

# Do laboratório à sala de aula: avaliação de protótipos de jogos com Arduino no ensino médio

Mateus Bonfim Track  
mateus.trackson@gmail.com  
Manna\_Team  
Universidade Estadual de Maringá  
Maringá, Paraná, Brasil

Maurilio Martins Campano  
Junior  
maurilio.campanojr@gmail.com  
Manna\_Team  
Universidade Estadual de Maringá  
Maringá, Paraná, Brasil  
Centro Universitário UniCesumar  
Engenharia de Software, Maringá  
Paraná, Brasil

Gabriel Vinicius de Menezes  
Gama  
gabrielmenezes.gama@hotmail.com  
Manna\_Team  
Universidade Estadual de Maringá  
Maringá, Paraná, Brasil

Marcos de Assumpção  
assumpcao2000@yahoo.com.br  
Manna\_Team  
Universidade Estadual de Maringá  
Maringá, Paraná, Brasil

Linnyer Beatrys Ruiz Aylon  
lbruiz@uem.br  
Manna\_Team  
Universidade Estadual de Maringá  
Maringá, Paraná, Brasil

## Abstract

The application of games in the classroom promotes a fun environment, and when we associate educational concepts with games, we awaken students' interest through the challenges that the games propose. In Computer Science, various theoretical concepts can be applied in different projects using the Arduino. This article presents the design and development of three game prototypes using the Arduino platform: a memory game, an infinite runner-style game, and a stacking game. The prototypes were evaluated by 59 high school students, indicating a great acceptance of the games, entertaining and motivating the students to study the concepts covered.

## Keywords

Educational games, Arduino, Computer Science

## 1 Introdução

A tecnologia pode ser um fator motivador para os estudos e quando associamos a tecnologia ao uso de jogos em sala de aula, além da motivação conseguimos divertir e entreter os alunos, ao mesmo tempo que os mesmos aprendem [1].

O Arduino é uma placa de prototipação rápida que pode ser utilizada na construção de diversos projetos [2]. A construção de jogos também pode ser realizada no Arduino, permitindo uma interface física com botões, luzes de LED, além de componentes associados à robótica [3].

Na Ciência da Computação diversos conceitos que envolvem matérias teóricas podem ser aplicados na prática utilizando circuitos, robôs e projetos diversos, abordando desde projetos simples para classes iniciais até projetos complexos para os anos finais do curso [4].

Portanto, o objetivo deste trabalho é apresentar o projeto e desenvolvimento de três protótipos de jogos envolvendo Arduino. Os jogos utilizam componentes simples como botões, LEDs, tela LCD e matriz de LEDs em sua construção.

Os protótipos foram ainda avaliados por 59 alunos do ensino médio, com resultados indicando uma alta aceitabilidade dos jogos, divertindo e motivando-os a estudar conceitos da Computação. Este trabalho foi desenvolvido no escopo do Manna\_Team.

As próximas seções deste trabalho descrevem a fundamentação teórica e os trabalhos relacionados na Seção 2. O projeto dos jogos é apresentado na Seção 3 enquanto que os protótipos são apresentados na Seção 4. Os resultados e discussões são demonstrados na Seção 5 e por fim a conclusão e trabalhos futuros na Seção 6.

## 2 Fundamentação teórica e trabalhos relacionados

Entre os conceitos que abordam o desenvolvimento deste trabalho podem ser destacados o Arduino em si e os componentes eletrônicos utilizados na construção dos protótipos. Os conceitos básicos sobre Arduino podem ser visualizados na subseção abaixo enquanto que os trabalhos relacionados podem ser vistos na subseção 2.2.

### 2.1 Arduino

O Arduino é uma plataforma controlada por software composta essencialmente por uma placa de circuito impresso, que utiliza um *chip* de processamento em conjunto com entradas e saídas adicionais e outros microcontroladores ou componentes eletrônicos que possibilitem expandir suas funcionalidades e interação com o mundo físico [5].

É utilizado em diversas aplicações: mineração, projeto de sistemas, controladores, automação residencial, aplicações de uso em geral, sensoriamento remoto, educação em programação, e outras. O Arduino UNO é a variante mais popular, porém também são utilizadas outras como o Arduino Mega, Due, Nano e Leonardo [6].

