

Explorando Organizadores Prévios No Decaimento Radioativo: Um Jogo Educativo Para Facilitar O Aprendizado De Física Nuclear E Radioatividade

Carolina Freitas Costa

Física, Mestranda Pólo 60, MNPEF

Mestrado Nacional Profissional De Ensino De Física

Sérgio Ricardo Xavier Da Silva

Físico, Doutorado

Universidade Do Estado Da Bahia (UNEB)

José Carlos Oliveira De Jesus

Físico, Doutorado

Universidade Do Estado Da Bahia (UNEB)

José Vicente Cardoso Santos

Físico, Doutorado

Universidade Do Estado Da Bahia (UNEB)

Resumo

Na atualidade o desinteresse crescente dos estudantes pela aprendizagem escolar, especialmente pela disciplina de Física, tem motivado pesquisas voltadas à criação de estratégias capazes de promover maior motivação e engajamento. À luz de uma metodologia lastreada em uma revisão sistemática da literatura, observa-se que a gamificação se apresenta como recurso promissor para ampliar a participação e a interação dos alunos em atividades didáticas. Nesse contexto, este trabalho descreve o desenvolvimento de um jogo de cartas e tabuleiro, elaborado com base na teoria da aprendizagem significativa, destinado a introduzir conceitos de Física Nuclear e Radioatividade, com ênfase naqueles que fundamentam a compreensão do processo de datação radioativa no Ensino Médio. A pesquisa assume natureza aplicada, com material concebido para uso inicial com estudantes da terceira série do Colégio Estadual Luiz José de Oliveira, em Salvador-BA, e busca avaliar qualitativa e quantitativamente o impacto do jogo no interesse e na aprendizagem. Alinha-se a esse propósito o objetivo geral de apresentar os conceitos de Física Nuclear relevantes para o entendimento da datação radioativa, articulado a três objetivos específicos: identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre núcleo atômico, isótopos, radioatividade e decaimento; utilizar o jogo como organizador prévio capaz de mobilizar esses conhecimentos e favorecer a construção de ideias-âncora; e contribuir para a compreensão do processo de datação radioativa e de suas aplicações na sociedade. Consustancia-se a proposta de um jogo que contempla os conceitos de Física Nuclear na forma de organizadores prévios às demandas disciplinares e resultados preliminares indicam o sucesso desses procedimentos.

Palavras-chave: Ensino de Física; Aprendizagem Significativa; Física Nuclear; Datação Radioativa; Gamificação; Jogo Didático.

Date of Submission: 04-12-2025

Date of Acceptance: 14-12-2025

I. Introdução

O ensino de Física no Brasil enfrenta desafios profundos relacionados ao desinteresse estudantil (Trois; Da Silva, 2012), à dificuldade de compreensão conceitual e ao excesso de metodologias centradas na memorização mecânica. Estudos recentes apontam que grande parte dos estudantes não percebe relevância direta nos conteúdos escolares (Casasanta Garcia *et al.*, 2021), enquanto dados internacionais, como o PISA 2022 (OECD, 2023; Organização das Nações Unidas, 2023), evidenciam problemas de concentração agravados pelo uso frequente de dispositivos digitais em sala (Brasil, 2023).

Nesse cenário, o ensino de Física Nuclear e Radioatividade - temas previstos na BNCC (Brasil, 2018) - é frequentemente apresentado de forma descontextualizada e abstrata, dificultando a construção de significados.

Concomitantemente a isso verifica-se também que a Teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel, 1968; Moreira, 2006, 2012b; Agra *et al.*, 2019) destaca que novas informações são aprendidas de maneira substantiva apenas quando encontram apoio em conhecimentos prévios relevantes (subsunções) ou quando são introduzidas por materiais amplos e integradores, como os organizadores prévios.

Assim, recursos didáticos lúdicos - como jogos - têm potencial para atuar como mediadores cognitivos, motivacionais e sociais, favorecendo a interação, o foco e o engajamento em ambientes onde a dispersão digital é crescente (Paganini, 2016). Além disso, estratégias gamificadas mostram-se eficazes para estimular participação, tomada de decisão e interesse genuíno pelo conteúdo (Fardo, 2013; Silva; Sales; Castro, 2019).

Nesse contexto, a proposta de um jogo denominado de jogo Meia-vida: UP or DOWN, composto por cartas, tabuleiro e elementos estratégicos associados ao decaimento radioativo, foi desenvolvido como recurso “desplugado” e como organizador prévio para o ensino introdutório de Física Nuclear e métodos de datação radioativa no Ensino Médio, conforme verifica-se na Figura 1, a seguir:



Figura 1: Exemplos de cartas do jogo Meia-vida: UP or DOWN. Fonte: autoria própria.
Fonte: (Próprios autores, 2025).

Importante considerar que o jogo busca mobilizar conhecimentos prévios, promover interação social (Studart, 2022) e favorecer processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, conforme proposto pela Teoria da Aprendizagem Significativa.

