uma vez que os professores conseguiram compreender todas as tarefas envolvidas. Além disso, o professor com mais tempo de atuação (professor P1) salientou que o ritmo com que os elementos do jogo vão sendo adicionados contribuiu para que houvesse um bom entendimento da atividade no geral. Pelas respostas dos participantes, também pode-se concluir que os vídeos são suficientemente detalhados permitindo a replicabilidade da atividade a partir do tutorial. **(QP8)** Com relação aos conceitos específicos, apenas para o conceito da força pode-se dizer que ficou alguma lacuna na apresentação da tarefa. Observa-se que esta foi a mesma dificuldade mencionada pelos alunos no jogo digital. De qualquer forma, todos concordaram que os conceitos específicos foram compreendidos. **(QP9)** Já a respeito das habilidades do PC trabalhadas em cada tarefa, foi possível observar uma certa dificuldade no entendimento da sua relação com as dinâmicas do jogo. Provavelmente, isso se deve à ausência de um vídeo introdutório e motivacional que fale sobre cada habilidade trabalhada no decorrer da atividade. Apesar das habilidades relacionadas terem sido listadas, faltou detalhar onde e como elas são trabalhadas. De forma geral, pode-se dizer que o professor P1 com pós-graduação na área de Tecnologia demonstrou maior compreensão da atividade como um todo, assim como sua relação com o PC. Já o professor P2, que atua com o público-alvo desta atividade e possui formação na área de Educação, indicou que as habilidades do PC não estavam apresentadas de forma clara. Aparentemente, o tempo de formação não impactou nos resultados da avaliação, visto que o professor que concluiu sua formação há mais tempo demonstrou um bom entendimento dos aspectos levantados.

O fato das avaliações da atividade presencial não abordarem explicitamente os conceitos do PC constitui uma limitação deste trabalho, uma vez que não permite garantir que houve ganho de fato nas habilidades do PC relacionadas. Porém, acredita-se que isto ocorra, já que as atividades desenvolvidas e avaliadas possuem uma relação estreita com esses conceitos. Além disso, o número pequeno de participantes nas avaliações do tutorial e do jogo digital é também uma limitação

deste estudo. No entanto, suas avaliações positivas e os *feedbacks* nos deram mais confiança em disponibilizar os vídeos para professores e pesquisadores interessados em realizar aplicações da atividade, bem como a utilização do jogo digital com os estudantes. Além disso, essas avaliações permitiram identificar algumas lacunas que ficaram evidentes no desenvolvimento dos estudos de caso, direcionando alterações a serem realizadas em novas versões desses artefatos.

## 8 Trabalhos Relacionados

Em Kite, Park, & Wiebe (2021) foi feito um estudo para identificar tendências em trabalhos empíricos sobre PC voltados a crianças. Entre os 80 artigos analisados, surgiram diferentes categorias levando em conta diferentes características. Dentre elas estão a conceituação de PC (centrado em código ou práticas interdisciplinares), o propósito do estudo (testes e/ou desenvolvimento de ferramentas/programas voltados ao PC; ensino de habilidades do PC - com ou sem integrar outro conteúdo; desenvolvimento de avaliações para o PC; mudanças de atitudes e aumento do engajamento com relação ao PC e a CC; abordagens pedagógicas para ensinar o PC; aprendizado relacionado ao PC), as ferramentas instrucionais (plugado e desplugado), o contexto (sala de aula, fora de sala de aula e formação de professores; e objetivos das práticas) e as medidas usadas para avaliação (quantitativo, qualitativo ou misto levando em conta os construtos cognitivo ou afetivo). Os autores identificaram que as abordagens conceituais são equilibradas, porém a maioria operacionaliza o PC utilizando práticas de programação e atividades plugadas. Além disso, o objetivo predominante destes trabalhos é o ensino de habilidades do PC no contexto de sala de aula, sendo utilizadas medidas quantitativas cognitivas para avaliação. A partir dos resultados obtidos, os autores destacam a importância de: dar ênfase em estratégias desplugadas (facilitando a integração com conteúdos de outras disciplinas, desobrigando a necessidade de recursos tecnológicos e ampliando sua abrangência); focar primeiro no entendimento do problema em questão (pensamento sistêmico) ao invés de começar com o código, estando ciente dos dados necessários e produzidos (via práticas de dados); e apoiar os professores na inclusão do PC em suas salas de aula (não só com ensino de programação, mas com métodos que facilitem essa inclusão). Neste sentido, a conceitualização adotada no presente trabalho considera práticas interdisciplinares no contexto de sala de aula para resolução de problemas, incluindo a prática de dados e usando ferramentas instrucionais desplugadas bem como plugadas. Para avaliar os resultados foi utilizada uma análise quantitativa cognitiva para medir o ganho do aprendizado. Importante salientar que a proposta do presente trabalho contribui com todas as lacunas identificadas no estudo previamente descrito.

