

O ENSINO DO CICLO DE CARNOT POR MEIO DE UM JOGO DIDÁTICO DE TABULEIRO: UMA PROPOSTA FUNDAMENTADA NA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Teaching the Carnot Cycle through an educational board game: a proposal based on Meaningful Learning

Francimeire Moreira Maia [francimeire.maia@aluno.uece.br]

Fellipe dos Santos Campelo Rêgo [fellipecampelo@uece.br]

Vanderley Aguiar de Lima Júnior [vanderley.aguiar@uece.br]

Thiago Soares Ribeiro [tsr.ribeiro@uece.br]

Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Universidade Estadual do Ceará, Faculdade de filosofia Dom Aureliano Matos, Av. Dom Aureliano Matos, 2058 - Centro, Limoeiro do Norte - CE, 62930-000, CE, Brasil.

José Robson Maia [jose.robson@uece.br]

Francisco Carlos Carneiro Soares Salomão [carlos.salomao@uece.br]

Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), Universidade Estadual do Ceará, CE, Brasil. Av. Dr. Silas Munguba, 1700 - Itaperi, Fortaleza - CE, 60714-903.

Recebido: 18/01/26

Aceito: 03/04/2026

Resumo

O ensino de Termodinâmica, em especial do Ciclo de Carnot, apresenta desafios conceituais significativos no Ensino Médio, devido ao alto grau de abstração envolvido. Este artigo tem como objetivo analisar uma proposta didática baseada em um jogo de tabuleiro, fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa, visando à melhoria da compreensão conceitual dos estudantes sobre o funcionamento e a importância do Ciclo de Carnot. A pesquisa, de natureza qualitativa, foi desenvolvida com estudantes do Ensino Médio de uma escola pública, utilizando pré-teste, aplicação do jogo e pós-teste como instrumentos de coleta de dados. Os resultados indicam indícios de evolução conceitual e maior engajamento dos estudantes, sugerindo que o uso de jogos didáticos pode contribuir positivamente para o ensino de conceitos de Termodinâmica.

Palavras-chave: Ensino de Física; Termodinâmica; Ciclo de Carnot; Jogos didáticos.

Abstract

The teaching of Thermodynamics, especially the Carnot Cycle, presents significant conceptual challenges in high school due to its abstract nature. This article aims to analyze a didactic proposal based on a board game, grounded in the Theory of Meaningful Learning, seeking to improve students' conceptual understanding of the Carnot Cycle. Qualitative research was conducted with public high school students using a pre-test, the application of the game, and a post-test as data collection instruments.

The results indicate signs of conceptual development and increased student engagement, suggesting that didactic games can positively contribute to the teaching of Thermodynamics concepts.

Keywords: Physics teaching; Thermodynamics; Carnot cycle; Educational games

1. Introdução

O ensino de Física enfrenta, historicamente, o desafio de tornar acessíveis conceitos fundamentais que envolvem elevado grau de abstração. Machado (2017) destaca que muitos estudantes iniciam o estudo da Física sem construções conceituais concretas consolidadas, o que dificulta a compreensão de conteúdos mais abstratos. Essa realidade se manifesta frequentemente no contexto escolar, em que é comum a percepção da Física como um conjunto de fórmulas matemáticas a serem aplicadas mecanicamente, sem compreensão conceitual significativa.

No ensino de Termodinâmica, tais dificuldades tornam-se ainda mais evidentes, especialmente no estudo do Ciclo de Carnot. Conceitos como calor, temperatura, trabalho e rendimento de máquinas térmicas frequentemente são abordados de forma teórica e descontextualizada, o que compromete sua compreensão e aplicação pelos estudantes (Cordeiro, 2014).

Segundo Moreira (2011), abordagens predominantemente expositivas tendem a favorecer uma aprendizagem mecânica, na qual os estudantes não estabelecem relações significativas entre novos conhecimentos e saberes prévios. Nesse cenário, destacam-se as metodologias ativas, que promovem o protagonismo discente e favorecem uma aprendizagem mais significativa.

Entre essas metodologias, os jogos educativos configuram-se como uma alternativa promissora no ensino de Física, pois possibilitam a exploração de conceitos científicos de forma concreta e interativa. No contexto do ensino de Termodinâmica, os jogos permitem a simulação de fenômenos físicos abstratos, favorecendo a visualização e a compreensão conceitual.