A versão mais nova do Arduino UNO é a R4, equipada com um processador *Cortex M4 de 32 bits*, tornando-o mais poderoso e versátil e preservando os recursos da família UNO, mantendo assim a compatibilidade com o *hardware* existente [7].

## 2.2 Jogos educativos com Arduino

O Arduino possui aplicações educativas em diversas áreas, o Vio-LED [8] é um aplicativo de ajuda no aprendizado de instrumentos musicais por meio de um software executado em uma plataforma Arduino, a qual controla os LEDs do violão e ajuda a detectar qual nota deve ser a próxima a ser tocada.

Pinheiro (2021) apresentou um jogo para reabilitação de amputados através de um simulador de uma raquete de mesa, criado com Arduino em sua prototipagem. A aplicação móvel coleta os dados do sensor giroscópio do *smartphone* e, através de uma comunicação *Bluetooth* com a placa de prototipação Arduino, encaminha as informações para o simulador.

CarGameAR é uma interface integrada de um jogo de carro programado na placa Arduino. O carro consiste em uma placa Arduino, uma ponte H e os motores. Com a integração de realidade aumentada o usuário pode controlar o carro usando gestos e movimentos físicos. Pode servir como ferramenta para o ensino de programação e do sistema automotivo [10].

Os protótipos apresentados neste trabalho diferem dos exemplos acima uma vez que utilizam de jogos para ensinar e exemplificar conceitos da computação.

## 3 Projeto dos Jogos

O projeto deste trabalho teve como objetivo o uso do Arduino como plataforma de desenvolvimento para jogos que exemplifiquem conceitos básicos da Computação.

Inicialmente foram projetados três protótipos de jogos distintos, o *Genius*, um jogo da memória, o *JumpBoy*, jogo estilo *infinite runner* no qual o personagem deve desviar dos obstáculos a medida que surgem e o *Stacking Game*, jogo de empilhar peças que passam pela tela.

Os jogos utilizam-se de componentes distintos associados ao Arduino, sendo que o *Genius* utiliza botões e LEDs, o *JumpBoy* é construído utilizando uma tela de LCD de 16x2 e o *Stacking Game* utiliza uma matriz de LEDs de 8x32. As características associadas ao projeto de cada um dos jogos são descritas a seguir.

### 3.1 Genius

O primeiro jogo criado foi um jogo da memória no estilo do jogo *Genius* [11]. No jogo, uma sequência de luzes de cores diferentes acende e o jogador deve repetir a mesma sequência utilizando botões para cada uma das cores das luzes, aumentando o tamanho da sequência caso o jogador acerte a mesma.

O jogo tem como propósito estimular a habilidade de memorização das cores e sons do jogador, utilizando uma associação entre as cores das luzes e dos botões, juntamente com estímulos sonoros.

O jogador precisa manter um nível elevado de concentração e reter na memória a sequência correta mostrada nas luzes, desafiando a capacidade de memória, concentração e raciocínio sequencial do jogador.

O uso do jogo permite associar conceitos de computação como estruturas de filas e geração de valores aleatórios a jogos físicos com componentes eletrônicos como o Arduino. Com relação ao *software* utilizado no jogo, seu código simples permite o entendimento de conceitos como repetição, entrada de dados por meio dos botões e saída por meios de sinais sonoros e luminosos.

Essa combinação de elementos de hardware e software possibilita uma aprendizagem interativa, permitindo que os alunos adquiram uma compreensão abrangente dos princípios básicos da Computação, seus componentes físicos e a programação envolvida em um jogo.

Em um primeiro momento foram realizadas simulações do jogo no ambiente do Tinkercad [12], visando modelar e simular o comportamento do circuito. A representação do circuito construído no Tinkercad para o *Genius* pode ser vista na Figura 1.