Existem trabalhos que também fazem o uso de Jogos RPG para desenvolver o PC com base em diferentes conceitos da Computação. Cao, Ding, & Zhu (2019) propõem um curso de projeto e desenvolvimento de jogos RPG para alunos de graduação, introduzindo ao longo do processo conceitos de Computação como estrutura de dados, depuração e computação paralela e distribuída. Com base em estudos de caso os autores afirmam que os alunos se esforçam para entender os conceitos de CC ao projetar desafios de jogos e que a experiência de imersão em realidade virtual é envolvente e divertida. Karakasis & Xinogalos (2020) propõem um jogo de RPG para introduzir conceitos básicos de programação por meio do projeto de algoritmos e correção de erros para estudantes do Ensino Fundamental. Os algoritmos baseados em blocos devem ser criados para guiar o personagem durante a narrativa do jogo. Uma avaliação de usabilidade e experiência

do usuário foi realizada com professores da Educação Básica. Dentre suas descobertas, pode-se citar a atratividade do jogo e o seu potencial para facilitar a compreensão dos conceitos do PC. Enquanto esses trabalhos abordam a resolução de problemas por meio de programação, a atividade proposta neste artigo enfoca a compreensão do problema antes da codificação. Além disso, o Elementais RPG fornece opções para aplicação desplugada ou plugada, diferindo dos anteriores. Cabe destacar que nenhum dos trabalhos relaciona os conceitos do PC abordados, como feito para a atividade aqui proposta. A formação de professores (universitários) é abordada em Clarke e outros (2016), ao propor um *framework* para auxiliar o projeto e construção de jogos de RPG interativos desplugados. A partir de uma experiência realizada, os autores obtiveram feedbacks indicando que a proposta tinha valor educacional e que a mesma poderia ser incluída em planos de aula (mesmo sem saber exatamente como fazê-lo). A nossa proposta de tutorial é específica para a atividade proposta, o que favoreceu a segurança e disposição dos professores para replicá-la. Em comum entre todas as propostas, observa-se a motivação do público-alvo em realizar atividades que incluem jogos.

A robótica é uma outra abordagem que tem sido adotada para trabalhar conceitos do PC (Otaran, Tokatli, & Patoglu, 2018), muitas vezes, englobando o pensamento algorítmico por meio do ensino de programação (Athanasiou, Topali, & Mikropoulos, 2017). A interação tátil com robôs, além de motivar os alunos, pode também estimular a criatividade e imaginação. Observa-se que, assim como no uso de jogos educacionais, a robótica também permite a integração com diversas disciplinas, bem como a promoção de habilidades sociais, como espírito de equipe e colaboração mútua. Segundo Athanasiou e outros (2017), o principal benefício do uso da robótica e/ou de ambientes de programação é o feedback direto que os alunos recebem ao escrever o código. A programação em blocos é uma das abordagens mais utilizadas para o ensino do pensamento computacional, sendo usada para criação de histórias, jogos, vídeos, animações e programação de robôs (Sousa, Farias, & Carvalho, 2020). O fato de se obter esses produtos de forma rápida torna a abordagem atrativa. Isso se viabiliza, pois a programação em blocos permite abstrair a sintaxe focando na semântica. Porém, algumas estruturas não são totalmente abstraídas, como por exemplo, Mumcu e outros (2020) constatam que os alunos, ao definirem expressões algébricas, se saem melhor em ambientes tradicionais do que no ambiente baseado em blocos do Code.org. Independente da abordagem, pode-se dizer que o maior desafio do ensino de programação não é a linguagem, mas os conceitos e estruturas que a definem. Na atividade Elementais, a construção da solução não é dada diretamente usando código, mas por meio da execução do jogo em si. A proposta é de que se trabalhem essas estruturas após a compreensão implícita das estruturas (de dados e de controle) envolvidas. Com base nos estudos aqui apresentados, pode-se dizer que qualquer uma das abordagens (jogos educacionais, ambientes de programação baseada em blocos ou robótica) tem se mostrado atraente e efetiva para o desenvolvimento do PC. No entanto, tal efetividade depende da forma como os conceitos são trabalhados.

