

Jogos Educativos com Arduino no Ensino Básico e Técnico: Uma Avaliação de Engajamento e Aprendizado

*Educational Games with Arduino in Basic and Technical Education: An Evaluation of
Engagement and Learning*

Mateus Bonfim Track¹, Maurilio Martins Campano Junior^{1,2},
Gabriel Vinicius de Menezes Gama¹, Felipe Fernandes Silva¹,
Linnyer Beatrys Ruiz Aylon¹

¹Manna_Team

Universidade Estadual de Maringá (UEM) - Maringá (PR)

²Centro Universitário UniCesumar - Engenharia de Software
Maringá (PR)

mateus.trackson@gmail.com, maurilio.campanojr@gmail.com,
gabrielmenezes.gama@hotmail.com, felippefernandes10@gmail.com,
lbruiz@uem.br

Abstract. Introduction: Computer science education in basic education faces engagement challenges. Playful Physical Computing is promising, but platforms like Arduino are often underexplored. **Objective:** This work was developed in the context of the Manna project and aims to evaluate a didactic approach based on the experimentation of five educational games embedded in Arduino to introduce algorithm and electronics concepts in public schools. **Methodology:** An applied experimental study in which five tangible artifacts were programmed in C/C++. Validation occurred in three public school classes using pre- and post-test questionnaires based on the MEEGA+ model. **Results:** The intervention achieved high acceptance. Logic games with defined win conditions provided greater perceived learning and challenge compared to infinite runners. **Keywords.** Educational Games, Arduino, Computer Science Education, Physical Computing.

Resumo. Introdução: O ensino de computação na educação básica enfrenta desafios de engajamento. A Computação Física lúdica é promissora, mas plataformas como o Arduino são frequentemente subexploradas. **Objetivo:** Este trabalho foi desenvolvido no contexto do projeto Manna e tem como objetivo avaliar uma abordagem didática baseada na experimentação de cinco jogos educativos embarcados em Arduino para introduzir conceitos de algoritmos e eletrônica em escolas públicas. **Metodologia:** Estudo experimental aplicado no qual cinco artefatos tangíveis foram programados em C/C++. A validação ocorreu em três turmas públicas utilizando questionários pré e pós-teste baseados no modelo MEEGA+. **Resultados:** A intervenção obteve alta aceitação. Jogos lógicos com vitória definida proporcionaram maior percepção de aprendizado e desafio comparados aos infinite runners. **Palavras-chave.** Jogos Educativos, Arduino, Ensino de Computação, Computação Física.

1. Introdução

O uso de jogos educativos consolidou-se como uma estratégia de ensino eficaz, abordando conteúdos de forma ativa e lúdica. Ao inserir o estudante em um ambiente interativo, os jogos promovem a aquisição de novos conhecimentos, habilidades e atitudes [Battistella e von Wangenheim 2016]. Elementos intrínsecos a essa abordagem, como desafio, competição, sistemas de recompensa e interação social, atuam como catalisadores da motivação, mantendo o discente focado na atividade pedagógica [von Wangenheim e von Wangenheim 2012].

No contexto brasileiro, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) estabelece a Cultura Digital como sua quinta competência geral, destacando a necessidade de os estudantes não apenas consumirem tecnologia, mas também a compreenderem e criarem de forma crítica [Brasil 2018]. Concomitantemente, a Sociedade Brasileira de Computação (SBC) defende que o ensino de computação deve ser introduzido ainda na educação básica. Segundo Melo et al. (2013), essa introdução precoce favorece o desenvolvimento do raciocínio lógico e da resolução de problemas, além de fomentar o interesse pela área tecnológica, evitando que o primeiro contato ocorra apenas no ensino superior.

Entretanto, a inserção da computação no ensino básico enfrenta desafios, especialmente na promoção da inclusão digital em escolas públicas. Macedo et al. (2025) ressaltam o papel da universidade pública como parceira estratégica na democratização do acesso à cultura digital, promovendo práticas educativas comprometidas com a justiça social. Nesse cenário, os jogos digitais emergem como ferramentas para o desenvolvimento de *hard skills* (como lógica de programação) e *soft skills* (como trabalho colaborativo) [Parreiras et al. 2023].

Uma abordagem promissora para materializar esses conceitos é a Computação Física, que conecta o mundo digital ao analógico. O Arduino, uma plataforma de prototipação eletrônica *open-source*, destaca-se por sua acessibilidade e capacidade de facilitar a interação entre *hardware* e *software* [Cavalcante et al. 2015]. Embora a versatilidade do Arduino permita diversas aplicações, como em tecnologias assistivas [Paiva et al. 2020], uma lacuna foi identificada na literatura: frequentemente, a plataforma é utilizada apenas como interface de entrada (controle) para jogos executados em computadores. Poucas iniciativas exploram o microcontrolador como a unidade central de processamento lógico do jogo, integrando a eletrônica diretamente à mecânica lúdica.