Com isso essa pesquisa tem como objetivo geral investigar o potencial do jogo didático Meia-vida: UP or DOWN como organizador prévio para a introdução dos conceitos de Física Nuclear e Radioatividade no Ensino Médio, à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa; e, como objetivos específicos: a) a análise dos conhecimentos prévios dos estudantes sobre modelos atômicos, instabilidade nuclear, radiação e decaimento radioativo; b) desenvolver e aplicar o jogo Meia-vida: UP or DOWN como recurso pedagógico lúdico e “desplugado”; c) verificar se o uso do jogo favorece engajamento, interação e mobilização de ideias-âncoras relacionadas aos conteúdos de Física Nuclear; d) analisar indícios de aprendizagem significativa após a aplicação do jogo e da sequência didática associada; e) avaliar a percepção dos estudantes sobre o uso do jogo como estratégia introdutória para o conteúdo.

Para consolidar esses objetivos adota-se uma metodologia híbrida, com uma revisão sistemática da literatura pertinente com uma pesquisa de tipologia de natureza aplicada, com abordagem quali-quantitativa (Severino, 2017; Gil, 2008), fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel, 1968; Moreira, 2006), seguindo princípios de análise de indícios de aprendizagem significativa (Moreira, 2012b).

Além disso o contexto com os participantes preconiza a investigação que foi realizada com estudantes da 3^a série do Ensino Médio do Colégio Estadual Luiz José de Oliveira (Salvador-BA). A escolha da turma considerou a adequação do conteúdo à BNCC, a obrigatoriedade curricular de Física e o interesse dos alunos

por temas de Física Moderna onde adotou-se instrumento de coleta de dados em forma de: a) questionário inicial para sondagem dos conhecimentos prévios; b) observação participante durante as partidas do jogo; c) registro de interações, falas e comportamentos que indiquem negociação de significados; d) mapas conceituais produzidos pelos estudantes após o uso do jogo; e) questionário final, com questões abertas e fechadas, avaliando compreensão conceitual e percepções sobre o processo; e, f) análise das situações-problema propostas durante a sequência didática.

No aspecto procedural adota-se uma metodologia articulada com o uso do jogo com uma sequência de nove etapas, a citar, incluindo: 1) sondagem dos conhecimentos prévios; 2) revisão dos modelos atômicos; 3) apresentação do jogo e regras; 4) e 5) partidas guiadas com mediação docente; 6) a 8) aulas dialógicas sobre instabilidade, radiação, decaimento e datação; 9) avaliação final.

No aspecto da metodologia de análise dos dados adota-se que os dados qualitativos (falas, interações e mapas conceituais) foram analisados por categorias derivadas da TAS: - presença ou ausência de subsunções; - diferenciação progressiva; - reconciliação integrativa; - mudança significativa nos significados atribuídos pelos estudantes; e, os dados quantitativos (questionários e pontuação do jogo) foram analisados descritivamente, onde a triangulação entre instrumentos foi utilizada para aumentar a confiabilidade dos resultados.

Merce considerar, por fim, nos aspecto metodológico, que a pesquisa seguiu os princípios éticos vigentes, com consentimento dos estudantes e autorização institucional (conforme normas para pesquisas educacionais não intervencionistas).

II. Revisão De Literatura

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)

A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), formulada por David Ausubel, fundamenta-se na ideia de que aprender significativamente significa estabelecer relações substantivas e não arbitrárias entre novos conhecimentos e a estrutura cognitiva já existente do aluno. Para Ausubel (1968), “o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe”, o que implica que a construção de significados depende diretamente dos subsunções, isto é, ideias prévias claras e relevantes capazes de servir como âncoras para novas informações (Moreira, 2006). A aprendizagem só ocorre quando duas condições são atendidas: o aluno precisa demonstrar predisposição para aprender, e o material deve ser potencialmente significativo, possuindo lógica interna e capacidade de conexão com conhecimentos prévios (Moreira, 2006, p. 19-20).

Quando os subsunções não estão disponíveis, Ausubel propõe o uso de organizadores prévios, definidos como materiais introdutórios amplos, inclusivos e mais gerais do que o conteúdo a ser aprendido, cuja função é preparar a estrutura cognitiva do estudante para receber novos conceitos (Ausubel, 1968; Moreira, 2012b).

Esses organizadores manipulam a estrutura cognitiva ao oferecer ideias-âncora iniciais que serão posteriormente diferenciadas e refinadas. Moreira (2006) ressalta que o conhecimento prévio pode facilitar a aprendizagem ou bloqueá-la, caso se apresente como concepções alternativas enraizadas, exigindo negociação de significados (Masini; Moreira, 2008).

A TAS descreve dois processos cognitivos essenciais. O primeiro é a diferenciação progressiva, no qual conceitos mais gerais são apresentados primeiro e, depois, desdobrados em elementos mais específicos e detalhados (Moreira, 2006, p. 172).

O segundo é a reconciliação integrativa, que envolve relacionar, comparar e integrar ideias antigas e novas, resolvendo inconsistências e promovendo reorganização conceitual (Masini; Moreira, 2008). Esses movimentos devem guiar a prática docente e nortear o planejamento das atividades, de forma a promover a construção de significados e evitar a memorização mecânica.