Dessa forma, este artigo tem como objetivo geral analisar a contribuição de um jogo de tabuleiro para a compreensão dos conceitos termodinâmicos relacionados ao Ciclo de Carnot no Ensino Médio. Como objetivos específicos, busca-se: (i) apresentar os conceitos de energia, calor e trabalho como base para as estratégias desenvolvidas no jogo; (ii) compreender os processos termodinâmicos envolvidos no Ciclo de Carnot; e (iii) avaliar a aplicação do jogo como ferramenta pedagógica no ensino de Termodinâmica.

2. Fundamentação Teórica

2.1 Aprendizagem Significativa

A Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por Ausubel, fundamenta-se na ideia de que a aprendizagem ocorre de forma mais eficaz quando novas informações se relacionam de maneira

substantiva e não arbitrária com os conhecimentos prévios do estudante. Segundo Moreira (2011), a aprendizagem significativa se contrapõe à aprendizagem mecânica, na qual o conteúdo é memorizado sem que o aluno compreenda seu significado ou consiga aplicá-lo em novos contextos. Além disso, Moreira (1999) destaca que, quando o ensino não favorece a construção de significados, o estudante tende a desenvolver uma postura passiva diante do conhecimento científico.

Nesse contexto, estratégias pedagógicas que promovam a participação ativa dos estudantes e a contextualização dos conteúdos tornam-se fundamentais. Para Moreira (2011), materiais potencialmente significativos, aqueles que apresentam organização lógica e relevância psicológica para o aluno, são essenciais para que a aprendizagem ocorra de forma efetiva. Assim, recursos didáticos que favoreçam a interação, a problematização e a tomada de decisões podem atuar como organizadores prévios, facilitando a ancoragem de novos conceitos.

Dessa forma, a Aprendizagem Significativa constitui o principal referencial teórico deste estudo, uma vez que orienta a elaboração e a aplicação do jogo de tabuleiro sobre o ciclo de Carnot como uma estratégia capaz de articular conceitos teóricos da Termodinâmica a situações lúdicas e contextualizadas, favorecendo a construção de significados pelos estudantes.

2.2 Jogos no Ensino de Ciências

Os jogos educacionais têm se destacado como recursos pedagógicos relevantes no ensino de Física, sobretudo por possibilitarem a abordagem de conceitos científicos em ambientes lúdicos, interativos e motivadores. De acordo com Pereira, Fusinato e Neves (2009), os jogos contribuem para despertar o interesse dos alunos, especialmente em contextos escolares marcados por metodologias predominantemente expositivas, que tendem a limitar a participação ativa dos estudantes.

A utilização de jogos como ferramenta didática tem se mostrado eficaz na facilitação da aprendizagem em Ciências Naturais, como apontado por Morris et al. (2013), o que tem impulsionado sua inserção no ambiente escolar, não apenas pelo potencial de aprimorar a compreensão conceitual, mas também por se configurar como uma metodologia ativa capaz de promover o desenvolvimento de habilidades sociais e o trabalho em equipe, aspectos fundamentais para a formação dos estudantes, como indicam Berland e Lee (2011) e Azizan et al. (2018).

Diversos estudos têm evidenciado o potencial dos jogos no ensino de ciências. Cardinot e Fairfield (2022) desenvolveram um jogo de tabuleiro voltado ao ensino de Astronomia, com o objetivo de investigar sua contribuição para a aprendizagem de conteúdos presentes no currículo irlandês. Os resultados indicaram um aumento significativo no desempenho dos estudantes, com base na comparação entre pré e pós-testes. Em outro estudo, Cardinot, McCauley e Fairfield (2022) propuseram um guia prático para o desenvolvimento de jogos educacionais, estruturado em etapas que favorecem a criação de recursos centrados no aluno e com potencial avaliativo.

No contexto brasileiro, a utilização de jogos educacionais também tem ganhado destaque na literatura. Souza et al. (2019), por exemplo, desenvolveram um jogo de tabuleiro para o ensino de física de altas energias, demonstrando que conteúdos de elevada complexidade matemática podem ser abordados de forma qualitativa por meio de estratégias lúdicas. De modo semelhante, Ortiz e Denardin

(2021) propuseram um jogo de cartas para o ensino de circuitos elétricos, evidenciando contribuições para a aprendizagem conceitual dos estudantes.