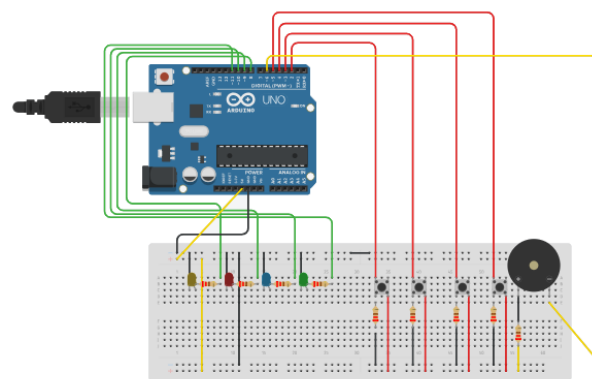


Figure 1: Esquema de ligações para o jogo *Genius* no Tinkercad

Antes da implementação física, uma validação e teste do funcionamento dos componentes foram realizados na simulação criada no Tinkercad. Com jogo validado e testado no simulador, foi realizada a compra dos materiais para construção do protótipo.

### 3.2 Jump Boy

O *Jump Boy* é um projeto similar ao *T-Rex Game* do Google [13], no qual o personagem deve desviar dos obstáculos a medida que surgem na tela. No entanto esse projeto envolve o uso de uma tela LCD de 16x2, assim o personagem está no canto esquerdo da tela e os obstáculos surgem a partir da direita.

A ideia do jogo é criar uma experiência divertida que chame a atenção do jogador, lembrando o famoso jogo citado anteriormente. Como forma de desafiar os jogadores foram definidos níveis de dificuldade no jogo, sendo que a medida que o jogador avança a velocidade com que os obstáculos surgem aumenta.

Além do aumento da velocidade, um placar é exibido ao jogador, permitindo visualizar sua pontuação e comparar o resultados com outros jogadores.

O jogo permite assim a associação de conceitos de estruturas multidimensionais como uma matriz, uma vez que o tamanho da tela LCD é de 16 colunas x 2 linhas.

O esquema de ligação do *JumpBoy* pode ser visto na Figura 2, sendo que para este projeto foram necessários os seguintes componentes:

- Arduino;
- tela LCD 16x2;
- botão;

- potenciômetro;
- *protoboard*;
- resistores e *jumpers*.

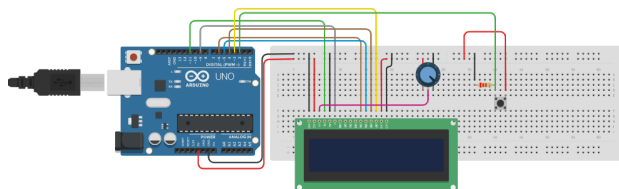


Figure 2: Esquema de ligações para o jogo Jump Boy no TinkerCad

### 3.3 Stacking Game

Já o *Stacking Game* é um jogo na qual uma série de 3 ou 4 “bolinhas” se movem horizontalmente em uma tela e o objetivo do jogador é empilhá-las para alcançar o topo da tela. A cada nível a velocidade com que os elementos passam na horizontal aumenta, dificultando encaixar as novas “bolinhas” em cima das já posicionadas na tela.

O jogo tem dois níveis de dificuldade, fácil e difícil, sendo que no nível difícil a velocidade com que as “bolinhas” passam pela tela é mais rápida do que no nível fácil. Além disso, o nível fácil apresenta 4 “bolinhas” na horizontal enquanto que o nível difícil tem somente 3 (três).

O jogo envolve conceitos associados a uma estrutura de dados multidimensional como uma matriz, uma vez que é visualizado em um *display* de Led de 8x32. Para este protótipo não foi realizado o esquema de ligações na ferramenta TinkerCad, uma vez que a mesma não possui o componente de matriz de Led 8x32.

## 4 Protótipos dos jogos

Os jogos foram construídos conforme o projeto acima e suas características são descritas nas subseções abaixo.

### 4.1 Genius

No protótipo do jogo *Genius*, foram utilizados os seguintes componentes: um Arduino Uno, uma *protoboard* de 830 pontos, quatro LEDs de alto brilho de 5mm nas cores verde, amarelo, azul e vermelho, além de quatro botões do tipo *arcade* nas mesmas cores. Uma bateria de 9v foi utilizada como forma de alimentação, além dos resistores e *jumpers* para conexão.

A montagem do protótipo em si seguiu o esquema descrito na Figura 1 e o circuito do jogo resultante pode ser visto na Figura 3. Os componentes foram anexados a uma caixa de MDF visando facilitar o seu uso.