Em síntese, o capítulo destaca que a Teoria da Aprendizagem Significativa oferece não apenas um modelo explicativo da aprendizagem científica, mas também um modelo pedagógico completo, orientando a seleção de materiais, a organização dos conteúdos, a mediação docente e o uso de ferramentas como organizadores prévios - função para a qual o jogo Meia-vida: UP or DOWN foi especificamente desenvolvido.

A TAS e o Jogo Meia-vida: UP or DOWN

A proposta pedagógica que orienta o desenvolvimento e a aplicação do jogo didático Meia-vida: UP or DOWN fundamenta-se principalmente na Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), formulada por David Paul Ausubel, e em autores contemporâneos que ampliam e operacionalizam essa teoria na educação científica (Becker, 2001), especialmente Marco Antônio Moreira. O referencial teórico integra também contribuições de Zabala (2020), além de diretrizes curriculares como a BNCC.

A seguir, descrevemos minuciosamente os princípios teóricos essenciais, suas implicações didáticas e como sustentam a construção do jogo enquanto organizador prévio para o ensino de Física Nuclear e Radioatividade (Ronca, 1994).

A TAS parte do pressuposto de que “o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe” (Ausubel, 1968, p. vii). Segundo Ausubel, aprender significativamente significa estabelecer relações substantivas e não arbitrárias entre uma nova informação e a estrutura cognitiva preexistente do sujeito, transformando qualitativamente essa estrutura (Ausubel, 1968; Moreira, 2006). A aprendizagem não ocorre por simples memorização ou repetição: trata-se de um processo ativo de ancoragem cognitiva.

Moreira (2006, p. 14-15) detalha que essa relação substantiva exige a existência de subsunções: ideias relevantes, claras e estáveis previamente presentes na estrutura cognitiva do aluno e capazes de servir de “âncoras” para novas informações. A ausência desses subsunções compromete a aprendizagem significativa e conduz o estudante à memorização mecânica, fenômeno recorrente no ensino tradicional de ciências.

A teoria estabelece duas condições indispensáveis para que ocorra aprendizagem significativa: a) predisposição para aprender, ou seja, disposição do aluno em relacionar novos conhecimentos ao que já sabe; b) material potencialmente significativo, isto é, organizado logicamente, com clareza conceitual e passível de conexão com conhecimentos prévios (Moreira, 2006, p. 19-20).

Ocorre que, quando os subsunções não existem ou são insuficientes, Ausubel (1968, p. 148) propõe o uso de organizadores prévios, materiais introdutórios mais gerais e inclusivos que funcionam como “pontes cognitivas”, oferecendo ao aluno elementos necessários para compreender novos conceitos. Moreira (2012b) enfatiza que esses materiais devem possuir maior grau de abstração que o conteúdo a ser aprendido, mas apresentar-se de forma simples, clara e instigante.

Dessa maneira o jogo Meia-vida: UP or DOWN foi construído precisamente com essa finalidade: organizar previamente conceitos de Física Nuclear, Radioatividade e Decaimento Radioativo de modo lúdico, concreto e socialmente interativo, permitindo que o estudante construa ideias-âncora antes do aprofundamento teórico.

Ausubel também descreve dois movimentos cognitivos fundamentais: a) diferenciação progressiva, em que conceitos gerais apresentados inicialmente vão se especificando, detalhando-se e se tornando mais precisos; b) reconciliação integrativa, processo no qual o aluno identifica relações, semelhanças, diferenças e resolve eventuais inconsistências entre novos e antigos significados (Moreira, 2006; Masini; Moreira, 2008).

No contexto do jogo, os estudantes manipulam elementos conceituais (instabilidade nuclear, radiações, métodos de datação, pares conceito-exemplo) que, durante a sequência didática, serão diferenciados e integrados por meio de aulas dialogadas, resolução de situações-problema e elaboração de mapas conceituais. Assim, o jogo não substitui o ensino formal, mas prepara e potencializa esses processos cognitivos.

A literatura em ensino de Física mostra que estudantes chegam ao Ensino Médio com concepções alternativas robustas sobre radiação, radioatividade e energia nuclear (Moreira, 2012b; Masini; Moreira, 2008). Tais concepções podem dificultar a aprendizagem caso não sejam explicitadas e ressignificadas. A TAS propõe a negociação de significados, etapa em que professor e aluno confrontam ideias espontâneas e científicas, permitindo reorganização cognitiva.

Com isso verifica-se que o jogo favorece esse processo ao confrontar estudantes com informações corretas em contexto lúdico, especialmente por meio de pares que requerem associações entre conceitos (como meia-vida, decaimento alfa/beta, métodos C-14, K-Ar e U-Pb) e exemplos concretos (fósseis, rochas, artefatos arqueológicos, etc.).

Zabala (1998) reforça que a aprendizagem ocorre por meio de atividades sequenciadas e organizadas, que articulem conhecimentos prévios, desafios cognitivos e momentos de síntese. O autor destaca que a sequência didática deve: • promover interação social; • permitir expressão de conhecimentos prévios; • gerar conflitos cognitivos; • conduzir à elaboração de novos significados (Zabala; Arnau, 2020).

