

LEIS DE NEWTON E SEU ENSINO NO ENSINO MÉDIO: UMA PROPOSTA INVESTIGATIVA

NEWTON'S LAWS AND THEIR TEACHING IN HIGH SCHOOL: AN INVESTIGATIVE APPROACH

LAS LEYES DE NEWTON Y SU ENSEÑANZA EN LA EDUCACIÓN SECUNDARIA: UNA PROPUESTA INVESTIGATIVA

 <https://doi.org/10.56238/arev8n2-140>

Data de submissão: 28/01/2026

Data de publicação: 28/02/2026

Tiago Martins Moura

Doutorando em Ensino

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)

Endereço: Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: tiagomartins@uern.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-6530-9530>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5973953696152510>

Cristiane de Carvalho Ferreira Lima Moura

Doutora em Ensino de Ciências e Matemática

Instituição: Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Endereço: Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: cristianecarvalho@ufersa.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0988-3623>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3795214129484005>

Maria Goretti Silva

Mestra em Educação

Instituição: Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN)

Endereço: Rio Grande do Norte, Brasil.

E-mail: goretti@ufersa.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1634-9771>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/5377779592860241>

Natália Rocha Celedonio

Doutoranda em Ensino

Instituição: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN)

Endereço: Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: nataliarocha@ufersa.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1212-5949>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/3321690740706983>

Lidiane Martins Moura Ferreira

Doutora em Fitotecnia

Instituição: Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

Endereço: Rio Grande do Norte, Brasil

E-mail: lidiane.martins@ufersa.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1125-524X>

Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0074391587319803>

RESUMO

A persistência de práticas tradicionais no ensino de Física, marcadas pelo formalismo matemático excessivo e pela centralidade na transmissão de conteúdos, ainda dificulta a construção de significados pelos estudantes no Ensino Médio. No caso das Leis de Newton, tal abordagem tende a privilegiar a aplicação mecânica de fórmulas em detrimento da compreensão conceitual e da problematização dos fenômenos. Este artigo tem como objetivo discutir fundamentos teóricos e didáticos para o ensino das Leis de Newton e apresentar uma proposta investigativa alinhada à Base Nacional Comum Curricular (BNCC), voltada à superação desse formalismo. Trata-se de um estudo de natureza teórico-bibliográfica, fundamentado em referenciais construtivistas e em contribuições do ensino por investigação, articulando pressupostos da abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), elementos da História e Filosofia da Ciência (HFC) e o uso de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs). A proposta organiza-se a partir da investigação de situações-problema contextualizadas que mobilizam conhecimentos prévios, mediação docente para a formulação de hipóteses discentes e sistematização conceitual das três leis do movimento. Essa proposta possibilita, como possíveis resultados, uma abordagem investigativa que favorece a construção de significados das relações entre força, massa e movimento, ampliando a argumentação baseada em evidências e fortalecendo a autonomia científica dos estudantes. Conclui-se que essa proposta de ensino contribui para a superação do formalismo no ensino das Leis de Newton, exigindo para tanto, intencionalidade pedagógica, avaliação formativa e formação docente consistente com as diretrizes curriculares vigentes.

Palavras-chave: Ensino de Física. Leis de Newton. Ensino Médio. Abordagem Investigativa. Situação-problema.

ABSTRACT

The persistence of traditional practices in Physics teaching, characterized by excessive mathematical formalism and a content-transmission-centered approach, still hinders students' construction of meaning in secondary education. In the case of Newton's Laws, such an approach tends to privilege the mechanical application of formulas to the detriment of conceptual understanding and the problematization of phenomena. This article aims to discuss theoretical and didactic foundations for teaching Newton's Laws and to present an inquiry-based proposal aligned with the Brazilian National Common Curricular Base (BNCC), aimed at overcoming such formalism. This is a theoretical-bibliographic study grounded in constructivist frameworks and contributions from inquiry-based science education, articulating assumptions of the Science, Technology, Society and Environment (STSE) approach, elements from the History and Philosophy of Science (HPS), and the use of Digital Information and Communication Technologies (DICT). The proposal is structured around the investigation of contextualized problem situations that mobilize prior knowledge, teacher mediation for the formulation of students' hypotheses, and the conceptual systematization of the three laws of motion. As potential outcomes, this proposal fosters an inquiry-based approach that promotes the construction of meaning regarding the relationships among force, mass, and motion, expanding evidence-based argumentation and strengthening students' scientific autonomy. It is concluded that

this teaching proposal contributes to overcoming formalism in the teaching of Newton's Laws, requiring pedagogical intentionality, formative assessment, and teacher education consistent with current curricular guidelines.