Com relação ao código, a lógica do jogo *Genius* no microcontrolador Arduino descreve a utilização do usuário com os botões, visualizando o resultado nos LEDs e no *buzzer*, permitindo que os jogadores participem do desafio de memória, reproduzindo sequências de cores e sons.

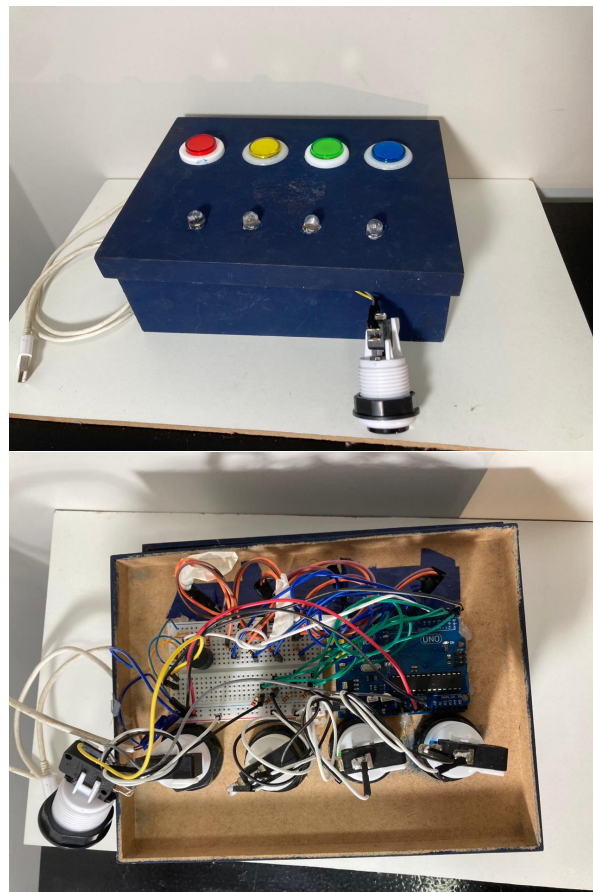


Figure 3: Protótipo do jogo Genius criado (visualização externa e interna)

### 4.2 Jump Boy

No protótipo do *JumpBoy*, como forma de facilitar a jogabilidade do jogo, o botão do tipo *push button* foi substituído por um botão estilo *arcade* e a tela LCD de 16x2 foi substituída por um *shield* LCD de 16x2, facilitando seu encaixe na placa Arduino Uno utilizada, permitindo uma maior movimentação dos componentes do jogo e também dispensando o uso da *protoboard*. A Figura 4 abaixo representa o protótipo do jogo *JumpBoy*.

O código associado ao jogo utiliza a biblioteca “*LiquidCrystal.h*” que é voltada ao uso dos LEDs presentes no *display*, facilitando assim a manipulação do *shield* e a prototipagem do jogo.

### 4.3 Stacking Game

O jogo do *Stacking Game* utilizou como componentes um Arduino Uno R3, um módulo de matriz de LED com *display* 8x32 com circuito integrado MAX7219, um botão do tipo *arcade* e *jumpers*. Para armazenamento e uso do protótipo foi utilizada uma caixa de plástico simples e a visualização externa e interna do jogo pode ser vista na Figura 5.

O software que gerencia as transições na matriz de LED utiliza funções definidas na biblioteca *MD\_MAX72xx.h*, permitindo assim





Figure 4: Protótipo do jogo *JumpBoy* criado (visualização externa e interna)

o acendimento de LEDs específicos e as transições (movimentações simuladas) entre os LEDs da matriz, transições estas necessárias para o funcionamento do jogo.

Durante o jogo, caso o jogador não consiga empilhar os blocos que passam horizontalmente na tela, os mesmos caem para a base do *display*, dificultando ainda mais conseguir chegar ao topo da tela.

Quando o usuário consegue chegar ao topo, uma mensagem informa que o mesmo obteve uma vitória e retorna para um novo jogo, possibilitando escolher novamente entre os dois níveis de dificuldade.

