

Física Computacional no Ensino Médio: uma abordagem lúdica baseada em jogos

Computational Physics in High School: A Playful Approach Based on Games

Física Computacional en la Educación Secundaria: Un Enfoque Lúdico Basado en Juegos

Michel Xisto Silva Silveira

Faculdade de Ciências da Universidade do Porto [FCUP], Porto, Porto, Portugal

 <https://orcid.org/0009-0002-8613-7886>

Rian de Souza Facundo

Centro de Ensino Jacarepaguá [CEJA], Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil

 <https://orcid.org/0009-0009-4501-5023>

Frederico Alan de Oliveira Cruz

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro [UFRRJ], Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, Brasil

 <https://orcid.org/0000-0002-2612-3952>

E-mail de correspondência: xisto.michel@gmail.com

Recebido em: 17 abril 2025 • Aceito em: 15 set 2025 • Publicado em: 06 out 2025

DOI: 10.12957/impacto.2025.91241

Resumo

Este artigo apresenta uma proposta didática baseada no uso da ludicidade como estratégia para o ensino da história da Física Computacional, em consonância com os princípios da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que orienta a integração de dimensões históricas, sociais e tecnológicas ao ensino de Ciências. Busca-se romper com práticas pedagógicas tradicionais, muitas vezes centradas exclusivamente em fórmulas e cálculos, por meio de um jogo desenvolvido na plataforma Genially, que aborda desde o surgimento do ENIAC e do método de Monte Carlo, na década de 1940, até avanços como a Teoria do Funcional da Densidade (DFT) e simulações de dinâmica molecular. A dinâmica do jogo contempla elementos como





tabuleiro, cartas temáticas e eventos simulados, como o “Caos de Lorenz” (revés) e a “Paralelização Bem-Sucedida” (sorte), estimulando o trabalho em equipe, a revisão conceitual e a compreensão da ciência como processo coletivo. Propõe-se a sua aplicação em três etapas: contextualização histórica (50 min), realização do jogo (50 min) e debate avaliativo (50 min), culminando na produção de um texto dissertativo como atividade final. A proposta fundamenta-se em análises de diversos autores, que evidenciam como os jogos educativos contribuem para o aumento do envolvimento e do desempenho estudantil, favorecendo abordagens interdisciplinares e contribuindo para uma compreensão da ciência como um empreendimento dinâmico e contextualizado.

Palavras-chave: Ensino de Física, Aprendizagem Baseada em Jogos, Interdisciplinaridade.

Abstract

This article presents a didactic proposal based on the use of playfulness as a strategy for teaching the history of Computational Physics, in alignment with the principles of the Brazilian National Common Curricular Base (BNCC), which guides the integration of historical, social, and technological dimensions into Science education. The aim is to break away from traditional pedagogical practices, often focused exclusively on formulas and calculations, through a game developed on the Genially platform. This game addresses topics ranging from the emergence of ENIAC and the Monte Carlo method in the 1940s to more recent advances such as Density Functional Theory (DFT) and molecular dynamics simulations. The game dynamic includes elements such as a board, thematic cards, and simulated events, such as “Lorenz Chaos” (setback) and “Successful Parallelization” (luck), fostering teamwork, conceptual review, and an understanding of science as a collective process. Its implementation is proposed in three stages: historical contextualization (50 minutes), game session (50 minutes), and evaluative discussion (50 minutes), culminating in the production of an argumentative essay as the final activity. The proposal is grounded in analyses by various authors who highlight how educational games contribute to increased student engagement and performance, promote interdisciplinary approaches, and support a view of science as a dynamic and contextualized enterprise.

Keywords: Physics Education. Game-Based Learning. Interdisciplinarity.

Resumem

Este artículo presenta una propuesta didáctica basada en el uso de la ludicidad como estrategia para la enseñanza de la historia de la Física Computacional, en consonancia con los principios de la Base Nacional Común Curricular (BNCC) de Brasil, que orienta la integración de dimensiones históricas, sociales y tecnológicas en la enseñanza de las Ciencias. Se busca romper con prácticas pedagógicas tradicionales, muchas veces centradas exclusivamente en fórmulas y cálculos, mediante un juego desarrollado en la plataforma Genially. Este juego abarca desde el surgimiento del ENIAC y del método de Monte Carlo en la



década de 1940 hasta avances como la Teoría del Funcional de la Densidad (DFT) y las simulaciones de dinámica molecular. La dinámica del juego incluye elementos como tablero, cartas temáticas y eventos simulados, tales como el “Caos de Lorenz” (revés) y la “Paralelización Exitosa” (suerte), fomentando el trabajo en equipo, la revisión conceptual y la comprensión de la ciencia como un proceso colectivo. Se propone su aplicación en tres etapas: contextualización histórica (50 minutos), realización del juego (50 minutos) y debate evaluativo (50 minutos), culminando con la producción de un texto disertativo como actividad final. La propuesta se fundamenta en análisis de diversos autores que evidencian cómo los juegos educativos contribuyen al aumento del compromiso y del rendimiento estudiantil, favorecen enfoques interdisciplinarios y promueven una comprensión de la ciencia como una empresa dinámica y contextualizada.

Palabras-clave: Enseñanza de la Física. Aprendizaje Basado en Juegos. Interdisciplinariedad.

INTRODUÇÃO

A atual Base Nacional Comum Curricular (BNCC), homologada por meio das Resoluções CNE/CP nº 2/2017 e nº 4/2018 (Brasil, 2017; Brasil, 2018), redefiniu a organização dos conteúdos escolares das diversas disciplinas que compõem a grade curricular da educação básica brasileira. A Física, por exemplo, passou a integrar uma área mais abrangente, denominada “Ciências da Natureza e suas Tecnologias”, junto à Química e à Biologia. Nesse contexto mais amplo, o ensino de Física ganhou uma nova perspectiva, indo além das fórmulas e cálculos matemáticos, promovendo a integração de dimensões históricas, sociais, culturais e tecnológicas que contribuam para uma compreensão mais ampla e contextualizada dos fenômenos naturais.