No ensino de Física, os jogos permitem a simulação de fenômenos naturais que, muitas vezes, não podem ser observados diretamente em sala de aula. Essa característica é particularmente relevante no ensino de Termodinâmica, cujos conceitos como calor, trabalho, transformações termodinâmicas e rendimento de máquinas térmicas envolvem processos abstratos e de difícil visualização. Moreira (2018) ressalta que o uso de jogos e atividades práticas facilita a construção do conhecimento ao proporcionar experiências de aprendizagem mais envolventes e significativas.

Os jogos de tabuleiro, em especial, apresentam potencial pedagógico por estimularem a interação social, o raciocínio estratégico e a tomada de decisões, elementos que favorecem o engajamento dos estudantes no processo de aprendizagem. Além disso, ao combinar teoria e prática de forma acessível, esses jogos contribuem para tornar a Física menos intimidante e mais próxima da realidade dos alunos, promovendo atitudes mais positivas em relação à ciência (Moreira, 1999).

No contexto desta pesquisa, o jogo de tabuleiro sobre o Ciclo de Carnot foi concebido como um recurso didático capaz de traduzir conceitos termodinâmicos em ações e decisões lúdicas. Elementos como cartas, regras e desafios foram elaborados com base nos conceitos de calor, trabalho e eficiência energética, permitindo que os alunos simulem o funcionamento de uma máquina térmica ideal. Assim, o jogo não se configura apenas como uma atividade recreativa, mas como um instrumento pedagógico alinhado aos princípios da Aprendizagem Significativa, ao favorecer a compreensão conceitual por meio da experiência e da interação.

3. Metodologia

A pesquisa desenvolvida neste estudo possui abordagem qualitativa e caracteriza-se por uma intervenção pedagógica. Teve como objetivo analisar a contribuição de um jogo de tabuleiro para a compreensão de conceitos termodinâmicos relacionados ao Ciclo de Carnot.

3.1 Contexto e participantes

A investigação foi realizada em uma turma do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual localizada no município de Limoeiro do Norte – CE. A escolha do contexto escolar justificou-se pela pertinência do conteúdo ao currículo da etapa de ensino e pela possibilidade de aplicação de uma sequência didática envolvendo conceitos introdutórios de Termodinâmica. Os estudantes participaram voluntariamente das atividades propostas, respeitando-se os princípios éticos da pesquisa educacional.

3.2 Instrumentos de coleta

Como instrumentos de coleta de dados, foram utilizados:

(i) aplicação de um pré-teste diagnóstico, com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios dos estudantes;

- (ii) aplicação do jogo de tabuleiro, acompanhada de observações durante a atividade;
- (iii) aplicação de um pós-teste, visando avaliar possíveis avanços na compreensão conceitual.

3.3 Procedimentos

A intervenção pedagógica foi estruturada por meio de uma sequência didática, organizada em encontros que articularam momentos de diagnóstico, sistematização conceitual, aplicação do jogo e avaliação. Inicialmente, realizou-se o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes, seguido de aulas expositivas dialogadas, nas quais foram trabalhados os conceitos fundamentais de calor, temperatura, trabalho e energia, bem como aspectos introdutórios sobre máquinas térmicas e o Ciclo de Carnot.

Na etapa central da sequência, foi aplicado o jogo de tabuleiro sobre o Ciclo de Carnot, desenvolvido especificamente para esta pesquisa. Os estudantes foram organizados em grupos e orientados quanto às regras e à dinâmica do jogo, que simula as quatro transformações do ciclo termodinâmico e envolve decisões estratégicas relacionadas à conversão de calor em trabalho e à eficiência energética. Durante a aplicação do jogo, o docente atuou como mediador, estimulando reflexões e discussões conceituais a partir das situações vivenciadas pelos estudantes.

Ao final da sequência didática, aplicou-se o pós-teste, possibilitando a análise das aprendizagens construídas ao longo da intervenção. A Tabela 1 abaixo apresenta uma síntese da sequência didática aplicada na pesquisa.

Tabela 1: Planejamento e execução da sequência Didática.