## 5 Avaliação dos jogos

Como forma de aplicar os protótipos desenvolvidos, os jogos foram utilizados em uma prática em uma escola pública na cidade de Maringá-PR. Um total de 59 alunos de duas turmas do ensino médio técnico em desenvolvimento de sistemas participaram da aula e das atividades propostas com os jogos.

A atividade foi conduzida por um doutorando em Ciência da Computação, acompanhado por alunos de iniciação científica. O

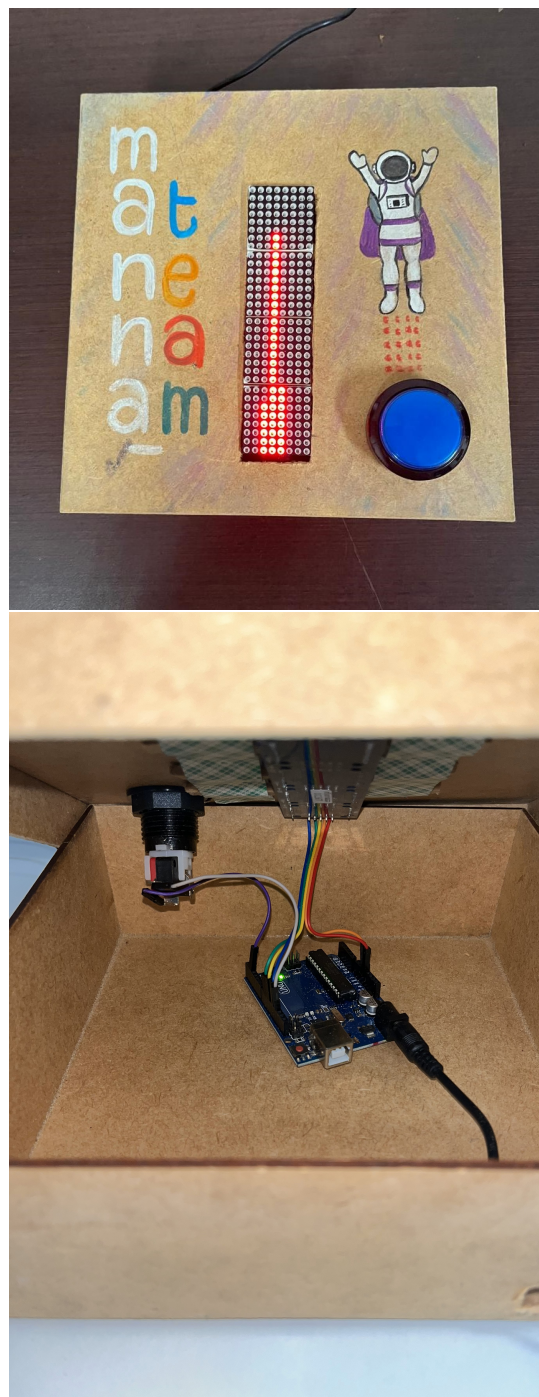


Figure 5: Protótipo do jogo *Stacking Game* criado (visualização externa e interna)

professor de informática da escola, a pedagoga e a diretora da escola também participaram da atividade.

A aula durou das 7:30 até 12:15, com um intervalo entre 9:40 e 10:00. Em um momento inicial, os alunos estavam todos agrupados

em uma única sala de aula, para que todos obtivessem a mesma explicação inicial e introdução aos conceitos básicos.

Após este primeiro momento, as demais atividades foram conduzidas em três salas diferentes, devido a quantidade de alunos presentes. Assim os três grupos foram rotacionados nas três salas para que todos pudessem presenciar e aprender com todo o programa planejado, na qual em cada uma das salas um dos jogos com Arduino estava presente.

Inicialmente foram apresentados aos alunos conceitos básicos de computação como a organização de um computador, hierarquia de memória e sistemas operacionais. Na sequência, conceitos associados a jogos como narrativa, *feedback*, níveis de dificuldade, dinâmica e mecânica de jogos e jogabilidade foram definidos pelos pesquisadores responsáveis pela aula prática.

Após as explicações citadas acima, os alunos responderam um questionário prévio associado às suas aulas com tecnologia e ao uso do computador como ferramenta de estudo. As questões utilizavam a escala *Likert*, sendo que 1 representa a discordância total e 5 a concordância total com o item avaliado. As questões utilizadas podem ser vistas na Tabela 1 abaixo enquanto que as respostas das questões podem ser vistas na Figura 6.