Essa nova ideia tem potencial para promover uma mudança significativa na formação dos estudantes, relativamente aos documentos anteriores, ao enfatizar a necessidade de apresentar o conhecimento científico como uma construção coletiva e em constante transformação, articulada às necessidades e inovações de cada época, favorecendo uma visão da ciência como parte integrante da vida social e cultural, conectada com os desafios contemporâneos. No entanto, muitas vezes, a abordagem da Física permanece centrada na transmissão de fórmulas e na resolução mecânica de exercícios, com pouca articulação entre os conteúdos e o cotidiano dos estudantes (Moreira, 2018). Essa abordagem dificulta a compreensão dos fenômenos de forma contextualizada e limita o



desenvolvimento de competências previstas na BNCC, mantendo o distanciamento do que é a ciência e a sociedade.

Sendo assim, a abordagem de temas como o desenvolvimento e a história da Física, incluindo da Física Computacional, deveria ganhar espaço nas aulas de Física para além de uma mera curiosidade, sobretudo porque a incorporação de episódios históricos no ensino tem se mostrado promissora para o aumento do interesse dos estudantes, favorecendo o seu envolvimento com a Física, bem como com outras áreas da ciência e da tecnologia (Becker; Heidemann; Lima, 2024). Assim, ao apresentar como essa área surgiu como ferramenta para lidar com problemas físicos complexos, pode-se estimular a participação em projetos interdisciplinares que recorrem à computação na resolução de problemas reais e na escolha de uma carreira futura.

Para superar as limitações do ensino tradicional, é fundamental que os professores adotem metodologias ativas, como vídeos, atividades investigativas ou projetos interdisciplinares (Dufay, 2019; Sylvestre et al., 2024). Dentre essas estratégias, os jogos, bem como a gamificação, destacam-se como ferramentas valiosas no processo de ensino-aprendizagem, ao combinarem aprendizado e ludicidade, promovendo o envolvimento dos estudantes e estimulando sua participação (Murillo-Zamorano et al., 2021). Isso ocorre, na maioria das vezes, porque a dinâmica dos jogos transforma o ato de aprender numa experiência interativa, que favorece a construção de conhecimentos por meio de desafios e narrativas envolventes. Além disso, percebe-se o potencial para ampliar a inclusão educacional, especialmente quando adaptados às necessidades específicas dos estudantes, promovendo a autonomia, o desenvolvimento de habilidades e a valorização das diferenças no ambiente escolar (Marques, Miranda & Duarte, 2025).

É nesse contexto que propomos a abordagem do tema com a utilização de um jogo de tabuleiro, que convida os alunos a conhecerem a história e os principais marcos dessa área da ciência. Ao longo do jogo serão percorridos pelos participantes os diferentes períodos históricos, enfrentando desafios que envolvem desde conceitos clássicos da Física até simulações computacionais contemporâneas, o que permite relacionar avanços científicos com transformações sociais e tecnológicas de cada época. A proposta alia o rigor conceitual à ludicidade, promovendo uma aprendizagem em consonância com uma visão mais ampla na formação escolar, ao valorizar a contextualização histórica, a interdisciplinaridade e o protagonismo estudantil no processo de construção do conhecimento científico.



CONTEXTO HISTÓRICO

A história da Física Computacional está profundamente entrelaçada com o desenvolvimento dos computadores e da ciência da computação, uma vez que, desde meados do século XX, com o surgimento dos primeiros computadores digitais, os físicos estiveram entre os pioneiros na criação e aplicação de métodos computacionais para enfrentar problemas que iam além das possibilidades das abordagens analíticas tradicionais (Sadiku; Shadare; Musa, 2017). Mais do que somente se beneficiar dos avanços tecnológicos, a Física Computacional teve um papel protagonista no aprimoramento da modelagem numérica e contribuiu significativamente para o próprio desenvolvimento da ciência computacional.

O primeiro marco expressivo nessa trajetória ocorreu no final da década de 1940, quando John von Neumann e os seus colaboradores utilizaram o ENIAC (*Electronic Numerical Integrator and Computer*), um dos primeiros computadores eletrônicos, para realizar cálculos balísticos (Figura 1). A percepção do imenso potencial dessas novas tecnologias logo levou o grupo a expandir o seu uso, aplicando-as à modelagem de reações nucleares e explosões termonucleares (Haigh; Priestley; Rope, 2014). Foi nesse ambiente de descobertas e inovações que surgiu o método de Monte Carlo, criado para simulações probabilísticas na física estatística e na física de partículas, uma ferramenta que transformaria a ciência ao possibilitar a investigação de sistemas caóticos e fenômenos irreversíveis (Metropolis, 1987).

Na década de 1950, a física computacional começou a se consolidar como uma ferramenta científica essencial, especialmente devido ao seu grande potencial de prever fenômenos complexos. Em 1951, von Neumann e o meteorologista Jule Charney foram pioneiros ao utilizar computadores na previsão do tempo, marcando o início da modelagem computacional na dinâmica dos fluidos (Lynch, 2008). O avanço da tecnologia permitiu que, no ano seguinte, com o surgimento de computadores mais potentes, fosse possível realizar simulações mais complexas num tempo consideravelmente reduzido. Foi em 1953 que Nicholas Metropolis e os seus colaboradores propuseram o algoritmo Metropolis-Hastings, uma extensão do método de Monte Carlo, que visava à geração de distribuições de probabilidade (Metropolis et al., 1953).