ASPECTO A TRABALHAR	AULA DATA C/H	OBJETIVOS	METODOLOGIA	RECURSOS
Apresentação (15 min) e aplicação do pré-teste do (35 min)	50 min	Verificar o conhecimento prévio dos estudantes sobre o conteúdo.	Exposição oral e aplicação de questionário. E como atividade para casa assistir uma cena de filme, como organizador prévio para a próxima aula.	Quadro branco; Pincel; Apagador; Folha de Ofício.
Organização do conhecimento: Conceito de Temperatura, Calor, Trabalho e Energia.	50 min	Compreender, a partir da análise de uma cena do filme A Era do Gelo 2, os conceitos de calor, temperatura, trabalho e energia,	Aula expositiva dialogada abordando os conceitos de temperatura, calor, trabalho e energia, abordados na cena do filme, onde os alunos participaram de um debate	TV; Computador; Quadro Branco; Livro didático; Pincel.

		identificando como ocorre a transferência de calor entre corpos.	orientado, mediado pela professora, em que discutiram as causas do derretimento do gelo e a transformação de energia envolvida na cena.	
Exposição oral dos conteúdos sobre o Ciclo de Carnot, eficiência das máquinas térmicas e aplicações práticas. (50min)	50 min	Proporcionar aos estudantes uma compreensão significativa sobre o Ciclo de Carnot, explorando seus princípios fundamentais e sua relação com a conversão de energia em máquinas térmicas.	Os alunos iniciarão a aula observando um vídeo levado pela professora sobre o Ciclo de Carnot, onde ele fala do contexto histórico até o surgimento das máquinas térmicas. Em seguida, a professora realizará uma exposição dialogada em slides, apresentando os conceitos fundamentais sobre máquinas térmicas, trabalho, calor, rendimento e a ideia de máquina ideal proposta por Carnot, e utilizando a vídeo para buscar os conhecimentos prévios dos alunos.	Quadro branco; Pincel; Apagador; Slide; Computador; TV.
Apresentação do jogo (10 min) e aplicação do jogo (40 min)	50 min	Apresentar o jogo de tabuleiro, destacando a proposta pedagógica e seu potencial como ferramenta de ensino para facilitar a compreensão dos conceitos que serão apresentados no jogo. Além	Antes de começar, foi entregue uma folha com as regras do jogo e em seguida, as regras foram explicadas, buscando sanar as dúvidas dos alunos. Logo após, foi feita a divisão dos alunos da sala em grupos de 4 integrantes e aplicar o jogo em cada grupo, permitindo que	Jogo de tabuleiro; Folha com as regras.

		disso, demonstrar a aplicação prática do jogo.	joguem, observando como aplicam os conceitos na dinâmica do jogo.	
Pós-teste) (15 min) / recapitulação do conteúdo do jogo (35min)	50 min	Verificar a aprendizagem dos alunos sobre conceitos envolvidos na unidade de ensino após a aplicação do jogo.	Exposição oral e aplicação do pós-teste.	Questionário;

Fonte: Elaborado pelos autores.

3.4 Análise dos dados

A análise dos dados foi realizada de forma qualitativa, considerando a comparação entre as respostas do pré-teste e do pós-teste, bem como as observações registradas durante a aplicação do jogo. Buscou-se identificar indícios de evolução conceitual, compreensão dos processos termodinâmicos envolvidos no Ciclo de Carnot e o papel do jogo como recurso facilitador da aprendizagem.

4. O jogo didático de tabuleiro “Ciclo de Carnot em jogo”.

O jogo de tabuleiro intitulado Ciclo de Carnot em jogo foi desenvolvido como um recurso didático com o objetivo de auxiliar a compreensão dos conceitos fundamentais da Termodinâmica, em especial aqueles relacionados ao funcionamento de uma máquina térmica ideal. A proposta do jogo baseia-se na simulação do Ciclo de Carnot, permitindo que os estudantes interajam com os processos termodinâmicos por meio de decisões estratégicas e da manipulação de elementos que representam calor e trabalho.

Diferentemente de abordagens exclusivamente teóricas, o jogo busca promover uma aprendizagem experiencial, na qual os alunos vivenciam, de forma lúdica e interativa, as transformações isotérmicas e adiabáticas que compõem o ciclo. Essa dinâmica favorece a articulação entre conceitos físicos abstratos e situações concretas de tomada de decisão, aproximando o estudante do funcionamento idealizado das máquinas térmicas.