Número	Questão
Q1	Eu gosto de ir para a escola?
Q2	Eu gosto de estudar?
Q3	Eu já tive aula de informática (robótica, programação)?
Q4	Na minha escola tenho aula no computador?
Q5	Eu acredito que os estudos podem me ajudar a ter um futuro melhor?
Q6	Eu tenho computador em casa?
Q7	Eu costumo utilizar o computador para estudar?

**Table 1: Questões utilizadas sobre o uso do computador como ferramenta didática na escola**

Pode-se observar pelas respostas que apenas 74% dos alunos possuem computador em suas casas, no entanto 92% dos alunos tem aula nos computadores da escola.

No questionário prévio aplicado aos alunos, também foram avaliados os gostos associados a jogos, sendo observado que 60% dos alunos costumam jogar videogames, 66% jogam no computador e 80% jogam em celulares. Esses dados podem ser utilizados como forma de desenvolvimento de novas ferramentas e jogos para o ensino, no qual estas podem ser principalmente voltadas para dispositivos móveis, uma vez que é o recurso mais associado a jogos.

Com relação a jogos educativos, apenas 56% dos alunos costumam jogar este tipo de jogo e a preferência de brincadeiras lúdicas é por atividades em grupo (76%) contra 70% para atividades individuais.

Após esta primeira avaliação, os alunos utilizaram os três protótipos dos jogos, sendo que em média cada aluno jogou de três a cinco vezes cada um dos jogos.

A utilização dos protótipos teve duração média de 3 horas e na sequência os alunos responderam outro questionário avaliando questões como desafios propostos pelos jogos, diversão proporcionada, satisfação obtida com os jogos, usabilidade dos jogos e aprendizagem percebida.

As questões utilizadas nesse questionário foram baseadas e adaptadas a partir de metodologias de avaliação de jogos educativos

como o MEEGA+ [14], a avaliação pedagógica dos componentes de um jogo educativo [15], o IAQJEd (Instrumento de Avaliação da Qualidade de Jogos Educativos) [16] e o PAJDE (Programa de Avaliação de Jogos Digitais Educacionais) [17]. As questões e os resultados da avaliação dos protótipos podem ser visualizados na Tabela 2.

Questão	Média
Eu precisei aprender poucas coisas para começar a jogar?	4.2
Aprender a jogar foi fácil para mim?	4.1
Eu acho que a maioria das pessoas aprenderia facilmente o jogo?	3.8
Eu me senti desafiado pelos jogos?	4.2
Eu me senti motivado a estudar novos conceitos com os jogos?	3.8
Eu consegui aprender com os jogos?	4.1
Completar as tarefas do jogo me deu um sentimento de realização?	4.2
Eu recomendaria este jogo para meus colegas	4.3
Eu gostei dos jogos?	4.6

**Table 2: Médias das questões utilizadas para avaliações dos protótipos**

A avaliação foi feita de modo generalizado, não indicando nas questões se a resposta estava associada a algum protótipo específico, no entanto pode-se perceber que os alunos gostaram dos jogos, visto que as respostas indicaram uma aceitação de 92%. Os jogos conseguiram entreter e divertir os alunos, além de motivá-los para estudos de conceitos associados à computação.

Ao participar do experimento, os alunos foram capazes de experimentar os jogos criados com o Arduino e seus componentes, explorando assim os conceitos de computação por meio de jogos educativos de forma prática e lúdica.

Percebe-se também que os alunos se sentem desafiados pelos jogos e tentam resolver e obter sucesso. Foi observado ainda que os alunos competem entre si para ver quem ganha no jogo. Assim, jogos que gerem a competição podem favorecer o engajamento dos alunos em sala de aula.

Analisando as respostas do questionário prévio com as respostas avaliativas dos jogos, pode-se perceber que poucos alunos costumam jogar jogos educativos (56%), no entanto as respostas do 2º questionário indicam que o estilo de jogo motiva-os e facilita o aprendizado ao mesmo tempo que desafia os alunos na resolução das tarefas.