Keywords: Physics Education. Newton's Laws. High School. Inquiry-based Approach. Problem Situation.

RESUMEN

La persistencia de prácticas tradicionales en la enseñanza de la Física, caracterizadas por un excesivo formalismo matemático y por la centralidad en la transmisión de contenidos, aún dificulta la construcción de significados por parte de los estudiantes en la educación secundaria. En el caso de las Leyes de Newton, dicho enfoque tiende a privilegiar la aplicación mecánica de fórmulas en detrimento de la comprensión conceptual y la problematización de los fenómenos. Este artículo tiene como objetivo discutir fundamentos teóricos y didácticos para la enseñanza de las Leyes de Newton y presentar una propuesta investigativa alineada con la Base Nacional Común Curricular (BNCC) de Brasil, orientada a la superación de dicho formalismo. Se trata de un estudio de naturaleza teórico-bibliográfica, fundamentado en referentes constructivistas y en aportes de la enseñanza por indagación, articulando presupuestos del enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente (CTSA), elementos de la Historia y Filosofía de la Ciencia (HFC) y el uso de Tecnologías Digitales de la Información y la Comunicación (TDIC). La propuesta se organiza a partir de la investigación de situaciones-problema contextualizadas que movilizan conocimientos previos, la mediación docente para la formulación de hipótesis por parte de los estudiantes y la sistematización conceptual de las tres leyes del movimiento. Como posibles resultados, esta propuesta favorece un enfoque investigativo que promueve la construcción de significados en las relaciones entre fuerza, masa y movimiento, ampliando la argumentación basada en evidencias y fortaleciendo la autonomía científica del estudiantado. Se concluye que esta propuesta de enseñanza contribuye a la superación del formalismo en la enseñanza de las Leyes de Newton, exigiendo intencionalidad pedagógica, evaluación formativa y formación docente coherente con las directrices curriculares vigentes.

Palabras clave: Enseñanza de la Física. Leyes de Newton. Educación Secundaria. Enfoque Investigativo. Situación-problema.

1 INTRODUÇÃO

A educação escolar, ao longo de seu processo de institucionalização, passou a refletir os contextos socioculturais nos quais se insere. Entretanto, ainda preserva práticas tradicionais centradas na transmissão mecânica e descontextualizada de conteúdos, caracterizadas pela baixa participação discente e pela pouca valorização dos saberes prévios (Vygotsky, 1987; Durkheim, 1922). Esse modelo, criticado por Rubem Alves (2010) por limitar a criatividade e o engajamento dos estudantes, é descrito por Freire (1968) como educação bancária, marcada por relações pedagógicas verticais, ausência de diálogo e fragilização da problematização como princípio formativo.

No campo do Ensino de Física, tais características manifestam-se com frequência na ênfase excessiva no formalismo matemático e na centralidade da resolução algorítmica de exercícios, em detrimento da compreensão conceitual e da construção de significados. Pesquisas na área têm defendido metodologias alinhadas às demandas contemporâneas, valorizando a participação ativa, a investigação e o desenvolvimento do pensamento crítico (Nardi, 2001; Moran, 2000).

Essa mudança de perspectiva dialoga com a necessidade crescente de promover aprendizagens que transcendam a mera aplicação de fórmulas e favoreçam a interpretação de fenômenos naturais e tecnológicos cotidianos. Do ponto de vista normativo, a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) orientam uma educação voltada ao desenvolvimento integral dos estudantes, enfatizando práticas contextualizadas, inclusivas e fundamentadas na argumentação baseada em evidências (Brasil, 1996; 2018).