Durante a década de 1950, observaram-se os primeiros esforços no uso da computação para a resolução da equação de Schrödinger, inicialmente no contexto da Química (Pritchard, 2001), o que representou um passo importante nos estudos sobre a estrutura eletrônica de átomos e

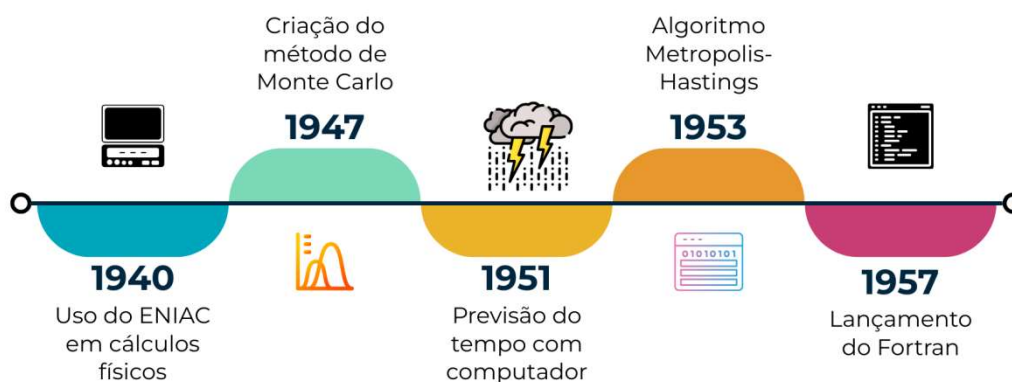


moléculas, com implicações significativas para diversas áreas da Física. Nesse mesmo período, Enrico Fermi, John Pasta, Stanislaw Ulam e Mary Tsingou conduziram a experiência que ficou conhecida como Fermi-Pasta-Ulam-Tsingou (FPUT), cujos resultados revelaram que certos sistemas não lineares não evoluem necessariamente para o equilíbrio térmico, desafiando pressupostos fundamentais da termodinâmica estatística (Fermi, Pasta, Ulam, 1955).

Em 1957, foi desenvolvida a linguagem de programação *FORTRAN* (*Formula Translation*), a primeira projetada especificamente para aplicações científicas. Idealizada por John Backus, essa linguagem contribuiu significativamente para a implementação de algoritmos e, consequentemente, para a realização de simulações computacionais complexas (Backus, 1998). Poucos anos depois, em 1959, Berni Alder e Thomas Wainwright conduziram as primeiras simulações de dinâmica molecular, possibilitando uma análise detalhada do comportamento dinâmico de átomos e moléculas (Alder, Wainwright, 1959).

Figura 1

Alguns dos eventos importantes relacionados a física computacional (FC) entre 1940 e 1959.



Fonte: Elaborado pelos pesquisadores a partir de modelo Freepik (Freepik, 2025).

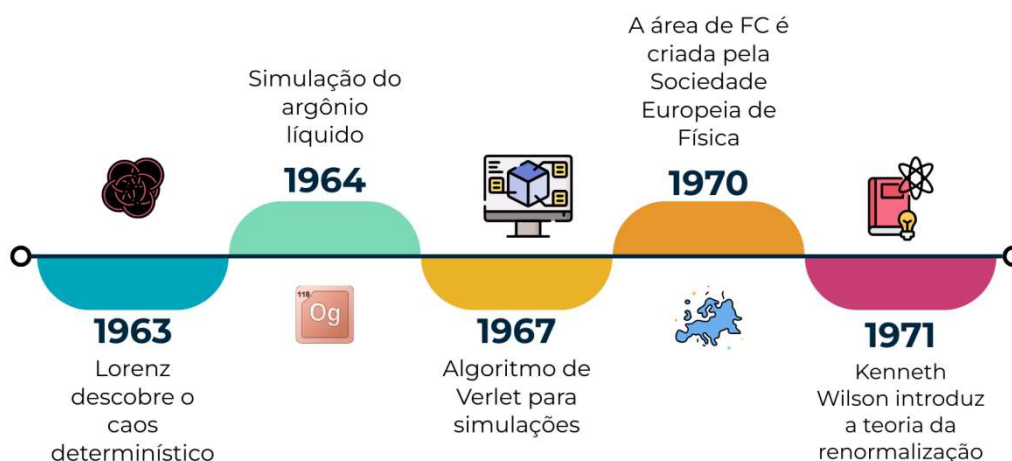
Durante a década de 1960, a física computacional passou por um processo de consolidação enquanto campo disciplinar, impulsionada por avanços teóricos e tecnológicos que ampliaram significativamente o uso de simulações numéricas na investigação científica (figura 2). Em 1963, Edward Lorenz demonstrou, a partir da análise de modelos atmosféricos, que sistemas determinísticos podem apresentar comportamentos caóticos altamente sensíveis às condições iniciais, evidenciando a relevância das simulações numéricas na compreensão de fenômenos complexos e não lineares (Lorenz, 1963). No ano seguinte, em 1964, Aneesur Rahman empregou simulações de dinâmica molecular para descrever, com elevado grau de precisão, o comportamento



do argônio no estado líquido, consolidando a aplicação dessa abordagem na investigação de propriedades de sistemas físicos em nível microscópico (Rahman, 1964).

Figura 2

Alguns dos eventos importantes relacionados a física computacional (FC) entre 1960 e 1979.



Fonte: Elaborado pelos pesquisadores a partir de modelo Freepik (Freepik, 2025).

Em 1965, Martin Kruskal e Norman Zabusky expandiram os estudos numéricos sobre o problema FPUT e identificaram os sólitons, soluções estáveis de ondas não lineares, com grande impacto na física matemática e na teoria de sistemas dinâmicos (Zabusky; Kruskal, 1965). No mesmo ano, Walter Kohn, Pierre Hohenberg e Lu Jeu Sham introduziram a Teoria do Funcional da Densidade (DFT), ferramenta essencial para a física do estado sólido e a química computacional, por permitir simulações eletrônicas com bom custo-benefício computacional (Hohenberg; Kohn, 1964; Kohn; Sham, 1965). Esses avanços abriram caminho para novos métodos e aplicações na modelagem computacional, como o algoritmo de integração numérica proposto por Loup Verlet em 1967, que se destacou por sua eficiência e estabilidade, tornando-se amplamente utilizado em simulações de dinâmica molecular (Verlet, 1967).