Este trabalho propõe o uso do Arduino não apenas como periférico, mas como a plataforma principal para a criação de jogos educativos que ensinam, simultaneamente, conceitos de algoritmos (condicionais, laços, matrizes) e eletrônica básica (circuitos, sensores, atuadores). A proposta consiste em desmistificar a “caixa preta” da tecnologia, permitindo que estudantes visualizem a interação prática entre o código e os componentes físicos.

O objetivo geral deste trabalho é apresentar e avaliar uma sequência didática baseada no desenvolvimento e experimentação de jogos com Arduino em escolas da rede pública. Busca-se explicar, de maneira simplificada, a interação entre *hardware* e *software*, e analisar, através de questionários, o impacto dessa abordagem no engajamento

dos alunos e no despertar do interesse pela área da computação.

2. Fundamentação Teórica e Trabalhos Relacionados

O Arduino é uma plataforma de computação física de código aberto (*open-source*) composta por uma placa baseada em microcontrolador e um ambiente de desenvolvimento [Banzi 2011]. A programação é realizada através da Arduino IDE (*Integrated Development Environment*), que utiliza uma linguagem baseada em C/C++ para abstrair a complexidade do *hardware*, permitindo que o microcontrolador processe instruções e controle componentes externos, o que facilita o acesso à tecnologia para estudantes e designers [Banzi 2011].

Para a construção das interfaces tangíveis dos jogos, a placa opera em conjunto com diversos componentes eletrônicos categorizados por suas funções. Dispositivos de saída, como LEDs, matrizes de LED e *displays* LCD, são responsáveis pela comunicação visual, enquanto *buzzers* fornecem *feedback* sonoro [Oliveira e Zanetti 2015]. A interação do jogador é capturada por dispositivos de entrada, incluindo *push buttons* adaptados e *joysticks* analógicos [Saharia et al. 2017], sendo a montagem do circuito viabilizada e protegida por componentes estruturais como *protoboards*, cabos *jumpers* e resistores [Oliveira e Zanetti 2015].

A revisão de literatura realizada evidenciou diversas aplicações do Arduino no contexto educacional e lúdico, embora com abordagens distintas da proposta neste trabalho. Uma vertente comum é a utilização do microcontrolador como ferramenta auxiliar em sistemas maiores ou com fins assistivos. Exemplos incluem o trabalho de Santos et al. (2023), que utilizou Arduino de forma lúdica, com foco no ensino de Braille. Similarmente, Raval et al. (2018) e Wu et al. (2020) empregaram a plataforma para gerenciar, respectivamente, a comunicação NFC em carros robóticos para ensino de segurança cibernética e o controle via *Bluetooth* de robôs jogadores de futebol. Nestes casos, o foco recai sobre a aplicação final ou a robótica, e não necessariamente no desenvolvimento da lógica do jogo embarcado.

No âmbito do ensino de eletrônica e programação básica, Leite (2022) propôs a integração do Arduino com a linguagem visual *Scratch*, enquanto Cunha (2023) e Assante et al. (2016) desenvolveram *kits* didáticos e interfaces simplificadas para introduzir crianças à montagem de circuitos. Tais trabalhos assemelham-se à presente proposta no objetivo de introdução tecnológica, porém focam majoritariamente na montagem física e na eletrônica básica, em detrimento da lógica de programação de jogos.

Uma abordagem mais próxima foi apresentada por Duch e Jaworski (2018), que desenvolveu uma placa baseada em Arduino com periféricos de jogos para ensinar programação em C. Contudo, a aplicação foi direcionada a graduandos de Ciência da Computação, um público com maturidade acadêmica superior.

Diferentemente dos trabalhos citados, esta pesquisa propõe o uso do Arduino não apenas como controlador de periféricos ou ferramenta de robótica, mas como a plataforma central para o desenvolvimento completo de jogos voltado especificamente para estudantes do ensino fundamental e médio. A proposta busca preencher a lacuna entre o ensino de eletrônica básica e a programação de jogos, utilizando a ludicidade para reduzir a abstração de conceitos computacionais para um público iniciante.

3. Metodologia

Esta pesquisa caracteriza-se como um estudo experimental aplicado, envolvendo o desenvolvimento de artefatos tecnológicos (jogos com Arduino) e sua validação em ambiente escolar. O método de trabalho foi dividido em duas etapas: (i) Estudo dos componentes e desenvolvimento dos jogos e *hardware*; e (ii) Aplicação em sala de aula e validação com instrumentos de coleta. A Figura 1 ilustra o fluxo metodológico adotado.