No âmbito das Ciências da Natureza, a BNCC destaca a investigação de fenômenos, a compreensão das relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA) e a construção de competências que articulem conhecimento conceitual e atuação cidadã.

Nesse cenário, o ensino das Leis de Newton no Ensino Médio assume papel estruturante na organização da Mecânica, pois possibilita compreender forças, movimentos e interações presentes em situações cotidianas e em aplicações tecnológicas. Contudo, quando abordado predominantemente sob a lógica formalista, esse conteúdo tende a reduzir-se à aplicação mecânica de relações matemáticas, dificultando a compreensão dos conceitos que fundamentam tais relações.

Superar essa limitação implica reconhecer o estudante como sujeito ativo do processo de aprendizagem e promover práticas que favoreçam a problematização e a construção de sentidos.

Diante desse quadro, este artigo parte da seguinte questão de pesquisa: Quais caminhos didáticos podem contribuir para a superação do formalismo e de práticas tradicionais descontextualizadas no ensino das Leis de Newton no Ensino Médio, favorecendo a construção de significados pelos estudantes?

Em consonância com essa questão, o objetivo deste artigo é discutir fundamentos teóricos e didáticos para o ensino das Leis de Newton no Ensino Médio e apresentar uma proposta de organização didática orientada à superação do formalismo e à promoção da aprendizagem conceitual.

A partir desse delineamento, o artigo organiza-se na apresentação dos fundamentos teóricos que sustentam a proposta, na descrição de seus princípios e etapas estruturantes e na discussão de suas implicações para a aprendizagem conceitual das Leis de Newton no Ensino Médio.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONSTRUTIVISMO E CONSTRUÇÃO DE SIGNIFICADOS NO ENSINO DE FÍSICA

A crítica às abordagens transmissivas no ensino de Ciências encontra respaldo nas bases construtivistas que compreendem a aprendizagem como processo ativo de construção de significados. Ausubel (1985) sustenta que a aprendizagem se torna significativa quando novas informações se relacionam de maneira substantiva e não arbitrária aos conhecimentos prévios do estudante. Tal perspectiva desloca o foco da memorização para a organização cognitiva e para a ancoragem conceitual.

Vygotsky (1987) amplia essa compreensão ao destacar o papel da mediação social e da linguagem na formação dos conceitos científicos, situando a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) como espaço privilegiado de avanço cognitivo. A aprendizagem, nesse horizonte, não ocorre isoladamente, mas por meio da interação orientada, na qual o professor assume papel decisivo na organização de situações que possibilitem a internalização progressiva dos conceitos.

Piaget (1998), por sua vez, contribui ao enfatizar os processos de assimilação e acomodação, entendendo o desenvolvimento cognitivo como movimento contínuo de desequilíbrio e reequilíbrio. O conflito cognitivo, nesse contexto, constitui elemento estruturante da construção do conhecimento. Aprender Física, portanto, não se reduz à reprodução de procedimentos matemáticos, mas envolve reorganização conceitual e estabelecimento de relações entre diferentes representações e experiências.

Essa compreensão dialoga com orientações curriculares contemporâneas que defendem a formação integral do estudante e a articulação entre conhecimento científico e contextos de aplicação (Brasil, 2018). A construção de significados, nesse sentido, torna-se eixo estruturante para o ensino de conteúdos clássicos da Mecânica, como as Leis de Newton, frequentemente reduzidas à aplicação algorítmica.

2.2 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO E SITUAÇÕES-PROBLEMA

No âmbito do ensino de Física, o ensino por investigação é apontado como alternativa consistente às práticas centradas na exposição e na resolução mecânica de exercícios. Gil-Pérez (1993) e Cachapuz (2005) defendem modelos didáticos baseados em situações-problema que mobilizam conhecimentos prévios, estimulam a mediação para formulação de hipóteses e conduzem à sistematização progressiva do conhecimento científico.