Nos anos 1970, a física computacional passou a contar com grupos de pesquisa especializados, como os da Sociedade Europeia de Física (EPS, 2025), que ganhou institucionalidade e reconhecimento em função da qualidade e importância dos trabalhos desenvolvidos até aquele momento. Nesse cenário de crescente consolidação da área, em 1971, Kenneth Wilson introduziu a denominada teoria da renormalização para o estudo de transições de fase e fenômenos críticos, utilizando simulações computacionais para investigar sistemas nos quais métodos analíticos eram limitados (Wilson, 1971). Dois anos depois, em 1973, Pierre Hardy, Yves



Pomeau e Olivier de Pazzis apresentaram o primeiro modelo bidimensional de gás em rede, que viria a se tornar a base dos modernos métodos de Boltzmann em rede (Hardy; Pomeau; Pazzis, 1973).

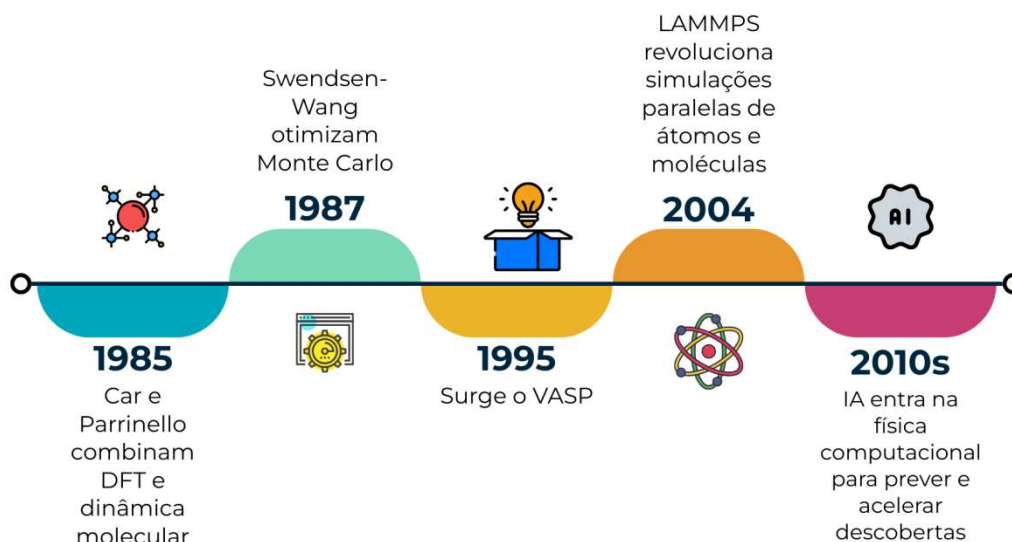
A década de 1980 foi marcada por avanços expressivos nos métodos numéricos e pelo crescimento do poder computacional, o que possibilitou o desenvolvimento de abordagens mais sofisticadas. Em 1985, Roberto Car e Michele Parrinello introduziram um método híbrido que combinava a DFT com simulações clássicas de dinâmica molecular, permitindo a investigação de sistemas quânticos com maior eficiência computacional (Car; Parrinello, 1985). Na esteira desses avanços, dois anos depois, Swendsen e Wang desenvolveram um algoritmo de Monte Carlo mais eficaz para regiões críticas em sistemas de spins, superando limitações dos métodos tradicionais (Swendsen; Wang, 1987).

Nos anos 1990, o cenário evoluiu com o surgimento das unidades gráficas de processamento (GPUs) e o avanço da computação paralela, que ampliaram significativamente a capacidade de simulação em diversas áreas da física. Inserido nesse contexto, em 1995, o pacote VASP (*Vienna Ab initio Simulation Package*) alcançou uma versão estável e funcional, consolidando-se como uma das ferramentas mais utilizadas para simulações baseadas na teoria do funcional da densidade na física do estado sólido (Kresse, 2009). Nos anos seguintes, esse avanço continuou com o desenvolvimento de ferramentas ainda mais robustas, como o LAMMPS (Large-scale Atomic/Molecular Massively Parallel Simulator), que em 2004 passou a viabilizar simulações de dinâmica molecular em larga escala, explorando eficientemente os recursos da paralelização computacional (Thompson et al., 2022).

A partir da década de 2010, a física computacional passou a incorporar, crescentemente, ferramentas de inteligência artificial (Figura 3), com algoritmos de aprendizado de máquina sendo empregados para prever propriedades de materiais, otimizar processos computacionais e analisar grandes volumes de dados, ampliando assim o seu escopo e potencial de aplicação (Carleo et al., 2019). Essa integração consolidou ainda mais o papel estratégico da física computacional na pesquisa científica contemporânea, com aplicações que se estendem do estudo de partículas elementares ao desenvolvimento de novos materiais e tecnologias emergentes.

**Figura 3**

Alguns dos eventos importantes relacionados a física computacional (FC) entre 1980 e 2010s.



Fonte: Elaborado pelos pesquisadores a partir de modelo Freepik (Freepik, 2025).

ABORDAGEM BASEADA EM JOGOS

O percurso histórico descrito na seção anterior revela como a física computacional se constituiu num diálogo constante entre desafios teóricos e inovações tecnológicas. Trata-se de um processo coletivo, marcado por avanços não lineares e pela colaboração interdisciplinar, sendo frequentemente invisibilizados pelos livros didáticos tradicionais. Para tornar mais acessível aos estudantes essa dimensão humana, histórica e social da ciência, propomos como estratégia pedagógica a utilização de um jogo de tabuleiro educativo que transforma os marcos históricos da física computacional numa experiência interativa, significativa e colaborativa. Essa proposta, no nosso entender, está em consonância com as diretrizes da BNCC.