## 9 Conclusão

Este trabalho teve como objetivo apresentar uma proposta de um jogo digital e um tutorial remoto elaborados com base no jogo Elementais RPG<sup>10</sup>, bem como a avaliação realizada para identificar

<sup>10</sup>Repositório de materiais e recursos do Elementais RPG: <https://tinyurl.com/bnbnch7j>

a viabilidade e a adequação das abordagens para os públicos-alvo. O desenvolvimento destas atividades foi impulsionado, principalmente, pela pandemia da Covid-19, onde surgiu a necessidade de ferramentas para o ensino e a capacitação de educadores no escopo do PC. Além disso, para cada tarefa da atividade desplugada foram apresentados objetivos de aprendizagem relacionados ao PC e propostas de ações para explicitar conceitos do PC.

Comparando com o jogo digital, a versão desplugada permite maior flexibilidade para alterações ou adaptações na dinâmica do jogo, como por exemplo: definir diferentes personagens nas arenas em cada rodada para evitar que sejam conhecidas previamente as estratégias para vencer o jogo; suprimir a necessidade de registrar o passo a passo dos resultados dos cálculos tornando a atividade mais ágil quando os alunos já dominam as operações consideradas; incrementar a complexidade das operações aritméticas envolvidas, podendo inclusive fazer uso de expressões e alterar os intervalos dos números considerados. A avaliação da atividade desplugada evidenciou que a realização de mais encontros para tratar da mesma tarefa pode resultar em uma melhor compreensão dos conceitos envolvidos. Em especial, observou-se que a tarefa que introduz o conceito de força deveria ser mais exercitada. Apesar das avaliações do jogo digital e do tutorial terem sido realizadas com um número reduzido de estudantes e professores, elas permitiram identificar algumas lacunas, bem como demonstrar a viabilidade das propostas. Como resultado das avaliações, novas versões do jogo digital e do tutorial serão elaboradas para suprir tais lacunas. Uma nova versão mais dinâmica e atrativa do jogo digital será desenvolvida (suprimindo cálculos excessivos e permitindo configurações dos intervalos de valores considerados). Já no tutorial, serão melhor caracterizados e discutidos os conceitos/habilidades do PC.

Futuramente, pretende-se que as atividades aqui apresentadas sejam aplicadas a um número maior de alunos e professores para gerar um conjunto de dados mais consistente, permitindo também comparar os resultados do jogo digital com os da abordagem desplugada. Ademais, a atividade desplugada pode ser reaplicada, considerando trabalhar as ações que abordam explicitamente os conceitos do PC e readequando o pré-/pós-teste para também avaliar explicitamente estes conceitos. Desta forma, pode-se comparar os resultados das duas abordagens. Além disso, devido à portabilidade deste tipo de ensino, é possível estender outras atividades para a modalidade de ensino virtual, ampliando os recursos para a disseminação do PC.

## Agradecimentos

O presente trabalho teve o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Cód. Fin. 001, da Rede Sacci, da SMED/Pelotas, da PREC/PRPPG/UFPel.

## Referências

- Araujo, G., Silva, T., & Aranha, E. (2016). A construção de jogos digitais na escola: um relato de experiência na formação de professores. In *Anais do WIE*. doi: [10.5753/cbie.wie.2016.161](https://doi.org/10.5753/cbie.wie.2016.161) [GS Search]
- Athanasiou, L., Topali, P., & Mikropoulos, T. A. (2017). The use of robotics in introductory programming for elementary students. In D. Alimisis, M. Moro, & E. Menegatti (Eds.),