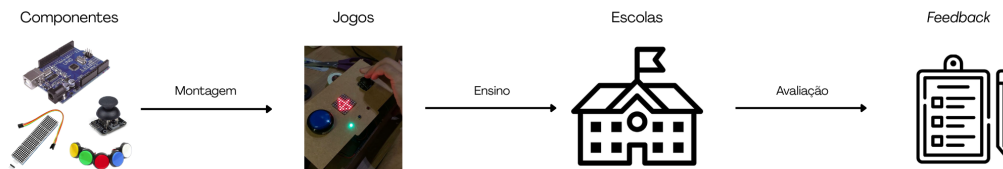


Figura 1. Fluxo metodológico da pesquisa: do desenvolvimento à avaliação.

3.1. Desenvolvimento dos Jogos e Hardware

Foram utilizados cinco jogos com a plataforma de prototipagem Arduino como núcleo de processamento. Destes, dois foram desenvolvidos em uma etapa anterior do projeto [Track et al. 2025] e três consistem em proposições novas deste trabalho. A escolha do *hardware* priorizou componentes de baixo custo e fácil reposição, visando a replicabilidade em escolas públicas. Os componentes principais incluíram placas Arduino Uno R3 e Arduino Due (para maior capacidade de memória), matrizes de LED (8x8 e 8x32), *displays* LCD 16x2, botões tipo *Arcade*, *joysticks* analógicos e *buzzers* para *feedback* sonoro. O *software* foi construído na Arduino IDE utilizando C/C++. Os jogos foram projetados para cobrir diferentes níveis de complexidade computacional:

- **Stacking (Preexistente [Track et al. 2025]):** Jogo de reflexo no qual o jogador deve empilhar blocos em uma matriz 8x32. Explora conceitos de laços de repetição e precisão temporal.
- **Jump Boy (Preexistente [Track et al. 2025]):** Jogo estilo *infinite runner* em *display* LCD 16x2. Exige do aluno a compreensão de tratamento de caracteres personalizados e atualização de quadros.
- **Tetris (Novo):** Recriação do clássico em matriz de LED. Devido à complexidade lógica e necessidade de manter a fluidez dos *inputs* enquanto processa a queda das peças, utilizou-se um Arduino Due e interrupções de *hardware* para gerenciamento de tempo.
- **Homem X IA (Novo):** Jogo competitivo em turnos numa matriz 8x8. O desafio técnico consistiu em implementar uma inteligência artificial (algoritmo guloso) capaz de competir com o humano dentro das limitações de processamento do microcontrolador.
- **Chuva de Meteoros (Novo):** Desenvolvido na placa proprietária MannaNauta (com *display* RGB 5x5 e sensores capacitivos). Foca na otimização de código para gerenciar a renderização da matriz e a leitura dos sensores de toque simultaneamente.

Todos os protótipos foram acondicionados em caixas de MDF personalizadas para garantir a robustez durante o manuseio pelos estudantes e facilitar a visualização dos

componentes internos, permitindo a exploração do *hardware*. A Figura 2 abaixo apresenta uma imagem dos jogos construídos.