O uso de jogos em contextos educacionais tem sido amplamente investigado por pesquisadores de diversas áreas, como demonstram os estudos de Mohd Kamal Othman e Sim Kah Ching (2024), que destacam o potencial lúdico dos jogos para favorecer a motivação intrínseca dos alunos e promover a aprendizagem por meio da curiosidade, do desafio e, em alguns casos, da resolução colaborativa de problemas. Tais características são especialmente relevantes quando se busca contextualizar conteúdos científicos e históricos de maneira envolvente, uma vez que os



jogos, nesse sentido, atuam como mediador entre o conhecimento formal e os interesses dos estudantes, tornando-se um recurso potente para a construção do saber.

No campo específico do ensino de ciências, a eficácia dos jogos como ferramenta didática, segundo Groleau (2024), favorece não somente a aprendizagem conceitual, mas também o desenvolvimento do pensamento crítico e de práticas investigativas, aproximando os alunos da lógica da ciência. Na sua revisão sistemática sobre o tema, o autor destaca que jogos de tabuleiro bem estruturados promovem a interdisciplinaridade, a contextualização histórica e social do conhecimento, além de estimular o engajamento ativo dos estudantes com os conteúdos propostos.

Esses achados são corroborados por pesquisas aplicadas em diferentes níveis de ensino, como o estudo conduzido por Vita-Barrull et al. (2024), que investigou o impacto de jogos de tabuleiro no desempenho acadêmico e na motivação de estudantes do ensino fundamental. Os resultados obtidos indicaram que os alunos expostos à metodologia lúdica apresentaram desempenho médio significativamente superior ao do grupo controle, reforçando a ideia de que o envolvimento proporcionado pelos jogos está diretamente associado à eficácia da aprendizagem.

Complementarmente, a revisão sistemática conduzida por Hashim et al. (2023) indica que a aplicação da gamificação por meio de jogos de tabuleiro no ensino de ciências está associada a maior motivação e engajamento dos estudantes, favorecendo uma participação mais ativa na aprendizagem. Os autores também apontam indícios de que essa abordagem pode contribuir para o desenvolvimento de habilidades cognitivas mais complexas, como análise, síntese e avaliação.

No contexto do ensino superior, especialmente durante a pandemia de COVID-19, Marques Netto (2022) desenvolveu uma metodologia que utilizava jogos de tabuleiro online como ferramenta pedagógica no ensino de Química, para oferecer uma alternativa eficaz para o ensino de conteúdos complexos. O estudo evidenciou, além da eficácia do jogo na consolidação de conteúdos teóricos, a sua contribuição para o bem-estar emocional dos estudantes diante dos desafios do ensino remoto, como sentimentos de medo, tristeza, tédio e desmotivação para aprender, mencionados em pesquisas realizadas por Cachia et al (2021), assim como por Souza, Mazia e Silva (2022). Além disso, Marques Netto (2022) destaca a versatilidade dos jogos como recurso educacional, enfatizando o seu potencial de adaptação a diferentes conteúdos e contextos, sem perder a capacidade de engajar e mobilizar saberes.



Diante desse panorama, o uso de um jogo de tabuleiro no ensino da história da física computacional emerge como uma estratégia pedagógica promissora, por permitir que os estudantes reconstruam a trajetória dessa área por meio de perguntas, desafios e interações em grupo, reforçando o conteúdo abordado em sala de aula e evidenciando as conexões entre ciência, tecnologia e sociedade. Num campo como a Física Computacional, cuja natureza é intrinsecamente interdisciplinar e fortemente vinculada à evolução tecnológica, o jogo se configura como um recurso privilegiado para explorar essas múltiplas articulações de forma acessível.

A PROPOSTA

O jogo foi concebido como uma ferramenta didático-pedagógica que permite aos participantes interagirem com o conteúdo através de ações num tabuleiro impresso, utilizando peões, dados e cartas com perguntas. À medida que percorrem o circuito do tabuleiro, os participantes enfrentam questões que visam à revisão de conteúdos e à ativação da memória científica, promovendo, assim, o envolvimento com os marcos conceituais e tecnológicos da área (Figura 4).

Figura 4

Versão do tabuleiro com 36 casas, uma das opções desenvolvidas na proposta.



Fonte: Elaborado pelos pesquisadores em Genially (Genially, 2025a).



A construção do jogo foi realizada por meio da plataforma Genially (Genially, 2025b), uma ferramenta digital interativa amplamente utilizada no contexto educacional para o desenvolvimento de materiais dinâmicos, multimodais e visualmente atrativos. A sua escolha se deve à capacidade de integrar elementos gráficos, *hyperlinks*, animações e interações diversas, permitindo a criação de um ambiente lúdico que estimula a participação ativa dos estudantes. No caso específico deste jogo, o Genially possibilitou a elaboração tanto da estrutura do tabuleiro quanto das cartas temáticas, assegurando uma organização clara das categorias históricas e dos tipos de perguntas, além de oferecer um suporte visual coerente com os objetivos pedagógicos da proposta.

Dinâmica do Jogo

O jogo didático Trilha da Física Computacional consiste em uma dinâmica de tabuleiro composta por 30 a 36 casas (Trilha da Física Computacional, 2025), voltada para grupos de estudantes organizados em quatro equipes. Cada equipe avança no tabuleiro lançando um dado de seis faces (d6) e deve responder corretamente a perguntas para permanecer na nova casa. O objetivo é ser o primeiro grupo a completar o circuito e, possuir um número mínimo de acertos estipulado previamente, por exemplo, 6 respostas corretas. A mecânica de turnos segue a lógica de progressão baseada no resultado do dado: o grupo avança o número de casas correspondente ao valor obtido no lançamento do dado, responde uma pergunta e, em caso de erro, retorna à casa do início da jogada.