Pode-se perceber assim um caminho que pode facilitar o aprendizado dos alunos, utilizando-se de jogos educativos, facilitando o ensino de conceitos teóricos e utilizando-se de abordagens diferentes em sala de aula, além de divertir e motivar os alunos.

## 6 Conclusão

Este trabalho apresentou três protótipos de jogos com Arduino, o *Genius*, jogo da memória com botões e LEDs, o *JumpBoy*, jogo estilo *infinite runner* em uma tela LCD e o *Stacking Game*, jogo de empilhar blocos que utiliza uma matriz de LED de 8x32.

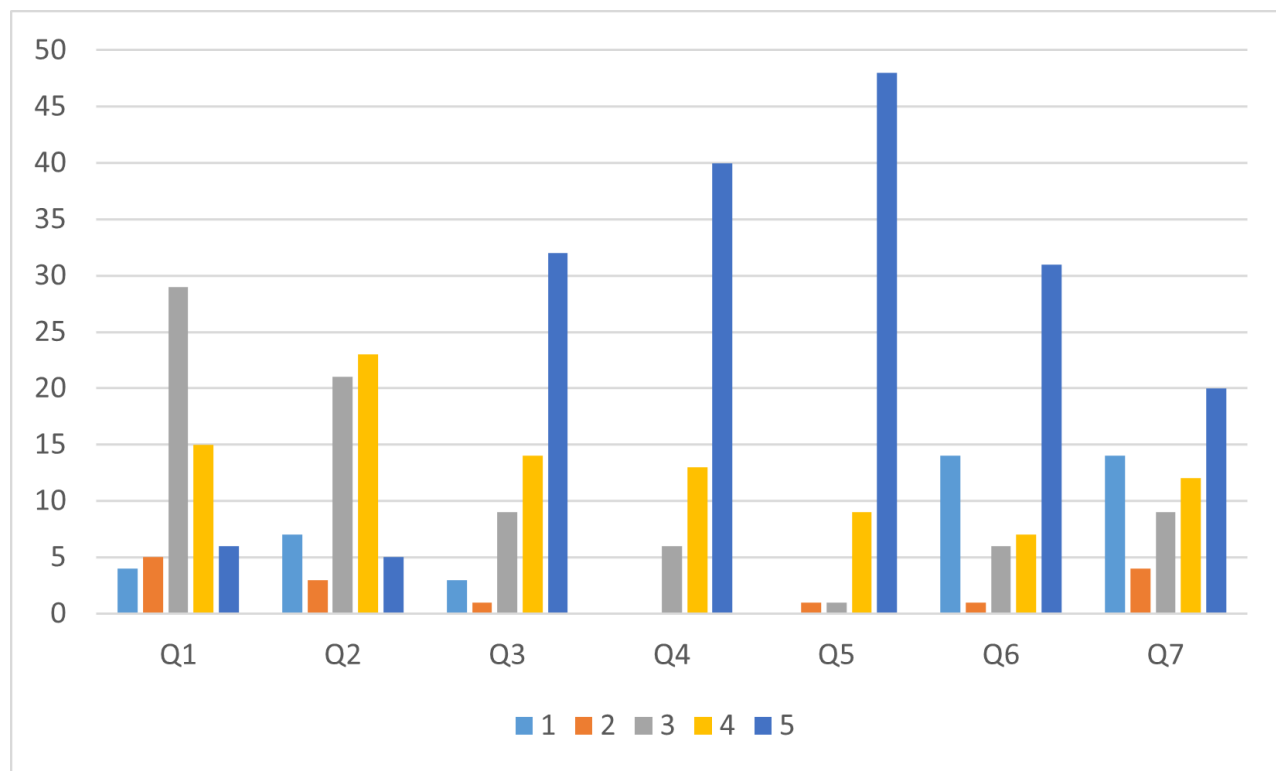


Figure 6: Respostas das questões da Tabela 1

O trabalho apresenta ainda os resultados da avaliação prévia dos jogos em uma escola pública com 59 alunos, indicando uma boa aceitação dos alunos, divertindo e motivando-os.