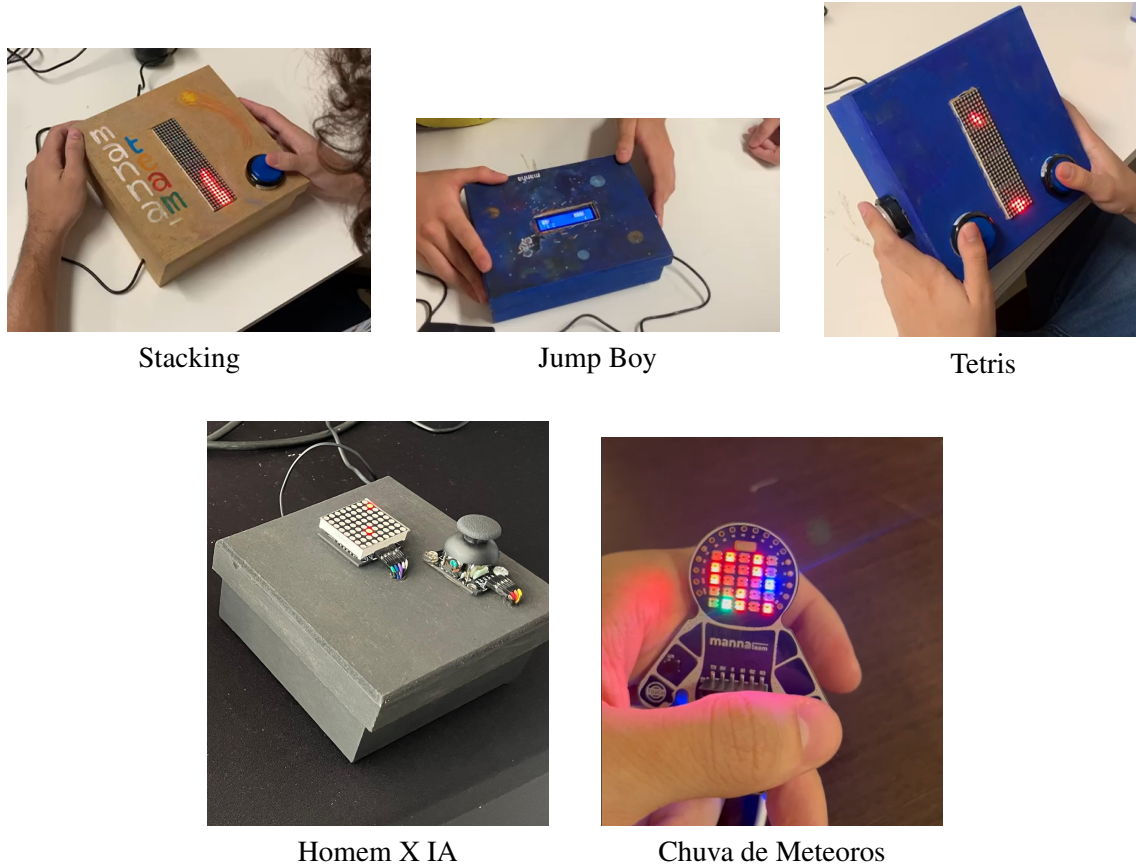


Figura 2. Protótipos dos cinco jogos desenvolvidos na plataforma Arduino.

3.2. Procedimentos de Aplicação e Instrumentos

A validação dos jogos ocorreu no contexto de atividades pedagógicas regulares em duas escolas públicas da região metropolitana de Maringá (PR), totalizando três turmas distintas. O planejamento das intervenções seguiu rigorosamente as diretrizes éticas para pesquisas envolvendo seres humanos, conforme a Resolução CNS 510/2016. A atividade foi formalmente autorizada pela direção pedagógica das instituições e pelos docentes regentes das turmas. A participação dos estudantes foi voluntária e anônima, sendo assegurado o sigilo das informações coletadas e o direito de não participação sem qualquer prejuízo às atividades escolares.

3.2.1. Participantes

A amostra da pesquisa foi composta por três grupos distintos de estudantes:

1. **T1 (Ensino Fundamental - Altas Habilidades):** Constituída por quatro alunos matriculados entre o 7º e o 9º ano, com idades variando de 13 a 14 anos.
2. **T2 (Ensino Fundamental - Altas Habilidades):** Formada por sete alunos, também do 7º ao 9º ano, na mesma faixa etária de 12 a 15 anos.

3. **T3 (Ensino Médio Técnico):** Uma turma regular de 3º ano, totalizando 63 alunos respondentes no questionário inicial, com faixa etária predominante entre 16 e 17 anos.

3.2.2. Roteiro da Atividade

As intervenções ocorreram em turno letivo, com duração média de 1h40min a 2h, estruturadas nas seguintes etapas:

1. **Sondagem Inicial:** Aplicação de questionário para levantar o perfil demográfico e conhecimentos prévios sobre programação e eletrônica.
2. **Exposição Dialogada:** Apresentação de slides introduzindo o Arduino, a relação *hardware/software* e a lógica de programação por trás dos jogos (ex: uso de condicionais para leitura de botões).
3. **Experimentação Prática:** Rodízio dos alunos entre as estações dos cinco jogos, garantindo que todos tivessem contato com as diferentes mecânicas e interfaces.
4. **Avaliação Final:** Aplicação de questionário pós-teste para avaliar a experiência do usuário e a percepção de aprendizado.

3.2.3. Instrumentos de Coleta de Dados

Para a coleta de dados, utilizaram-se questionários estruturados com respostas baseadas em uma escala *Likert* de 5 pontos (sendo 1 para “Discordo Totalmente” e 5 para “Concordo Totalmente”). O instrumento de avaliação foi dividido em quatro blocos metodológicos:

- **Questionário Inicial (QI1 a QI9):** Composto por nove questões destinadas a mapear o perfil demográfico do aluno, seu interesse geral por tecnologia e o contato prévio com robótica e desenvolvimento de jogos.
- **Questionário Final (QF1 a QF13):** Baseado e adaptado do modelo MEEGA+ [Petri et al. 2019], o qual é consolidado na avaliação da qualidade de jogos educacionais. Este bloco foi organizado em quatro dimensões analíticas: facilidade de aprendizado e clareza das regras (QF1 a QF4); percepção de desafio e sentimento de realização (QF5 a QF6); aceitação, que abrange satisfação, diversão e recomendação (QF7 a QF9); e percepção de aprendizagem e motivação para estudos futuros (QF10 a QF13).
- **Avaliação Específica dos Jogos:** Composto por três questões direcionadas a avaliar individualmente cada um dos cinco artefatos desenvolvidos. As siglas de identificação foram divididas por jogo: *Stacking* (S1 a S3), *Jump Boy* (J1 a J3), *Tetris* (T1 a T3), *Homem X IA* (H1 a H3) e *Chuva de Meteoros* (C1 a C3).
- **Questões Discursivas (Opcionais):** Espaço aberto ao final do instrumento destinado à coleta de dados qualitativos, permitindo que os estudantes relatassem livremente suas percepções, destacando os pontos positivos e negativos da experiência com cada jogo.

A consolidação, análise e discussão dos dados obtidos por meio destes instrumentos são apresentadas na seção subsequente.

4. Resultados e Discussão

A coleta de dados foi realizada por meio de questionários aplicados antes e depois das intervenções práticas. Os dados foram tabulados para permitir análises quantitativas e qualitativas, observando o perfil dos estudantes, a aceitação dos jogos desenvolvidos e a percepção de aprendizado. A seguir, os resultados são apresentados por grupo, seguidos das análises de usabilidade e aceitação técnica dos jogos.

4.1. Primeira Turma (Altas Habilidades)

A primeira turma (T1) apresentou um perfil majoritariamente masculino (três meninos e uma menina). O questionário inicial revelou que os participantes já possuíam familiaridade prévia com Arduino, robótica ou programação (QI1, QI2, QI6), o que permitiu uma abordagem mais aprofundada durante a explicação técnica. Apenas o desenvolvimento de jogos (QI7) foi apontado como novidade para parte do grupo. Em relação ao perfil escolar, notou-se uma neutralidade quanto ao gosto pelos estudos (QI3, QI4), sugerindo que metodologias tradicionais podem não ser totalmente engajadoras. Em contrapartida, todos relataram contato frequente com jogos digitais (QI8), validando a escolha da abordagem lúdica.

A avaliação final indicou que as regras foram fáceis de compreender e os jogos foram eficazes em transmitir a sensação de desafio e realização (QF5, QF6). A unanimidade positiva nas questões QF7, QF8 e QF9 demonstra que a atividade foi divertida e recomendável. No âmbito educacional, os alunos perceberam os protótipos como um método motivador e eficaz de ensino (QF11, QF13). A Figura 3 apresenta os resultados específicos de cada jogo para a T1.

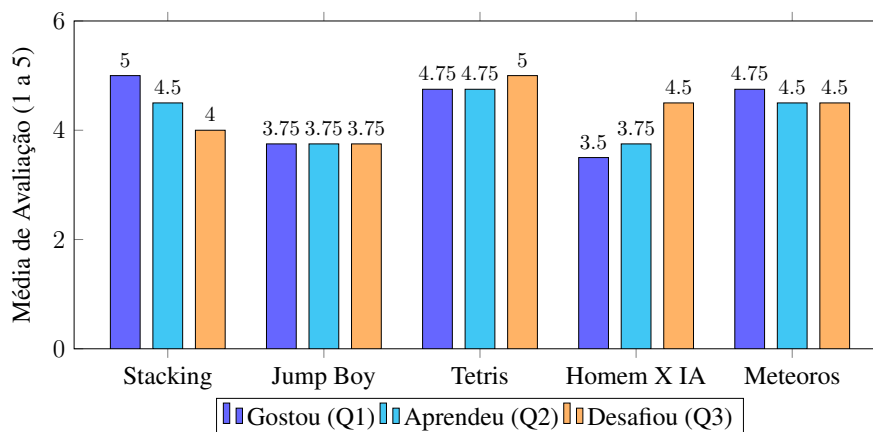


Figura 3. Média de avaliação dos jogos pela Turma 1 nas três dimensões analisadas.

Como observado, o jogo *Stacking* obteve excelente aceitação, com os participantes atribuindo nota máxima na maioria dos critérios. O *Jump Boy* dividiu opiniões quanto ao nível de desafio, recebendo avaliações intermediárias. Os jogos *Tetris* e *Chuva de Meteoros* foram considerados educativos e desafiadores pela maioria. O *Homem X IA*, embora tenha gerado sentimento de desafio, apresentou uma percepção de aprendizado levemente inferior.

4.2. Segunda Turma (Altas Habilidades)

A segunda turma (T2) contou com sete alunos, sendo cinco do gênero masculino e dois do feminino. Os dados iniciais mostraram um grupo dividido quanto à experiência prévia em programação (QI6), mas com forte hábito de consumir jogos digitais (QI8, QI9).