Além das cartas contendo questões sobre a Física Computacional, também existem dois tipos de cartas (Figura 5):

- ✧ “Paralelização Bem-Sucedida (Sorte)” - oferecem vantagens como avanço sem necessidade de resposta, ou impactam os outros participantes. Exemplos incluem “Passeio no ENIAC”, que permite o avanço de 3 casas por ter ajudado a calibrar o computador gigante, e “Física Turbocharged”, onde todos os outros jogadores recuam 1 casa.
- ✧ “Divergência Numérica (Revés)” - que impõem obstáculos como retrocesso, perda de turno ou benefícios concedidos aos demais grupos, como ilustrado pelas cartas “Caos de Lorenz”, onde o jogador recua 3 casas, e “Falha na GPU”, onde o avanço do jogador na rodada seguinte é dividido por 2, podendo o professor definir a maneira de arredondamento mais adequada ao nível dos estudantes (para cima, para baixo ou para o inteiro mais próximo), promovendo uma discussão matemática sobre o tema.

**Figura 5**

Modelo das cartas do jogo: à esquerda o verso das cartas; a direita exemplo de cartas contendo uma pergunta e um revés.



Fonte: Elaborado pelos pesquisadores em Genially (Genially, 2025a).

Consideramos que o tempo estimado de duração, jogos com 30 casas tendem a durar entre 40 e 50 minutos, enquanto tabuleiros com 36 casas, que incluem maior número de cartas e eventos aleatórios, podem prolongar a atividade por até 70 minutos.

SUGESTÃO DE APLICAÇÃO

Sugere-se que esta atividade seja aplicada a turmas de ensino médio, preferencialmente a partir do 2º ano, após o contato com tarefas de reflexão científica, podendo ser inserida ao final de uma aula, especialmente após a abordagem da história da ciência, incluindo tópicos relacionados à história da Física Computacional, como forma de revisão e consolidação dos conteúdos abordados. De acordo com o seguinte plano:

Divisão e organização da turma

A turma deve ser dividida em grupos de 3 a 5 estudantes, de forma a garantir a participação equitativa e promover a cooperação, com cada grupo recebendo um conjunto com o tabuleiro, dados, peões e cartas.

Sequência de atividades

A presente sequência didática tem como objetivo explorar a história e a consolidação da física computacional por meio de uma abordagem ativa e lúdica. A proposta é dividida em três momentos:



➤ Primeiro Momento - Preparação e contextualização (50 min):

O professor introduz a trajetória histórica da física computacional com base em um material de apoio (expositivo ou audiovisual) e em seguida, apresenta o jogo, suas regras e categorias, distribuindo os materiais e organizando os grupos. Parte do tempo pode ser dedicada a uma rodada inicial para familiarização com a dinâmica.

➤ Segundo Momento - Rodadas principais do jogo (50 min):

Os grupos jogam, preferencialmente a versão com 30 casas, respondem às perguntas, interagem com as cartas bônus e acompanham seu desempenho. O professor nessa fase deve atuar como mediador, incentivando a argumentação e esclarecendo dúvidas históricas ou conceituais que surgirem durante a atividade.

➤ Terceiro Momento - Debate, reflexão e avaliação (50 min):

Após a aplicação do jogo realiza-se um momento coletivo de socialização, em que os grupos discutem os principais aprendizados e dificuldades. O professor pode promover um debate guiado sobre a importância histórica da física computacional, suas interações com o desenvolvimento tecnológico e a natureza da ciência como processo coletivo.

Avaliação

A primeira avaliação pode estar vinculada à análise do desempenho durante o jogo, onde o professor deve observar o grau de participação dos estudantes, a qualidade das respostas às questões propostas, a interação com as cartas bônus e a capacidade argumentativa nas discussões em grupo. Essas informações podem ser registradas de forma prática em fichas de observação simples, facilitando a análise objetiva do desempenho que poderá ser utilizada posteriormente para compor os relatórios unificados da turma e/ou dos alunos.

Uma avaliação complementar, de caráter mais formal, pode ser realizada por meio da construção de um texto reflexivo, que favorece a consolidação dos conhecimentos adquiridos e estimula a reflexão crítica sobre o desenvolvimento histórico da física computacional e sua relevância para o avanço científico e tecnológico. Ela pode ser apresentada nos seguintes termos: “A construção histórica da física computacional e o seu impacto no fazer científico contemporâneo”, com a seguinte orientação aos estudantes: “A partir das atividades realizadas,



elabore um texto dissertativo em que você apresente os principais marcos da física computacional, discuta a sua importância para o desenvolvimento científico e tecnológico e reflita sobre como essa área evidencia o caráter coletivo, interdisciplinar e em constante transformação da ciência.”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entendemos que a proposta de abordagem da Física Computacional por meio de um jogo configura-se como uma estratégia pedagógica alinhada às diretrizes da atual BNCC, que enfatiza a importância da contextualização histórica, da interdisciplinaridade e do protagonismo estudantil no processo de aprendizagem das ciências. Ao interagir com marcos históricos e conceitos complexos por meio de uma experiência lúdica e colaborativa, cria-se um ambiente favorável à assimilação de conteúdos, contribuindo para apresentar a ciência como uma construção humana, permeada por erros, reviravoltas e colaborações.

Embora as cartas de “Sorte” e “Revés” não exijam reflexão direta, uma vez que os seus efeitos consistem em ações mecânicas, como avançar ou recuar casas, elas desempenham um papel importante na dinâmica do jogo, pois a existência delas contribui para manter o interesse dos estudantes ao longo da atividade, graças ao fator de imprevisibilidade, conforme apontado por Vita-Barrull et al. (2024) e Hashim et al. (2023). Ainda que o leitor considere que elas podem introduzir elementos de aleatoriedade que podem ser nocivas a dinâmica de aprendizagem, elas não comprometem o equilíbrio da atividade, uma vez que a vitória permanece condicionada ao desempenho nas respostas às perguntas, preservando o foco no aprendizado e no domínio conceitual. Outro detalhe importante refere-se aos nomes e os efeitos escolhidos para essas cartas, isso foi realizado pensando em fazer uma ligação a situações reais da Física Computacional, como falhas de *hardware* ou instabilidades numéricas, promovendo uma maior imersão no conteúdo por meio da contextualização temática.