A estrutura em nove etapas da sequência didática apresentada no arquivo foi construída exatamente com essas diretrizes: das sondagens iniciais às partidas do jogo, das aulas dialogadas à construção de mapas conceituais, cada etapa fomenta processos cognitivos previstos pela TAS.

Os Jogos Didáticos e a BNCC

O uso de jogos didáticos no ensino de ciências tem sido amplamente estudado. Fardo (2013) demonstra que elementos de jogos favorecem engajamento, autocontrole, motivação e permanência nas tarefas. Silva, Sales e Castro (2019) indicam que jogos favorecem aprendizagem ativa por permitir que o aluno explore conceitos de forma experiencial e significativa. Carvalho (2015) considera que jogos atuam como mediadores da atenção e como ambientes de experimentação cognitiva.

No caso específico deste produto educacional, o jogo é um recurso desplugado, alinhado ao contexto escolar contemporâneo marcado pela restrição do uso de celulares e pelo excesso de estímulos digitais. Como o PISA 2022 mostra que grande parte dos alunos se dispersa com telas (Brasil, 2023), o uso de jogos físicos torna-se uma alternativa eficaz para recuperar o foco e proporcionar um ambiente de aprendizagem colaborativo.

A Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018) determina que estudantes do Ensino Médio desenvolvam competências relacionadas ao entendimento da matéria, energia, radiações e tecnologias associadas (habilidade EM13CNT103). Ostermann e Moreira (2000) destacam que temas de Física Moderna e Contemporânea despertam grande interesse dos jovens, configurando oportunidade para promover letramento científico relevante.

Dessa forma, as bases teóricas que fundamentam a proposta são:

- a Teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel, 1968; Moreira, 2006, 2012b);
- a noção de organizadores prévios (Ausubel, 1968; Moreira, 2012c);
- princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa;
- a importância da negociação de significados diante de concepções alternativas;
- a pedagogia da sequência didática (Zabala, 1998; Zabala; Arnau, 2020);
- estudos sobre jogos e gamificação no ensino de Ciências (Fardo, 2013);
- diretrizes da BNCC e pesquisas sobre o ensino de Física Moderna.

Este conjunto de fundamentos consolida o jogo Meia-vida: UP or DOWN como recurso potencialmente significativo, socialmente interativo e cognitivamente estruturado para apoiar a aprendizagem inicial de Física Nuclear no Ensino Médio.

A TAS e o Jogo Meia-vida: UP or DOWN

A fundamentação teórica da Física Nuclear introduz os conceitos essenciais para a compreensão da radioatividade, do decaimento nuclear e dos métodos de datação radioativa. A abordagem inicia-se pela constituição da matéria e pela evolução dos modelos atômicos, estabelecendo a importância da estrutura nuclear - prótons e nêutrons - cuja organização determina a estabilidade ou instabilidade dos núcleos atômicos (Halliday; Resnick; Krane, 2012).

A instabilidade nuclear é apresentada como fenômeno central, desencadeando emissões espontâneas de partículas ou radiações e dando origem ao que se denomina decaimento radioativo, conceito fundamental para o entendimento da meia-vida dos elementos (Peruzzo, 2012).

Registra-se também os diferentes tipos de radiação - alfa, beta e gama - suas propriedades físicas e consequências energéticas, destacando que essas emissões alteram a estrutura nuclear e produzem novos elementos químicos. Tais processos, inicialmente descritos por Rutherford e consolidadores da física moderna, permitem compreender que núcleos instáveis seguem leis probabilísticas de transformação, cuja regularidade é matematicamente expressa pela lei do decaimento exponencial (Tipler, 2000).

Esse comportamento previsível fundamenta a noção de meia-vida, definida como o tempo necessário para que metade dos núcleos radioativos de uma amostra se desintegre, parâmetro indispensável para métodos de datação radiométrica, como o carbono-14, o urânio-chumbo e o potássio-argônio, presentes nas cartas do jogo analisado.

Verifica-se também que o ensino desses temas no Ensino Médio é relevante não apenas por sua importância histórica e científica, mas também por favorecer o letramento científico ao aproximar o estudante de aplicações reais da Física, como análise de fósseis, reconstrução de eras geológicas e estudo de artefatos arqueológicos (Caruso; Oguri, 2016).

Além disso, autores como Ostermann e Moreira (2000) destacam que tópicos de Física Moderna despertam naturalmente maior interesse entre os estudantes, justificando sua inserção como conteúdo significativo em propostas didáticas inovadoras - como o jogo Meia-vida: UP or DOWN, que utiliza esses conceitos como base cognitiva para a aprendizagem.

III. O Jogo: Descrição, Conceitos, Regras E Sequência Didática Proposta

Composição

O jogo didático Meia-vida: UP or DOWN é apresentado como um recurso pedagógico estruturado para atuar como organizador prévio no ensino introdutório de Física Nuclear e Radioatividade. Ele é composto por 108 cartas, um tabuleiro, três dados, fichas de penalidade e um marcador de status ("UP or DOWN").