A avaliação final sugeriu grande facilidade na compreensão das mecânicas. Todos os estudantes relataram sentimento de realização ao completar as tarefas (QF6) e confirmaram diversão com a experiência. A percepção do potencial educativo (QF10, QF11) foi unânime ou majoritária, indicando o sucesso da abordagem pedagógica adotada. Os resultados de avaliação específica dos artefatos estão dispostos na Figura 4.

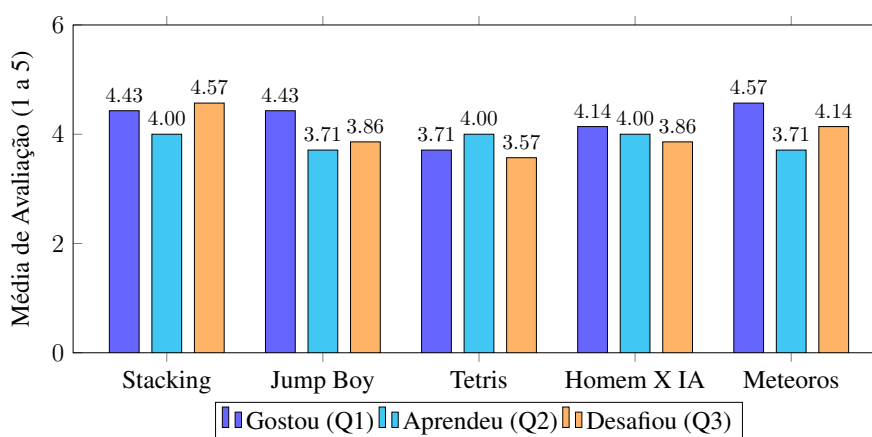


Figura 4. Média de avaliação dos jogos pela Turma 2 nas três dimensões analisadas.

O *Tetris* recebeu críticas pontuais em respostas discursivas, sendo descrito por alguns estudantes como “entediante” ou “demorado”. Isso evidencia como a ausência de um objetivo final imediato (característica intrínseca a jogos de pontuação infinita) pode afetar o engajamento de certos perfis de jogadores. Já no *Homem X IA*, notou-se que parte dos alunos não percebeu o desafio esperado, o que pode indicar que o algoritmo guloso implementado foi sobrepujado com facilidade ou a mecânica competitiva não foi compreendida em sua totalidade.

4.3. Terceira Turma (Ensino Médio Técnico)

A terceira intervenção envolveu o maior grupo do estudo, totalizando 63 respondentes iniciais e 56 respondentes finais, todos estudantes do 3º ano do ensino médio técnico (idades entre 16 e 19 anos), com predominância do gênero masculino (56%).

Os dados iniciais revelaram um contraste importante: enquanto 52,4% afirmaram gostar de estudar (QI3), apenas 44,4% gostavam do ambiente escolar (QI4), um forte indício de insatisfação com o modelo transmissivo tradicional. O interesse por tecnologia demonstrou-se alto (49,2%), e 74,6% possuíam contato frequente com jogos digitais, confirmando a alta receptividade esperada para ferramentas de aprendizado lúdicas.

A avaliação pós-intervenção validou essa expectativa, sendo que 96,4% dos estudantes consideraram fácil aprender a jogar, e 91,1% relataram diversão plena. O

impacto pedagógico foi atestado por 87,5% dos alunos, que consideraram os jogos um bom método de ensino (QF11). O detalhamento das respostas específicas para este grupo encontra-se na Figura 5.

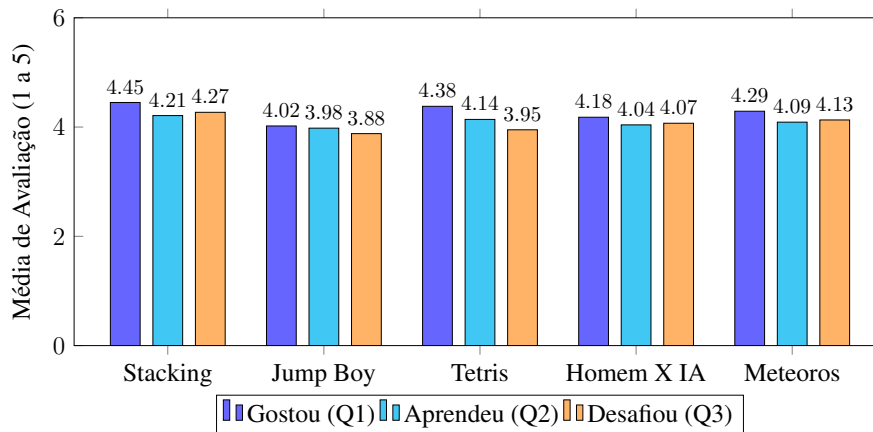


Figura 5. Média de avaliação dos jogos pela Turma 3 nas três dimensões analisadas.