- Educational robotics in the makers era* (pp. 183–192). Cham: Springer. doi: [10.1007/978-3-319-55553-9\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-319-55553-9_14) [GS Search]
- Bartz, M. S. (2018). *Uma proposta de atividade desplugada baseada em um jogo RPG para promover o pensamento computacional e avaliar a colaboração entre estudantes do ensino fundamental*. TCC (Ciência da Computação), UFPEL. [Pergamum UFPel]
- Bell, T., Witten, I. H., & Fellows, M. (1998). *Computer science unplugged: Off-line activities and games for all ages*. [GS Search]
- Cao, F., Ding, D., & Zhu, M. (2019). Introducing fundamental computer science concepts through game design. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 34(4), 90–96. [GS Search]
- Centre for Teaching Excellence (2021). *Key Strategies for Effective Tutorials*. Acessado em 2 de nov. de 2021. Retrieved from <https://uwaterloo.ca/centre-for-teaching-excellence/teaching-resources/teaching-tips/planning-courses/tips-teaching-assistants/key-strategies-effective>
- Clarke, S., et al. (2016). *EscapED: Adapting live-action, interactive games to support higher education teaching and learning practices*. Springer. doi: [10.1007/978-3-319-50182-6\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-319-50182-6_13) [GS Search]
- Coelho, J., Souza, G. H., & Albuquerque, J. (2020). Metodologia de pesquisa científica em informática na educação: Abordagem quantitativa. In (Vol. 2, chap. Desenvolvimento de questionários e aplicação na pesquisa em Informática na Educação). MPCEIE. [GS Search]
- Csizmadia, A., et al. (2015). *Computational thinking - a guide for teachers*. Acessado em 3 de dez. de 2021. Retrieved from <https://www.computingatschool.org.uk/computationalthinking>
- Dabholkar, S., et al. (2021). Analysis of co-designed biology units integrated with computational thinking activities. In *Proc. of the 15th International Conference of the Learning Sciences - ICLS 2021* (pp. 665–668). International Society of the Learning Sciences. [GS Search]
- da Silva Junior, B., Cavalheiro, S., & Foss, L. (2018). Uma análise de um jogo educacional sob a ótica do pensamento computacional. In *Anais do SBIE* (p. 595-604). doi: [10.5753/cbie.sbie.2018.595](https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2018.595) [GS Search]
- Di Fuccio, R., Ferrara, F., & Di Ferdinando, A. (2019). The docent role play game: a tool for the training og the digital creativity for teachers. In *Proceedings of the First Symposium on Psychology-Based Technologies*. CEUR-WS.org. [GS Search]
- ExpPC (2022). *Explorando o Pensamento Computacional para a Qualificação do Ensino Fundamental*. Acessado em 18 de abril de 2022. Retrieved from <https://wp.ufpel.edu.br/pensamentocomputacional>
- Farias, E. J., et al. (2020). Pensamento computacional e a ação computacional por ensino remoto: Um relato de experiência de uso do appinventor em meio a pandemia de covid-19. In *Anais do SBIE* (pp. 1523–1532). doi: [10.5753/cbie.sbie.2020.1523](https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2020.1523) [GS Search]
- Gohl, L. (2016). *Usability guidelines for the creation and evaluation of functional and engaging tutorials in computer games*. B.Sc., Univ. de Ciênc. Aplic. de Hamburgo. [GS Search]
- Grave, L. A. S. (2021). *O pensamento computacional na prática: uma experiência usando python em aulas de matemática básica*. Dissertação de Mestrado, UFSM. [GS Search]
- Junior, B. S., Cavalheiro, S., & Foss, L. (2021). Gamestation: Specifying games with graphs. In *Anais do SBIE* (pp. 499–511). Porto Alegre, RS, Brasil: SBC. doi: [10.5753/sbie.2021.218639](https://doi.org/10.5753/sbie.2021.218639) [GS Search]
- Karakasis, C., & Xinogalos, S. (2020). Blocklyscript: Design and pilot evaluation of an rpg platform game for cultivating computational thinking skills to young students. *Informatics in Education*, 19(4), 641–668. doi: [10.15388/infedu.2020.28](https://doi.org/10.15388/infedu.2020.28) [GS Search]