4.1 Estrutura e componentes do jogo

O jogo é composto por um tabuleiro, cartas de energia e dados, sendo projetado para até quatro jogadores. O tabuleiro representa graficamente o Ciclo de Carnot, dividido em quatro regiões correspondentes às transformações termodinâmicas: expansão isotérmica, expansão adiabática,

compressão isotérmica e compressão adiabática. Essa organização espacial permite que os estudantes visualizem o ciclo completo e reconheçam a sequência dos processos envolvidos. Uma representação esquemática do tabuleiro é apresentada na Figura 1.

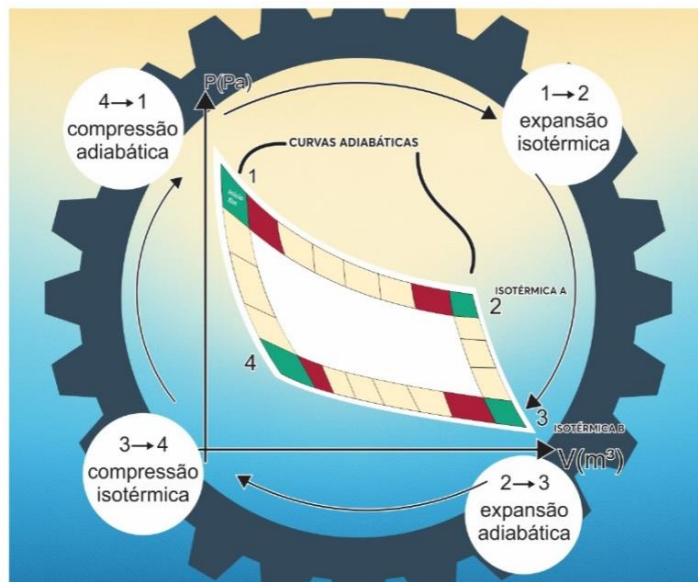


Figura 1: Tabuleiro do jogo “Ciclo de Carnot em jogo”, com destaque para as quatro transformações termodinâmicas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

As cartas do jogo representam trocas de energia na forma de calor (Q) e trabalho (W), com valores discretos que permitem quantificar os avanços no tabuleiro (Ver Figura 2). Cada casa corresponde a uma unidade fixa de trabalho, o que reforça a relação entre deslocamento no ciclo e conversão energética. Os dados introduzem o conceito de eficiência térmica, uma vez que diferentes escolhas implicam custos energéticos distintos e possibilidades variadas de avanço no ciclo.

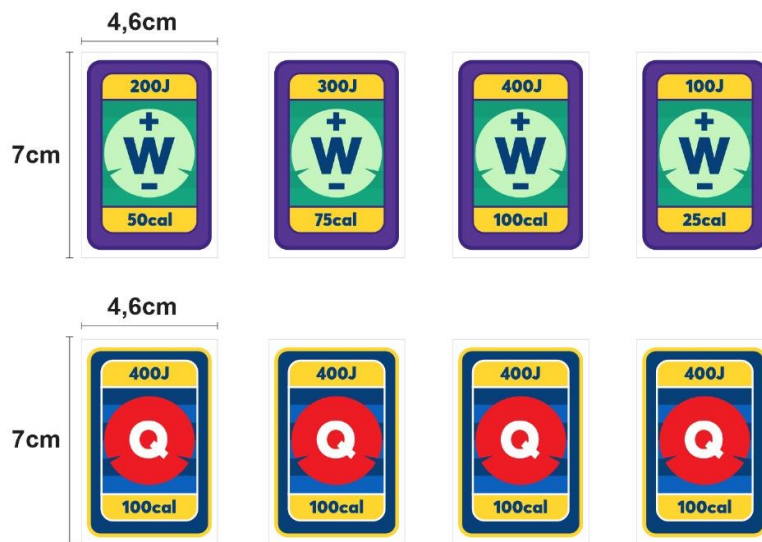


Figura 2: Cartas de energia utilizadas no jogo, representando calor e trabalho.

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2 Dinâmica do jogo e relação com os conceitos físicos

A dinâmica do jogo foi planejada de modo a respeitar as características físicas de cada transformação do Ciclo de Carnot. Durante a expansão isotérmica, os jogadores recebem cartas de calor, simulando a absorção de energia térmica pela máquina. Já nas transformações adiabáticas, não ocorre troca de calor, sendo necessário o uso exclusivo de cartas de trabalho para avançar no tabuleiro. Na compressão isotérmica, os jogadores devolvem cartas de calor, representando a rejeição de energia ao reservatório frio.