O jogo *Stacking* manteve-se como o grande destaque positivo em termos de aceitação e engajamento. Artefatos do tipo *infinite runner* (*Jump Boy*) ou de sobrevivência baseada em pontuação (*Tetris* e *Chuva de Meteoros*) apresentaram um índice menor de percepção de desafio quando comparados aos jogos de lógica estrita. Hipotetiza-se que a ausência de um estado de vitória definitivo (“zerar o jogo”) dilui a percepção de desafio para alunos mais velhos. Apesar disso, a taxa geral de aprovação dos artefatos permaneceu substancialmente alta. No *Homem X IA*, a percepção de aprendizado de conceitos computacionais foi ligeiramente inferior à média do grupo, apontando a necessidade de explicitar melhor o funcionamento do algoritmo decisório da máquina antes do momento de interação.

4.4. Análise Comparativa

A comparação transversal entre os três grupos revela padrões comportamentais e pedagógicos consistentes. O interesse pela área de tecnologia manteve-se constante na faixa de 50% dos participantes, independentemente da idade ou do nível escolar. Notou-se, contudo, uma queda expressiva na satisfação com o ambiente escolar formal à medida que o nível de escolaridade avança. Em contrapartida, o consumo frequente de jogos digitais mostrou-se uma unanimidade entre as turmas, ratificando a eficácia do uso de *videogames* como um canal de comunicação familiar e altamente atrativo para a introdução de novos saberes.

Quanto aos artefatos desenvolvidos, observou-se uma correlação direta entre o *design* da mecânica e a percepção de desafio por parte dos alunos. Jogos baseados em lógica com condições de vitória bem definidas, como o *Stacking*, registraram índices de engajamento cognitivo e de percepção de aprendizado superiores. Por outro lado, jogos focados em resistência ou do tipo *infinite runner* (como *Jump Boy* e *Tetris*) sofreram críticas pontuais de monotonia, especialmente entre os alunos do ensino médio. Isso ocorre devido à progressão gradual de dificuldade e à ausência de um fechamento

narrativo claro (o ato de “zerar o jogo”), o que dilui o sentimento de conquista a curto prazo.

Por fim, a autopercepção de aprendizado de conceitos de computação e eletrônica foi substancialmente positiva nas três amostras. A materialidade do *hardware* da plataforma Arduino, aliada ao *feedback* visual e sonoro imediato dos componentes físicos, converteu conceitos abstratos de programação em resultados tangíveis. Embora a motivação para aprofundar os estudos em exatas tenha variado de acordo com as inclinações prévias dos alunos, a intervenção provou que a computação física lúdica é uma estratégia capaz de romper as barreiras de apatia frequentemente associadas ao modelo de ensino tradicional.

5. Conclusão

Este trabalho apresentou o desenvolvimento e a avaliação de uma abordagem lúdica para o ensino introdutório de computação, utilizando jogos construídos na plataforma Arduino. A aplicação prática, realizada com três turmas de perfis distintos, incluindo estudantes com altas habilidades e do ensino médio técnico, permitiu validar a eficácia da metodologia proposta tanto no engajamento discente quanto na percepção de aprendizado.

Os resultados obtidos indicam que a integração entre *hardware* e *software* em um ambiente gamificado é capaz de despertar a curiosidade e a motivação, superando barreiras frequentemente associadas ao ensino tradicional de programação. A alta taxa de aceitação, aliada à facilidade relatada na compreensão das mecânicas, sugere que a tangibilidade do Arduino combinada à interatividade dos jogos motiva os alunos a se engajarem na assimilação de conceitos técnicos.

Observou-se, contudo, que o gênero do jogo influencia a percepção do desafio pedagógico, uma vez que jogos baseados em lógica e etapas definidas, como o *Stacking*, foram consistentemente avaliados como mais desafiadores e educativos. Por outro lado, jogos de resistência ou pontuação infinita (*infinite runners*), como *Tetris* e *Jump Boy*, embora divertidos, apresentaram menor engajamento em turmas mais maduras devido à ausência de um objetivo final de “vitória”. Além disso, a experiência com o jogo *Homem X IA* evidenciou a necessidade de uma mediação pedagógica mais robusta ao introduzir conceitos abstratos, como algoritmos de inteligência artificial, para garantir que o jogador compreenda a lógica por trás do desafio.

Uma constatação relevante da pesquisa foi o contraste entre o alto interesse dos estudantes por tecnologia e o desinteresse progressivo pelo ambiente escolar tradicional. A intervenção proposta atuou como um ponto de convergência, utilizando a familiaridade dos alunos com jogos digitais para contextualizar o ensino de computação, tornando-o mais atraente e significativo.