Seu propósito central é introduzir conceitos fundamentais - como instabilidade nuclear, radiações, decaimento e métodos de datação radioativa - de forma lúdica, tátil e socialmente interativa. O jogo organiza as cartas em cinco categorias: conceitos, exemplos, métodos de datação, itens correspondentes e cartas de ação.

A aprendizagem ocorre quando o jogador forma pares conceituais corretos, como "conceito-exemplo" ou "método-item", sendo que as próprias cartas indicam as associações possíveis, o que permite ao estudante aprender relações conceituais durante a dinâmica, mesmo sem conhecimento prévio.

A mecânica central ou paradigma do jogo simula o processo físico do decaimento radioativo onde cada par possui um valor base em MeV (50, 100 ou 200), que sofre variações ao longo das rodadas conforme o status

do jogo: no modo DOWN, os valores decaem respeitando uma “meia-vida” definida para cada nível; no modo UP, acionado pela carta “Mundo Invertido”, ocorre crescimento exponencial em vez de decaimento.

Essa estrutura introduz elementos estratégicos, pois pares de menor energia se beneficiam mais do modo UP, enquanto pares de valores maiores sofrem maior impacto do decaimento no modo DOWN.

O jogo também incorpora mecanismos de risco e penalidade: resgatar cartas descartadas gera uma “mancha radioativa” com desconto de 35 MeV, anulável apenas com a carta “Roupa de Proteção”.

Há ainda ações ofensivas, como “Fuga Radioativa”, que permite subtrair pontos de adversários, incentivando interação e tomada de decisão. As regras delimitam o fluxo de jogo - como limite de cartas na mão, descarte e compra - e a partida se encerra na 17^a rodada ou com o esgotamento das pilhas de compra. Vence o jogador com maior energia após o cálculo final de decaimento ou crescimento.

Funcionamento do jogo: MEIA-VIDA: UP OR DOWN

O jogo Meia-vida: UP or DOWN foi concebido como uma ferramenta didática voltada à introdução dos conceitos de Física Nuclear e Radioatividade por meio de um sistema lúdico e interativo. Seu funcionamento baseia-se na formação de pares conceituais, na variação da energia acumulada pelos jogadores e na simulação do comportamento físico real do decaimento radioativo. Segundo a dissertação, o jogo é composto por “108 cartas, um tabuleiro, um botão indicador de status (‘UP or DOWN’), 30 fichas de penalidade (‘mancha radioativa’) e três dados de seis faces”.

As cartas são organizadas em cinco categorias: conceitos, exemplos, métodos de datação, itens para datação e cartas de ação. A partida se desenvolve pela associação desses elementos, uma vez que a aprendizagem ocorre quando o jogador “forma pares válidos por associação entre cartas de conceito e exemplo, ou entre cartas de método e item”. As próprias cartas informam as combinações corretas, permitindo que o aluno aprenda por exploração durante o jogo, mesmo sem domínio prévio dos conteúdos científicos.

A mecânica principal do jogo, ou o seu paradigma principal, envolve a acumulação de pontos de energia (MeV) e cada par possui um valor base (50, 100 ou 200 MeV), que será modificado conforme o status do jogo: DOWN ou UP.

No modo DOWN, “os valores de energia sofrem decaimento (reduzem-se à metade) conforme a passagem das rodadas, respeitando a ‘meia-vida’ estipulada para cada nível de energia”; no modo UP, acionado pela carta “Mundo Invertido”, ocorre o processo inverso, ou seja, “a energia cresce exponencialmente com o passar do tempo”.

Importante considerar que essa dinâmica simula diretamente o comportamento físico dos materiais radioativos e introduz um componente estratégico: valores menores beneficiam-se mais do crescimento exponencial, enquanto valores altos decaem de forma mais significativa no modo DOWN.

Além do decaimento/growth, o jogo incorpora mecanismos de risco e gerenciamento. Os jogadores podem resgatar cartas descartadas, mas isso implica receber uma penalidade: “o jogador recebe uma ficha de ‘mancha radioativa’, que resulta na dedução de 35 MeV da pontuação final”, penalidade removível apenas com a carta de ação “Roupa de Proteção”. Há também ações ofensivas, como “Fuga Radioativa”, que autoriza subtrair pontos dos adversários, intensificando a interação e a tomada de decisão.

Assim, no processo do jogo, cada jogador inicia com quatro cartas e pode manter até cinco cartas na mão. Durante o turno, pode descartar cartas na área de “lixo radioativo”, comprar novas e tentar formar pares. A partida termina na 17^a rodada - referência à meia-vida do carbono-14 - ou quando as pilhas de compra se esgotam. “Vence o participante que obtiver a maior quantidade de energia ao final do cálculo de decaimento ou crescimento exponencial”.

Assim, o funcionamento do jogo articula estrutura conceitual, manipulação de regras, tomada de decisão e simulação física, oferecendo um ambiente lúdico que favorece engajamento, ativação de conhecimentos prévios e a construção de subsunções para o estudo do decaimento radioativo e da datação radiométrica.

Sequência Didática Proposta

A sequência didática proposta na dissertação foi concebida como um conjunto estruturado de atividades progressivas destinadas a promover aprendizagem significativa sobre Física Nuclear, Radioatividade e Decaimento Radioativo por meio do uso pedagógico do jogo Meia-vida: UP or DOWN.