Essa estrutura permite que os estudantes compreendam, de forma implícita e progressiva, que nem todo o calor absorvido é convertido em trabalho, introduzindo naturalmente a noção de rendimento das máquinas térmicas. O sistema de dados (Ver Figura 3) reforça esse conceito ao associar maior eficiência a maiores possibilidades de avanço, desde que o jogador disponha dos recursos energéticos necessários.

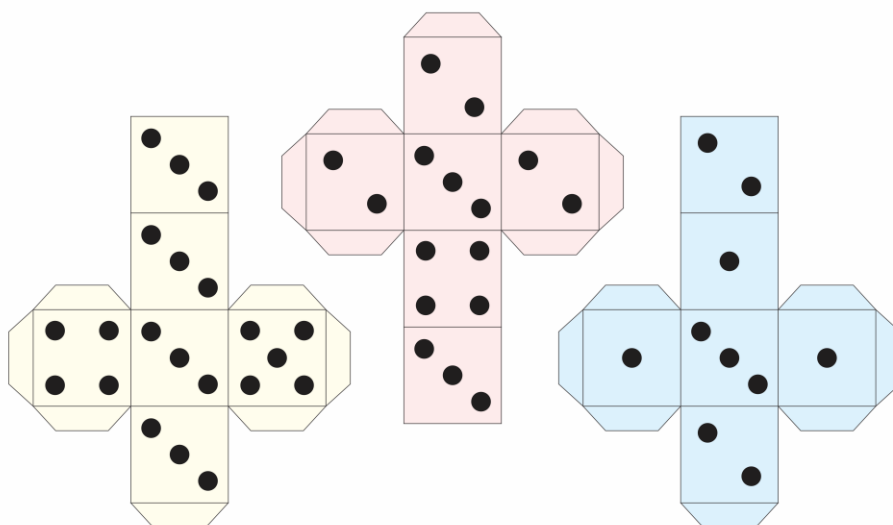


Figura 3: Dados utilizados no jogo, associados a diferentes níveis de eficiência térmica.
Fonte: Elaborado pelos autores.

4.3 Potencial pedagógico do jogo

O jogo desenvolvido neste estudo apresenta potencial pedagógico por possibilitar a integração entre conteúdo conceitual, tomada de decisão e interação social. Ao longo da partida, os estudantes são levados a discutir estratégias, justificar escolhas e relacionar suas ações às leis da Termodinâmica, o que contribui para a construção de significados mais estáveis e coerentes com o referencial científico.

Além disso, o jogo favorece a mediação docente, permitindo que o professor intervenha com questionamentos conceituais durante a atividade, esclareça dúvidas e promova discussões que relacionem a experiência lúdica à formalização matemática dos conceitos trabalhados em sala de aula.

5. Resultados e Discussão

Este capítulo apresenta e discute os resultados obtidos a partir da intervenção pedagógica, com base nos dados produzidos durante a aplicação da sequência didática. A análise foi conduzida sob uma perspectiva qualitativa, considerando as respostas dos estudantes aos instrumentos aplicados, bem como as observações realizadas ao longo das atividades.

Participaram da pesquisa 20 estudantes do 2º ano do Ensino Médio, que estiveram presentes em todas as etapas da intervenção. A análise buscou identificar indícios de compreensão conceitual, formas de participação dos alunos e aspectos relacionados ao engajamento durante o desenvolvimento das atividades.

5.1 Diagnóstico Inicial e Evolução Conceitual

Os dados do pré-teste indicaram que os estudantes apresentavam conhecimentos prévios heterogêneos. Observou-se maior familiaridade com conceitos mais próximos do cotidiano, como transferência de calor (50% de acertos) e equilíbrio térmico (40% de acertos), ainda que de forma pouco sistematizada. Por outro lado, conteúdos mais abstratos, como o Ciclo de Carnot (10% de acertos) e suas transformações (15% de acertos), mostraram-se pouco consolidados. Essas observações corroboram com a literatura sobre as dificuldades no ensino do tema (Greca & Moreira, 2002).