Como trabalhos futuros, pretende-se refinar as mecânicas dos jogos atuais, inserindo níveis de dificuldade progressiva nos jogos de estilo “infinito” e melhorando o *feedback* visual das tomadas de decisão da IA. Planeja-se também expandir o catálogo de jogos para abordar outros tópicos da ciência da computação e realizar estudos longitudinais, visando avaliar a retenção do conhecimento a longo prazo e a viabilidade de inserção desta metodologia em currículos regulares de escolas públicas.

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 nº 421548/2022-3) pelo apoio”.

Referências

- Assante, D., Fornario, C., Sayed, A. E., e Salem, S. A. (2016). Edutronics: Gamification for introducing kids to electronics. In *2016 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, pages 905–908.
- Banzi, M. (2011). *Getting started with arduino*. Maker Media, 2 edition.
- Battistella, P. E. e von Wangenheim, C. G. (2016). Engaged: Um processo de desenvolvimento de jogos para ensinar computação. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 27, page 380.
- Brasil (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Ministério da Educação, Brasília.
- Cavalcante, M. M., de Souza Silva, J. L., Dantas, J. R., e Viana, E. C. (2015). Proposta de serious games aplicado ao ensino de eletricidade básica: o jogo genius a partir da plataforma arduino. *Abakós*, 4(1):3–19.
- Cunha, D. G. (2023). Ensaio sobre produtos educacionais da startup Digo: aspectos sobre o conhecimento tecnológico pedagógico do conteúdo (TPACK).
- Duch, P. e Jaworski, T. (2018). Enriching computer science programming classes with arduino game development. In *2018 11th International Conference on Human System Interaction (HSI)*, pages 148–154. IEEE.
- Leite, D. G. (2022). Uso da robótica educacional e pensamento computacional para melhorar a compreensão em aulas de fundamentos de eletricidade e lógica de programação. Master's thesis, Especialização em Docência para Educação Profissional e Tecnológica – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba – IFPB.
- Macedo, F. R., Fernandes, L. d. M., dos Santos, D. G., de Paula Santos, B. E., Costa, M. E. R., Mendes, Y. A., Ferreira, B. A., e Machado, I. G. (2025). Codifica aí: Inclusão digital e de gênero no ensino de programação na educação básica pública. In *Workshop de Sistemas de Informação (WSIS)*, pages 232–237. SBC.
- Melo, L. d. A., Costa, T. K. L., e Batista, A. C. D. (2013). Pense bem: proposta e desenvolvimento de jogo digital para ensino de computação na educação básica. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 24, page 346.
- Oliveira, C. L. V. e Zanetti, H. A. P. (2015). *Arduino Descomplicado: Como Elaborar Projetos de Eletrônica*. Editora Érica.
- Paiva, B. T., Amaral, É. M. H., Follmann, J., e Júnior, J. D. S. (2020). Physiopong: Serious game aplicado ao processo de reabilitação física de amputados de membro superior. *XI Computer on the Beach*, 2.

- Parreiras, M., Nascimento, P., e Xexéo, G. (2023). Aprendizado baseado em projetos em desenvolvimento de jogos digitais: Um estudo de caso. In *Anais Estendidos do XXII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 235–245, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Petri, G., Gresse von Wangenheim, C., e Borgatto, A. F. (2019). Meega+: Um modelo para a avaliação de jogos educacionais para o ensino de computação. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 27(3).
- Raval, R., Maskus, A., Saltmiras, B., Dunn, M., Hawrylak, P. J., e Hale, J. (2018). Competitive learning environment for cyber-physical system security experimentation. In *2018 1st International Conference on Data Intelligence and Security (ICDIS)*, pages 211–218.
- Saharia, T., Bauri, J., e Bhagabati, C. (2017). Joystick controlled wheelchair. *Int. Res. J. Eng. Technol*, 4(7):235–237.
- Santos, M. A., Jesus, B., Diniz, M., e Ferreira, J. (2023). Braille de bolso: Um jogo digital portátil embarcado em uma placa arduino. In *Anais Estendidos do XXII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 526–535, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Track, M. B., Campano Junior, M. M., de Menezes Gama, G. V., de Assumpção, M., Aylon, L. B. R., et al. (2025). Do laboratório à sala de aula: avaliação de protótipos de jogos com arduino no ensino médio. *Anais do Computer on the Beach*, 16:379–385.
- von Wangenheim, C. G. e von Wangenheim, A. (2012). Ensinando computação com jogos. *Bookess Editora, Florianópolis, SC, Brasil*.
- Wu, B., Yang, Z., Wu, X., e Chen, Y. (2020). 3d printing intelligent soccer robot match system. In *2020 Chinese Automation Congress (CAC)*, pages 6013–6017.