A proposta também se concretiza de maneira eficaz ao articular conteúdos de Física, Computação e História, evidenciando como determinados avanços tecnológicos, como o ENIAC ou o método de Monte Carlo, emergiram de problemas concretos relacionados, por exemplo, à Guerra Fria, ao desenvolvimento de armamentos ou à previsão meteorológica. Ao integrar diferentes áreas do conhecimento, o jogo possibilita que os estudantes compreendam como a ciência e a tecnologia evoluem em resposta a demandas sociais e políticas, e não de forma isolada ou linear. Essa



abordagem rompe com o ensino fragmentado tradicional, ao apresentar a ciência como um processo dinâmico, situado historicamente e profundamente influenciado por contextos culturais, econômicos e geopolíticos.

No campo do desenvolvimento de habilidades, o jogo favorece tanto competências cognitivas quanto socioemocionais, pois instiga os participantes a revisar conteúdos conceituais, exercitar o pensamento crítico e tomar decisões em grupo, fortalecendo a capacidade de trabalho colaborativo. Situações adversas inseridas na narrativa do jogo, como a carta "Caos de Lorenz", funcionam como metáforas lúdicas para desafios reais, estimulando a resiliência e a gestão de frustrações, aspectos que são potencializados na fase de debate pós-jogo, ampliando os ganhos pedagógicos ao promover a argumentação fundamentada e a reflexão crítica sobre o papel da ciência na sociedade contemporânea, conectando o conteúdo aprendido à formação cidadã.

Contudo, a implementação da proposta exige atenção a alguns desafios, pois a duração prevista para a atividade (em torno de 150 minutos) requer planejamento cuidadoso, podendo ser ajustada com o uso de tabuleiros menores ou rodadas rápidas utilizando um dado de 10 faces (d10). Por fim, consideramos que à avaliação, baseada na combinação entre o desempenho durante o jogo e a elaboração de uma redação dissertativa possibilita uma abordagem formativa, contemplam tanto o domínio conceitual quanto a capacidade de reflexão crítica.

REFERÊNCIAS

- Alder, B. J.; Wainwright, T. E. (1959). Studies in molecular dynamics. I. General method. *Journal of Chemical Physics*, 31(2), pp. 459-466. <https://doi.org/10.1063/1.1730376>
- Backus, J. (1998). The history of FORTRAN I, II, and III. *IEEE Annals of the History of Computing*, 20(4), pp. 68-78. <https://is.gd/8dYBHF>
- Becker, M. H. T.; Heidemann, L. A.; Lima, N. W. (2024). History of science in physics education in the last decade: which direction we are heading? *Science & Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-024-00537-9>
- Brasil. (2017). Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Conselho Pleno. Resolução CNE/CP nº 2, de 22 de dezembro de 2017. Institui e orienta a implantação da Base Nacional Comum Curricular, a ser respeitada obrigatoriamente ao longo das etapas e respectivas modalidades no âmbito da Educação Básica. <https://is.gd/G2HEcX>
- Brasil. (2018). Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. Conselho Pleno. Resolução CNE/CP nº 4, de 17 de dezembro de 2018. Institui a Base Nacional Comum Curricular



na etapa do Ensino Médio (BNCC-EM), como etapa final da Educação Básica, nos termos do artigo 35 da LDB, completando o conjunto constituído pela BNCC da Educação Infantil e do Ensino Fundamental. <https://is.gd/FrPBWo>.

Cachia, R., Velicu, A., Chaudron, S., Di Gioia, R., & Vuorikari, R. (2021). Emergency remote schooling during COVID-19: A closer look at European families. European Union. <https://doi.org/10.2760/613798>

Car, R.; Parrinello, M. (1985). Unified Approach for Molecular Dynamics and Density-Functional Theory. *Physical Review Letters*, 55(22), pp. 2471-2474. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.55.2471>

Carleo, G., Cirac, I., Cranmer, K., Daudet, L., Schuld, M., Tishby, N., Vogt-Maranto, L., & Zdeborová, L. (2019). Machine learning and the physical sciences. *Reviews of Modern Physics*, 91(4), e045002. <https://doi.org/10.1103/RevModPhys.91.045002>

Dufay, S. (2019). Représentations et mise en œuvre de la pédagogie d’investigation à l’école élémentaire: Études de cas. *Contextes et didactiques*, 14. <https://doi.org/10.4000/ced.1580>

EPS - European Physical Society. (2025). Groups: Computational Physics Group. Disponível em: <https://is.gd/GzMY7y>

Fermi, E.; Pasta, J. R.; Ulam, S. M. (1955). Studies of nonlinear problems I. Los Alamos Report LA-1940, Los Alamos National Laboratory. <https://is.gd/vzZKDb>

Freepik. (2025). Infográfico de cronograma de design plano. Disponível em: <https://is.gd/Q9PQWT>

Genially. (2025a). Trilha da Física Computacional. Disponível em: <https://is.gd/pWnhKn>

Genially. (2025b). Product Overview: Features List. Disponível em: <https://genially.com/features/>

Groleau, A. (2024). Jeu de société, enseignement et recherche en didactique: c’est du sérieux! <https://is.gd/HYj8Rm>

Haigh, T.; Priestley, M.; Rope, C. (2014). Los Alamos bets on ENIAC: Nuclear Monte Carlo simulations, 1947-1948. *IEEE Annals of the History of Computing*, 36, pp. 42-63. <https://doi.org/10.1109/MAHC.2014.40>

Hardy, J.; Pomeau, Y.; Pazzis, O. (1973). Time evolution of two-dimensional model system I: invariant states and time correlation functions. *Journal of Mathematical Physics*, 14(12), pp. 1746-1759. <https://doi.org/10.1063/1.1666248>

Hashim, N. H.; Harun, N. O.; Ariffin, N. A.; Abdullah, N. A. C. (2023). Gamification using board game approach in science education - a systematic review. *Journal of Advanced Research in Applied Sciences and Engineering Technology*, 33(3), pp. 73-85. <https://doi.org/10.37934/araset.33.3.7385>