Após a aplicação da sequência didática, as respostas ao pós-teste evidenciaram mudanças na forma como os estudantes mobilizavam os conceitos trabalhados. De modo geral, observou-se maior coerência nas respostas, com indícios de compreensão mais articulada dos processos termodinâmicos. A Tabela 2 sintetiza a comparação dos percentuais de acertos, destacando a variação positiva em todos os conceitos.

Tabela 2: Comparação dos percentuais de acertos no Pré e Pós-Teste.

Questões	Conteúdo avaliado	Pré-teste	Pós-teste	Variação
1ª	Transferência de calor e equilíbrio térmico	50%	85%	+35%
2ª	Equilíbrio Térmico e fluxo de calor	40%	60%	+20%
3ª	Conceito de energia	45%	80%	+35%
4ª	Trabalho e transformações de energia	45%	70%	+25%
5ª	Conceito de ciclos em sistemas termodinâmicos	55%	85%	+30%
6ª	Processos Cíclicos	50%	65%	+15%

7 ^a	Ciclo de Carnot e eficiência Térmica	10%	65%	+55%
8 ^a	Transformações termodinâmicas do ciclo de Carnot	40%	80%	+40%
9 ^a	Primeira lei da termodinâmica aplicada a ciclos térmicos.	15%	65%	+50%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os maiores ganhos ocorreram justamente nos conteúdos mais abstratos (Questões 7 e 9). Esse resultado sugere que a mediação pedagógica planejada, especialmente a materialização dos conceitos através do jogo, atuou como uma poderosa âncora para novos subsunçores, facilitando a assimilação não arbitrária preconizada por Ausubel (2003).

Embora os dados também indiquem aumento nos percentuais de acerto, estes foram considerados como elementos auxiliares na análise, sendo interpretados em conjunto com as demais evidências qualitativas. Nesse sentido, os resultados sugerem avanços na compreensão dos conteúdos, especialmente nos temas inicialmente apontados como mais complexos, como ciclo de Carnot e como ocorrem os processos termodinâmicos.

5.2 O Jogo como Mediador da Aprendizagem Significativa

A partir dos resultados apresentados, observa-se que a utilização do jogo de tabuleiro contribuiu para a construção de significados relacionados aos conceitos de Termodinâmica, especialmente no que se refere ao Ciclo de Carnot e às transformações envolvidas nesse processo. A análise das atividades desenvolvidas ao longo da intervenção indica que os estudantes passaram a mobilizar os conceitos de forma mais articulada, estabelecendo relações entre os conteúdos trabalhados e as situações vivenciadas durante o jogo.

Durante a aplicação da atividade, foram observadas interações entre os alunos que evidenciaram processos de reflexão e tentativa de interpretação dos fenômenos representados. Em diferentes momentos, os estudantes recorreram aos conhecimentos discutidos nas aulas para justificar suas decisões no jogo, o que sugere um movimento de integração entre conhecimentos prévios e novos conteúdos.

A dinâmica proposta favoreceu a aproximação entre conceitos abstratos e situações concretas, permitindo que os estudantes compreendessem, de maneira progressiva, aspectos como a conversão de calor em trabalho e as limitações associadas à eficiência das máquinas térmicas. Nesse contexto, o jogo atuou como um recurso que possibilitou a exploração desses conceitos para além da abordagem exclusivamente teórica.

A observação da atividade (Figura 4) evidencia o envolvimento dos estudantes durante a aplicação do jogo, caracterizado pela participação ativa, troca de ideias e colaboração entre os grupos. Esse engajamento esteve associado não apenas ao caráter lúdico da proposta, mas também à necessidade de tomada de decisões ao longo da dinâmica, o que favoreceu a reflexão sobre os conceitos envolvidos.



Figura 4: Alunos engajados na aplicação do jogo de tabuleiro "Ciclo de Carnot em jogo".
Fonte: Elaborada pelos autores

Além disso, verificou-se que o jogo possibilitou momentos de mediação docente, nos quais questionamentos e intervenções contribuíram para a explicitação das ideias dos estudantes e para o aprofundamento das discussões conceituais. Esse processo favoreceu a construção de compreensões mais consistentes, ao permitir que os alunos revisassem e reorganizassem seus conhecimentos.