Segundo Zabala (1998), uma sequência didática consiste em “um conjunto ordenado de atividades com início e fim explícitos”, orientado por objetivos claros e pela necessidade de mediar a relação entre conhecimento prévio e novo conhecimento. Esse princípio é explicitado na dissertação ao afirmar que a sequência foi planejada “para integrar o jogo às aulas, guiando o processo desde a mobilização dos conhecimentos prévios até a consolidação dos conceitos científicos”.

A estrutura compreende nove etapas, totalizando nove horas-aula, cada uma desempenhando uma função cognitiva relacionada à Teoria da Aprendizagem Significativa (Ausubel, 1968; Moreira, 2006).

Dessa forma, na primeira etapa, o professor apresenta a proposta e aplica um questionário diagnóstico para sondar o que os estudantes já sabem sobre instabilidade nuclear, radiação e modelos atômicos. Como enfatizam Moreira (2006) e Masini & Moreira (2008), conhecer o estado inicial da estrutura cognitiva do aluno é condição indispensável para promover aprendizagem significativa.

Nas etapas seguintes, a SD promove o desenvolvimento de subsunções por meio de uma pesquisa sobre modelos atômicos (Etapa 2), seguida da apresentação das regras e da primeira partida do jogo (Etapa 3). Essa aproximação inicial visa fornecer ao estudante uma base conceitual ampla que servirá de organizador prévio para o conteúdo formal, conforme defendido por Ausubel (1968) e Moreira (2012b). Durante as Etapas 4 e 5, novas partidas são realizadas, agora com mediação ativa do professor, que propõe situações-problema relacionadas às cartas e às interações do jogo. Esse momento atua cognitivamente sobre a diferenciação progressiva: os estudantes começam a relacionar conceitos presentes nas cartas (meia-vida, radiação alfa/beta, datação C-14 etc.) às dinâmicas do jogo e às situações reais, num processo de significação crescente.

A Etapa 6 marca a transição para o conteúdo formal, quando é ministrada uma aula expositiva-dialogada sobre instabilidade nuclear e radioatividade. Nessa etapa, os conceitos mobilizados intuitivamente durante o jogo são aprofundados e formalizados, em consonância com a recomendação de Moreira (2006) de apresentar conceitos gerais antes de suas diferenciações específicas.

A Etapa 7 solicita que os estudantes produzam um mapa conceitual, ferramenta indicada por Moreira (2006) e Novak para revelar as relações cognitivas que estão sendo estabelecidas e diagnosticar possíveis lacunas. É também solicitado um estudo em casa, o que reforça a reconciliação integrativa.

Em seguida, na Etapa 8, uma nova aula dialogada trata do decaimento radioativo e dos métodos de datação, conectando as experiências vivenciadas no jogo aos conceitos científicos formais. Conforme descrito na dissertação, essa etapa retoma elementos já trabalhados, buscando “promover reconciliação integrativa” entre as informações.

Aqui os alunos são desafiados com problemas de maior complexidade, provocando reorganização conceitual e distinção entre concepções espontâneas e científicas - exatamente o que a Teoria da Aprendizagem Significativa prevê como negociação de significados (Masini; Moreira, 2008).

Por fim, na Etapa 9, aplica-se o questionário final para avaliar indícios de aprendizagem significativa. Esse procedimento formativo e somativo atende à perspectiva de Ausubel e Moreira, segundo a qual mudanças na estrutura cognitiva são evidenciadas pela capacidade do aluno de explicar, relacionar e aplicar conceitos em novos contextos.

Dessa forma, a sequência didática integra fases de sondagem, exploração lúdica, problematização, formalização e síntese, seguindo rigorosamente o modelo de aprendizagem significativa e a concepção de Zabala (1998) sobre o papel estruturante das sequências para promover construção progressiva do conhecimento. A dissertação demonstra que o uso do jogo não substitui o ensino tradicional, mas atua como etapa inicial essencial, preparando o estudante para compreender conceitos complexos mediante elaboração gradual, guiada e socialmente mediada.

IV. Comentários Finais

O relato da aplicação do jogo Meia-vida: UP or DOWN descreve uma experiência pedagógica marcada por alta participação, engajamento espontâneo e mobilização de conhecimentos prévios por parte dos estudantes.

A pesquisa aponta que, desde as primeiras partidas, os alunos demonstraram interesse pela dinâmica lúdica e curiosidade pelos itens presentes nas cartas - como métodos de datação, tipos de radiação e processos de decaimento - comentando, questionando e fazendo relações intuitivas entre os elementos do jogo e fenômenos reais da Física Nuclear.

Esse comportamento é interpretado como evidência inicial de predisposição para aprender, condição necessária para aprendizagem significativa segundo Ausubel (1968) e Moreira (2006).

O relato destaca também que a dinâmica de pares permitiu que alunos com diferentes níveis de conhecimento colaborassem entre si, discutindo combinações corretas, explicando suas escolhas e confrontando hipóteses equivocadas. A pesquisa observa que, durante as partidas, os estudantes verbalizaram conceitos como “meia-vida”, “radiação alfa”, “carbono-14”, “instabilidade nuclear”, entre outros, ainda que de maneira intuitiva, o que se alinha aos processos de diferenciação progressiva descritos por Moreira (2006).