Hohenberg, P.; Kohn, W. (1964). Inhomogeneous Electron Gas. *Physical Review*, 136, pp. B864-B871. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.136.B864>



- Kohn, W.; Sham, L. J. (1965). Self-Consistent Equations Including Exchange and Correlation Effects. *Physical Review*, 140(4A), pp. A1133-A1138. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.140.A1133>
- Kresse, G. (2009). History of VASP. <https://is.gd/oUAHIs>.
- Lorenz, E. N. (1963). Deterministic Nonperiodic Flow. *Journal of Atmospheric Sciences*, 20(2), pp. 130-141. [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1963\)020<0130:DNF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1963)020<0130:DNF>2.0.CO;2)
- Lynch, P. (2008). The origins of computer weather prediction and climate modeling. *Journal of Computational Physics*, 227(7), pp. 3431-3444. <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2007.02.034>
- Marques Netto, C. G. C. (2022). Board-game-based online methodology improves student learning and sense of well-being during the COVID-19 pandemic. *Journal of Chemical Education*, 99(6), pp. 2310-2316. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00007>
- Marques, T. F., Miranda, S. G., & Duarte, A. C. O. (2025). Uso de jogos como ferramenta de inclusão nas escolas. *Revista Acervo Educacional*, 7, pp. e17686. <https://doi.org/10.25248/rae.e17686.2025>
- Metropolis, N. (1987). The Beginning of the Monte Carlo Method. *Los Alamos Science*, 15(Special Issue), pp. 125-130. <https://is.gd/zt6y6l>
- Metropolis, N.; Rosenbluth, A. W.; Rosenbluth, M. N.; Teller, A. H.; Teller, E. (1953). Equation of state calculations by fast computing machines. *Journal of Chemical Physics*, 21(6), pp. 1087-1092. : <http://dx.doi.org/10.1063/1.1699114>
- Moreira, M. A. (2018). Uma análise crítica do ensino de Física. *Estudos Avançados*, 32(94), pp. 73-80. <https://doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0006>
- Murillo-Zamorano, L. R., López Sánchez, J. Á., Godoy-Caballero, A. L., & Bueno Muñoz, C. (2021). Gamification and active learning in higher education: is it possible to match digital society, academia and students' interests? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 18(1), pp. 1-20. <https://doi.org/10.1186/s41239-021-00249-y>
- Othman, M.K.; Ching, S.K. (2024). Gamifying science education: How board games enhances engagement, motivate and develop social interaction, and learning. *Educ Inf Technol*, 29(18), pp. 24525-24561. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12818-5>
- Pritchard, H. O. (2001). Computational Chemistry in the 1950s. *Journal of Molecular Graphics and Modelling*, 19(6), pp. 623-627. <https://is.gd/qkC9g3>
- Rahman, A. (1964). Correlations in the motion of atoms in liquid argon. *Physical Review*, 136(2A), pp. A405-A411. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.136.A405>
- Sadiku, M.; Shadare, A.; Musa, S. (2017). Computational Physics: An Introduction. *International Journal of Engineering Research*, 6(9), pp. 427-428. <https://doi.org/10.5958/2319-6890.2017.00054.X>



Souza, C. C. A.; Mazia, C. E. S.; Silva, F. L. (2022). Dificuldades e sentimentos de alunos e alunas em relação ao ensino remoto emergencial. *Cadernos do Aplicação*, 35(1), pp. 1-9.

<https://doi.org/10.22456/2595-4377.121751>

Swendsen, R. H.; Wang, J. S. (1987). Nonuniversal critical dynamics in Monte Carlo simulations. *Physical Review Letters*, 58(2), pp. 86-88. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.58.86>

Sylvestre, D. R. P., Silva, G. N. da, Carvalho, P. P. de J., & Sondermann, D. V. C. (2024). Que Comecem os Jogos: um Estudo sobre a Aprendizagem Baseada em Jogos na Educação Profissional e Tecnológica, *EaD Em Foco*, 14(1), e2196. <https://doi.org/10.18264/eadf.v14i1.2196>

Thompson, A. P., Aktulga, H. M., Berger, R., Bolintineanu, D. S., Brown, W. M., Crozier, P. S., in 't Veld, P. J., Kohlmeyer, A., Moore, S. G., Nguyen, T. D., Shan, R., Stevens, M. J., Tranchida, J., Trott, C., & Plimpton, S. J. (2022). LAMMPS - a flexible simulation tool for particle-based materials modeling at the atomic, meso, and continuum scales. *Computer Physics Communications*, 271, e108171. <https://doi.org/10.1016/j.cpc.2021.108171>

Trilha da Física Computacional. Tabuleiro e cartas do jogo. Disponível em: <https://is.gd/Aro9c9>

Verlet, L. (1967). Computer "Experiments" on Classical Fluids. I. Thermodynamical Properties of Lennard-Jones Molecules. *Physical Review*, 159, pp. 98-103.

<https://doi.org/10.1103/PhysRev.159.98>

Vita-Barrull, N., Estrada-Plana, V., March-Llanes, J., Sotoca-Orgaz, P., Guzmán, N., Ayesa, R., & Moya-Higueras, J. (2024). Do you play in class? Board games to promote cognitive and educational development in primary school: A cluster randomized controlled trial. *Learning and Instruction*, 93, e101946. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2024.101946>

Wilson, K. G. (1971). Renormalization Group and Critical Phenomena. I. Renormalization Group and the Kadanoff Scaling Picture. *Physical Review B*, 4(9), pp. 3174-3183.

<https://doi.org/10.1103/PhysRevB.4.3174>

Zabusky, N. J.; Kruskal, M. D. (1965). Interaction of 'solitons' in a collisionless plasma and the recurrence of initial states. *Physical Review Letters*, 15, pp. 240-243.

<https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.15.240>