Os resultados observados estão em consonância com os pressupostos da Aprendizagem Significativa, na medida em que indicam a possibilidade de estabelecimento de relações entre novos conhecimentos e estruturas cognitivas previamente existentes. Nesse sentido, o jogo pode ser compreendido como um recurso potencialmente significativo, ao favorecer a interação, a problematização e a construção ativa do conhecimento.

De modo geral, a análise indica que a utilização do jogo, articulada à mediação docente, contribuiu para a compreensão dos conceitos de Termodinâmica, ao mesmo tempo em que promoveu maior participação dos estudantes nas atividades propostas.

6. Considerações Finais

Este estudo analisou a aplicação de uma sequência didática fundamentada na utilização de um jogo de tabuleiro para o ensino do Ciclo de Carnot, estruturada com base nos princípios da aprendizagem significativa e aplicada a estudantes do Ensino Médio.

Os resultados obtidos indicam que a estratégia adotada atendeu aos objetivos propostos. A análise comparativa entre os questionários pré e pós-teste e as observações realizadas durante a dinâmica do jogo sugerem que a união dos conceitos apresentados com a ludicidade do jogo atuou como um facilitador

para o aprendizado de novos conhecimentos, especialmente em relação a primeira lei da termodinâmica aplicada a ciclos e a ideia de eficiência das máquinas térmicas.

Além dos ganhos na compreensão conceitual, a proposta demonstrou potencial para promover maior engajamento e participação ativa dos estudantes, aspectos que contribuem para um ambiente de aprendizagem mais dinâmico e no qual o aluno assume papel de protagonista. A dinâmica do jogo, aliada à mediação docente, mostrou-se um espaço fértil para a explicitação de ideias e a reorganização do pensamento, alinhando-se aos pressupostos de uma aprendizagem mais significativa.

Como limitação do estudo, destaca-se o número reduzido de participantes e a ausência de um grupo controle, fatores que restringem a generalização dos resultados. Para futuras investigações, sugere-se a aplicação da sequência didática em contextos mais amplos e a realização de estudos de acompanhamento para avaliar a permanência dos conceitos aprendidos pelos estudantes. Acredita-se, por fim, que a proposta aqui apresentada possa inspirar o desenvolvimento de outros recursos lúdicos voltados ao ensino de conceitos complexos em diferentes áreas da ciência.

REFERÊNCIAS

- Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano.
- Azizan, M. T.; Mellon, N.; Ramli, R. M.; Yusup, S. (2018). Education for Chemical Engineers, 22.
- Berland, M.; Lee, V. R. (2011). International Journal of Game-Based Learning, 1(2), 65.
- Cardinot, A.; Fairfield, J. A. (2022). International Journal of Game-Based Learning, 9, 42.
- Cardinot, A.; McCauley, V.; Fairfield, J. A. (2022). Physics Education, 57, 035006.
- Cordeiro, A. M. (2014). Concepções de discentes e docentes sobre os conceitos de energia, calor e temperatura e suas implicações no processo de ensino-aprendizagem. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Caruaru.
- Greca, I. M., & Moreira, M. A. (2002). Mental, physical, and mathematical models in the teaching and learning of physics. *Science Education*, *86*(1), 106-121.
- Machado, S. Dificuldades conceituais no ensino de Física: desafios para a aprendizagem significativa. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 39, n. 2, p. 1–9, 2017.
- Moreira, M. A. (1999). *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária.
- Moreira, M. A. (2011). *Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo: Livraria da Física.
- Moreira, M. A. (2018). Uma análise crítica do ensino de Física. *Revista Ensino de Ciências*, (32).

- Morris, B.; Croker, S.; Zimmerman, C.; Gill, D.; Romig, C. (2013). *Frontiers in Psychology*, 4, 607.
- Ortiz, G. S.; Denardin, L. (2021). Curto-circuito: uma proposta de jogo para o ensino de circuitos elétricos. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática (REnCiMa)*.
- Pereira, A. P.; Fusinato, P. A.; Neves, M. C. D. Jogos didáticos no ensino de Física: uma proposta para o ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 31, n. 1, p. 1–8, 2009.
- Silva, A. F. Concepções de estudantes do ensino médio sobre calor e temperatura. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 29, n. 3, p. 456–472, 2012.
- Souza, M. A. M.; Nascimento, A. C. S.; Costa, D. F.; Ferreira, O. (2019). *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 41, e20180124.
- Zabala, A. (1998). *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: Artmed.