Como trabalhos futuros a ideia é o desenvolvimento de novos jogos utilizando os componentes descritos neste trabalho, como por exemplo o *Tetris* e o *Snake*, além de adicionar sistema de pontuações do tipo *ranking*, permitindo assim em uma didática em sala de aula, avaliar as melhores pontuações de uma turma.

A utilização de jogos educativos no ambiente escolar pode beneficiar alunos e professores, promovendo uma interação mais dinâmica e melhorando o aprendizado dos alunos.

Conteúdos teóricos de disciplinas podem ser complementados com o auxílio de jogos educativos, permitindo assim a visualização destes conceitos em um ambiente diferente de uma sala de aula padrão.

## Agradecimentos

Agradecimentos ao @manna\_team, a Fundação Araucária de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Estado do Paraná (FA) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) - Brasil processo 421548/2022-3 pelo apoio.

## References

- [1] Larisa V Tsyganova, Yana V Zubkova, Natalia V Bystrova, Lyubov I Kutepova, and Maxim M Kutepov. Game technologies as a means of increasing the educational motivation of university students. *Propositos y representaciones*, 9(1):54, 2021.
- [2] Arduino.cc. Arduino - home. <https://www.arduino.cc/> Acessado em junho 2023.
- [3] Piotr Duch and Tomasz Jaworski. Enriching computer science programming classes with arduino game development. In *2018 11th International Conference on Human System Interaction (HSI)*, pages 148–154. IEEE, 2018.
- [4] Ingrid Russell, Carolyn Pe Rosiene, and Aaron Gold. A cs course for non-majors based on the arduino platform. In *Proceedings of the 51st ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, pages 1309–1309, 2020.
- [5] John Nussey. *Arduino for dummies*. John Wiley & Sons, 2013.
- [6] Hari Kishan Kondaveeti, Nandeesh Kumar Kumaravelu, Sunny Dayal Vanambathina, Sudha Ellison Mathe, and Suseela Vappangi. A systematic literature review on prototyping with arduino: Applications, challenges, advantages, and limitations. *Computer Science Review*, 40:100364, 2021.
- [7] Arduino. Arduino uno r4 is a giant leap forward for an open source community of millions, 2023. <https://blog.arduino.cc/2023/03/25/arduino-uno-r4/> Acessado em julho 2023.
- [8] Eduardo Santos SILVA. Violated: instrumento musical aumentado+ software como serviço para adesão e engajamento do público no aprendizado musical. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022.
- [9] Andrelise Nunes Lemos Pinheiro. Proposta de solução no apoio de sessões de fisioterapia para amputados baseada em gamificação. 2021.
- [10] Dang Bui, Wanwan Li, and Hong Huang. Cargamear: An integrated ar car game authoring interface for custom-built car programed on arduino board, 2023.
- [11] Estrela. Brinquedos estrela. <https://www.estrela.com.br/> Acessado em junho 2023.
- [12] Tinkercad. Tinkercad, 2023. <https://www.tinkercad.com/> Acessado em 26 maio 2023.
- [13] Google. Dino run t-rex game. <https://trex-runner.com/> Acessado em junho 2023.
- [14] Giani Petri, Christiane Gresse von Wangenheim, and Adriano Ferreti Borgatto. Meega+: Um modelo para a avaliação de jogos educacionais para o ensino de computação. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 27(3), 2019.
- [15] Maurílio Martins Campano Junior, Henrique Cristovao de Souza, and Alan Salvany Felinto. Avaliação pedagógica com base na união dos componentes dos jogos educacionais e das teorias de aprendizagem. In *Proceedings of XIX SBGames - Simpósio Brasileiro de Jogos de Computador e Entretenimento Digital - Education Track*, pages 551–558, 2020.
- [16] Isa De Jesus Coutinho. Avaliação da qualidade de jogos digitais educativos: trajetórias no desenvolvimento de um instrumento avaliativo. Tese (Doutorado) -

- Universidade do Estado da Bahia*, 2017.
- [17] Willian Santos and Lynn Rosalina Gama Alves. Pajed: Um programa de avaliação de jogos digitais educacionais. *Anais do Seminário de Jogos Eletrônicos, Educação e Comunicação*, 2019.

Received 15 December 2024; revised january and February 2025; accepted 24 February 2025