- Kite, V., Park, S., & Wiebe, E. (2021). The code-centric nature of computational thinking education: A review of trends and issues in computational thinking education research. *SAGE Open*, 11(2), 1–17. doi: [10.1177/21582440211016418](https://doi.org/10.1177/21582440211016418) [GS Search]
- Martins, J. V. (2021). *Metodologias ativas no ensino integrado: Pensamento computacional como metodologia de ensino de lógica computacional*. Dissertação, IF Goiano. [GS Search]
- Martins da Silva, F., & Meneghetti, R. (2019). Pensamento computacional na Base Nacional Comum Curricular. In *Anais do CBE* (pp. 1–8). [Researchgate]
- MEC (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Acessado em 3 de dezembro de 2021. Retrieved from <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/abase>
- Mumcu, H. Y., Mumcu, S., & Çakirouglu, U. (2020). Use of arithmetic operation skills in block based programming environments: A comparative case study year. *Journal of Computer and Education Research*, 8(16), 404–427. doi: [10.18009/jcer.705822](https://doi.org/10.18009/jcer.705822) [GS Search]
- Oliveira, P., et al. (2019). Proposta e aplicação de atividades para o desenvolvimento das habilidades de organização de informação e pensamento algorítmico. In *Anais do WIE* (pp. 618–627). SBC. doi: [10.5753/cbie.wie.2019.618](https://doi.org/10.5753/cbie.wie.2019.618) [GS Search]
- Oliveira, P., et al. (2021). Jogo de RPG para o desenvolvimento de habilidades do pensamento computacional no ensino fundamental. In *Anais do WEI* (pp. 41–50). SBC. doi: [10.5753/wei.2021.15895](https://doi.org/10.5753/wei.2021.15895) [GS Search]
- Oliveira, W., Cambraia, A. C., & Hinterholz, L. T. (2021). Pensamento computacional por meio da computação desplugada: Desafios e possibilidades. In *Anais do WEI* (pp. 468–477). doi: [10.5753/wei.2021.15938](https://doi.org/10.5753/wei.2021.15938) [GS Search]
- Otaran, A., Tokatli, O., & Patoglu, V. (2018). Handson-computing: Promoting algorithmic thinking through haptic educat. robots. In *EuroHaptics* (pp. 564–574). Springer. doi: [10.1007/978-3-319-93399-3\\_48](https://doi.org/10.1007/978-3-319-93399-3_48) [GS Search]
- Pires, F., et al. (2018). O livro do conhecimento: Um jogo de aventura para exercitar a ortografia. In *Anais do SBIE* (pp. 695–704). doi: [10.5753/cbie.sbie.2018.695](https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2018.695) [GS Search]
- Ribeiro, L., Foss, L., & da Costa Cavaleiro, S. A. (2017). *Entendendo o pensamento computacional*. Acessado em 3 de dezembro de 2021. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/1707.00338>
- Silva, V., Silva, K., & França, R. (2017). Pensamento computacional na formação de professores: experiências e desafios encontrados no ensino da computação em escolas públicas. In *Anais do WIE* (Vol. 23, pp. 805–814). doi: [10.5753/cbie.wie.2017.805](https://doi.org/10.5753/cbie.wie.2017.805) [GS Search]
- Slomp, E. M., et al. (2021). Using computational thinking as a strategy for the development of reasoning and logic in students about the theme of ecology during the pandemic. In *Proc. EDUNINE* (p. 1-6). doi: [10.1109/EDUNINE51952.2021.9429100](https://doi.org/10.1109/EDUNINE51952.2021.9429100) [GS Search]
- Sousa, L., Farias, E., & Carvalho, W. (2020). Programação em blocos aplicada no ensino do pensamento computacional: Um mapeamento sistemático. In *Anais do SBIE* (pp. 1513–1522). SBC. doi: [10.5753/cbie.sbie.2020.1513](https://doi.org/10.5753/cbie.sbie.2020.1513) [GS Search]
- Sun, L., Guo, Z., & Hu, L. (2021). Educational games promote the development of students' comput. thinking: a meta-analytic review. *Interac. Learning Environ.*, 1–15. doi: [10.1080/10494820.2021.1931891](https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1931891) [GS Search]
- Wing, J. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49, 33-35. doi: [10.1145/1118178.1118215](https://doi.org/10.1145/1118178.1118215) [GS Search]
- Xavier, E., et al. (2021). Pensamento computacional integrado à matemática na BNCC: proposta para o primeiro ano do ensino fund. In *Anais do SBIE* (pp. 989–1001). SBC. doi: [10.5753/sbie.2021.217772](https://doi.org/10.5753/sbie.2021.217772) [GS Search]