Houve ainda indícios de reconciliação integrativa, quando grupos de alunos relataram perceber a diferença entre a energia decaindo no modo DOWN e crescendo no modo UP, demonstrando compreensão inicial da ideia de decaimento exponencial.

Além disso, o ambiente lúdico contribuiu diretamente para reduzir a ansiedade frequentemente relatada nas aulas de Física. Os estudantes participaram sem receio de errar e demonstraram satisfação ao compreender o funcionamento das cartas e do sistema de pontuação, o que reforça o caráter motivador do jogo como organizador prévio, conforme sugerem Moreira (2012b) e Ausubel (1968).

O professor observou que, após o jogo, os alunos demonstraram maior abertura para a aula teórica, perguntando mais, relacionando conceitos e trazendo exemplos discutidos durante as partidas.

Com o exposto é verifica-se então que o ato de investigar o potencial do jogo como organizador prévio para a aprendizagem de Física Nuclear foi consubstanciado por o relato mostra que os estudantes demonstraram interesse, mobilizaram saberes prévios e construíram significados iniciais - características diretamente associadas ao papel de organizadores prévios segundo Moreira (2012b).

Ademais as discussões surgidas espontaneamente durante o jogo indicam que os alunos começaram a construir ideias-âncora relacionadas ao decaimento radioativo e às radiações pois os objetivos específicos também foram consolidados pois os questionários iniciais e as falas dos alunos durante o jogo revelaram concepções espontâneas e lacunas conceituais, úteis para orientar o ensino, ademais o jogo foi aplicado integralmente, com participação efetiva da turma e compreensão progressiva das regras e o capítulo relata entusiasmo, cooperação, competição saudável e verbalizações conceituais durante as partidas.

Importante também considerar que houve diferenciação progressiva e primeiras reconciliações integrativas, embora a consolidação plena dependa das etapas teóricas posteriores e os registros indicam satisfação, participação ativa e interesse, mas a avaliação final aprofundada ainda depende da análise dos questionários pós-sequência.

Assim, o demonstra-se que todos os objetivos estão em processo de consolidação, sendo alguns plenamente atingidos e outros com resultados preliminares, mas coerentes com as expectativas da Teoria da Aprendizagem Significativa.

Resultados então muito promissores ao tempo em que sugere-se repetir o questionário final semanas após a intervenção para verificar retenção de conceitos e estabilidade da aprendizagem significativa e ampliar a aplicação para diferentes perfis de turmas além de aplicar-se o jogo em escolas com diferentes contextos socioculturais permitiria avaliar a robustez e generalização dos resultados além também de relacionar o jogo com os experimentos laboratoriais simples (como detectores de radiação digitais escolares) pode reforçar a reconciliação integrativa.

Referências

- [1]. Agra, G.; Formiga, N.S.; Oliveira, P.S.; Costa, M.M.L.; Fernandes, M.G.M.; Nóbrega, M.M.L. Analysis Of The Concept Of Meaningful Learning In Light Of The Ausubel's Theory. Rev Bras Enferm [Internet]. 2019;72(1):248-55. Disponível Em: <Http://Dx.Doi.Org/10.1590/0034-7167-2017-0691>. Acesso Em 20 Nov 2022.
- [2]. Associação Brasileira De Normas Técnicas. Nbr 6022; Nbr 6023; Nbr 6024; Nbr 6027; Nbr 6028; Nbr 10520; Nbr 14724; Nbr 15287: Informação E Documentação: Artigo Em Publicação Periódica Científica Impressa: Apresentação. Rio De Janeiro, 2003.
- [3]. Ausubel, D. P. Educational Psychology: A Cognitive View. Nova York: Holt, Rinehart And Winston, 1968.
- [4]. Becker, Fernando. Educação E Construção Do Conhecimento. Porto Alegre: Artmed, 2001.
- [5]. Brasil. Instituto Nacional De Estudos E Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). Notas Sobre O Brasil No Pisa 2022. Brasília, Df: Inep, 2023.
- [6]. Brasil. Ministério Da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.
- [7]. Caruso, Francisco; Oguri, Vitor. Física Moderna: Origens Clássicas E Quânticas. 2ª Edição. Rio De Janeiro: Ltc, 2016.
- [8]. Carvalho, C. V. De. Aprendizagem Baseada Em Jogos. In: World Congress On Systems Engineering And Information Technology, 2. Anais. Vigo (Espa-Nha), 2015.
- [9]. Casasant Garcia, Ana Luiza; Raquel Halmenschlager, Karine; Maurí-Cio Brick, Elizandro. Desinteresse Escolar: Um Estudo Sobre O Tema A Partir De Teses E Dissertações. Revista Contexto & Educa-Cão, [S. L.], V. 36, N. 114, P. 280-300, 2021. Doi: 10.21527/2179-1309.2021.114.280-300. Disponível Em: <Https://Www.Revistas.Unijui.Edu.BR/Index.Php/Contextoeducacao/Article/View/9783>. Acesso Em: 14 Abr. 2025.
- [10]. Fardo, Marcelo Luis. A Gamificação Como Estratégia Pedagógica: Estudo De Elementos Dos Games Aplicados Em Processos De Ensino E Aprendizagem. Dissertação; Programa De Pós-Graduação Em Educação, Universidade De Caixias Do Sul, 2013.
- [11]. Gil, A. C. Métodos E Técnicas De Pesquisa Social. 6º Ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- [12]. Halliday, D.; Resnick, R.; Krane, K. Física, Vol. 4. Quinta Edição. Rio De Janeiro: Ltc, 2012.
- [13]. Masini, Elcie F. Salzano; Moreira, Marco Antônio. Aprendizagem Significativa: Con-Dições Para Ocorrência E Lacunas Que Levam A Comprometimentos. São Paulo: Editora Ve-Tor, 2008. Edição Kindle, 4306 Posições.
- [14]. Moreira, M. A. Unidades De Ensino Potencialmente Significativas - Ueps. In: Silva, M. G. L.; Mohr, A.; Araújo, M. F. F. (Orgs). Temas De Ensino E Formação De Professores De Ciências. Natal: Edufrn, 2012a. P. 45-71.
- [15]. Moreira, Marco A. A Teoria De Aprendizagem Significativa E Sua Implementação Em Sala De Aula. Brasília: Editora Universidade De Brasília, 2006. 186 P.
- [16]. Moreira, Marco A. O Que É Afinal Aprendizagem Significativa? Curriculum: Revista De Teoría, Investigación Y Práctica Educativa. La Laguna, Espanha. No. 25, 2012b, P. 29-56. Disponível Em: <Http://Moreira.If.Ufrgs.Br/Oqueafinal.Pdf> Acesso Em 20 Fev. 2025.
- [17]. Oecd, Pisa 2022 Results (Volume I): The State Of Learning And Equity In Education, Pisa, Oecd Publishing, Paris, 2023. Disponível Em: <Https://Doi.Org/10.1787/53f23881-En>. Acesso Em: 04 Out. 2025.
- [18]. Organização Das Nações Unidas (Onu). Report On The 2022 Transforming Education Summit: Convened By The Un Secretary-General. United Nations, 2023. Disponível Em: Https://Www.Un.Org/Sites/Un2.Un.Org/Files/Report_On_The_2022_Transforming_Education_Summit.Pdf. Acesso Em: 4 Out. 2025.
- [19]. Ostermann, Fernanda; Moreira, Marco Antonio. Uma Revisão Bibliográfica Sobre A Área De Pesquisa “Física Moderna E Contemporânea No Ensino Médio”. Investigações Em Ensino De Ciências, [S. L.], V. 5, N. 1, P. 23-48, 2016. Disponível Em: <Https://Ienci.If.Ufrgs.Br/Index.Php/Ienci/Article/View/600>. Acesso Em: 14 Nov. 2025.
- [20]. Paganini, Érico Rodrigues; Bolzan, Márcio De Souza. Ensinando Física Através Da Ga-Mificação. In: Vii Encontro Científico De Física Aplicada, 2016, São Paulo. Blucher Physics Proceedings, V. 3, P. 16-20, 2016. Issn 2358-2359.

- [21]. Peruzzo, Jucimar. Física E Energia Nuclear. São Paulo: Editora Livraria Da Física, 2012.
- [22]. Ronca, Antonio Carlos Caruso. Teorias De Ensino: A Contribuição De David Ausubel. Te-Mas Psicol., Ribeirão Preto, V. 2, N. 3, P. 91-95, Dez.1994.
- [23]. Severino, Antonio Joaquim. Metodologia Do Trabalho Científico. São Paulo: Cortez, 2017.
- [24]. Silva, João Batista Da; Sales, Gilvandeny Leite; Castro, Juscileide Braga De. Gamificação Como Estratégia De Aprendizagem Ativa No Ensino De Física. Revista Brasileira De En-Sino De Física. São Paulo, V. 41, N. 4, 2019.
- [25]. Studart, Nelson. A Gamificação Como Design Instrucional. Revista Brasileira De Ensino De Física. São Paulo, V. 44, 2022.
- [26]. Tipler, P. A. Física Para Cientistas E Engenheiros, Vol. 3. Quarta Edição. Rio De Janeiro: Ltc, 2000.
- [27]. Trois, Sonia. Da Silva, Régio P. Desafiando Para Ensinar: Estudo Comparativo Entre Ní-Veis De Dificuldade Em Games Educacional E Comercial. In: Simpósio Brasileiro De Games E Mídia Digital, 11., 2012, Brasília. Anais [...] Brasília: Sbc, P. 93-99, 2012.
- [28]. Zabala, Antoni. A Prática Educativa: Como Ensinar. Tradução De Ernani F. Da F. Rosa. Porto Alegre, Artmed, 1998.
- [29]. Zabala, Antoni. Arnau, Laia. Métodos Para Ensinar Competências. Tradução De Gra-Sielly H. Angeli. Porto Alegre: Penso, 2020. Edição Kindle.