A situação-problema não se configura como mero exercício aplicado, mas como contexto estruturado que provoca questionamentos, explicita concepções alternativas e cria condições para sua reconstrução conceitual. Nesse processo, a mediação docente é fundamental para articular as hipóteses formuladas pelos estudantes aos modelos científicos consolidados, evitando tanto a imposição autoritária quanto a ausência de direcionamento epistemológico.

Essa abordagem pode integrar, por meio dialógico, elementos da História e Filosofia da Ciência (HFC), evidenciando a natureza histórica e provisória dos modelos científicos, bem como articular relações entre CTSA. A inserção de Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) amplia possibilidades de visualização, simulação e análise de fenômenos, desde que orientada por objetivos pedagógicos claros.

Ao deslocar o foco da memorização para a investigação, o ensino por investigação favorece o desenvolvimento da argumentação baseada em evidências e da autonomia intelectual, aspectos coerentes com as competências previstas na BNCC para as Ciências da Natureza (Brasil, 2018).

2.3 AVALIAÇÃO FORMATIVA E MEDIAÇÃO PEDAGÓGICA

Coerente com a perspectiva investigativa, a avaliação assume caráter formativo e processual, superando a ênfase exclusiva na verificação de resultados finais. Campos e Nigro (1999) defendem que a avaliação deve integrar-se ao processo de ensino, permitindo acompanhar a evolução conceitual dos estudantes e orientar intervenções pedagógicas mais precisas.

Pozo (2009) amplia essa compreensão ao propor avaliações multidimensionais e contínuas, como registros qualitativos, mapas conceituais e atividades contextualizadas, capazes de evidenciar avanços, dificuldades e estratégias cognitivas mobilizadas pelos estudantes. Avaliar, nesse horizonte, implica compreender como o estudante pensa e como reorganiza suas ideias diante de novos desafios conceituais.

Tal abordagem torna-se particularmente relevante no ensino das Leis de Newton, conteúdo que frequentemente revela concepções alternativas aristotélicas persistentes relacionadas à força, movimento e interação. A mediação pedagógica, articulada a estratégias avaliativas formativas,

contribui para tornar explícitos esses obstáculos e para promover sua superação conceitual.

2.4 TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA E IMPLICAÇÕES PARA O ENSINO DAS LEIS DE NEWTON

A transposição didática, entendida como processo de reorganização do saber científico em saber escolar (Delizoicov; Angotti; Pernambuco, 2002), constitui dimensão central na discussão sobre o ensino das Leis de Newton. O desafio não reside apenas em simplificar conteúdos, mas em selecionar, reorganizar e contextualizar conceitos de modo que preservem sua coerência científica e sua potência explicativa.

No caso da Mecânica, o risco do formalismo manifesta-se quando as leis são apresentadas exclusivamente como relações matemáticas, desvinculadas de seus fundamentos conceituais e de suas condições de validade. Priorizar a compreensão conceitual implica explicitar que as Leis de Newton se aplicam a sistemas macroscópicos em referenciais inerciais (referenciais não acelerados) e que fora destes limites, estas leis exigem outras formulações teóricas, como a Relatividade e a Mecânica Quântica. Essa explicitação favorece uma visão mais consistente da natureza dos modelos científicos.

Materiais produzidos pelo Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF, 1993) e Programa Nacional do Livro e Material Didático (PNLD) 2024 exemplificam esforços de reorganização didática alinhados às diretrizes curriculares, ao integrar situações do cotidiano, relações CTSA, elementos da HFC, TDICs, problematização conceitual e ensino investigativo. Essas iniciativas reforçam a necessidade de superar a centralidade da manipulação algorítmica e de promover práticas inclusivas que considerem diferentes ritmos e modos de aprendizagem.

Nesse sentido, o referencial aqui apresentado sustenta a defesa de um ensino das Leis de Newton orientado na construção de significados, à mediação intencional e à investigação e problematização de fenômenos em consonância com as diretrizes curriculares vigentes e com a formação científica crítica.

3 METODOLOGIA

O presente artigo caracteriza-se como uma pesquisa de natureza teórico-bibliográfica, com abordagem qualitativa e caráter propositivo. A pesquisa bibliográfica, conforme define Gil (2010), desenvolve-se a partir de material já elaborado, especialmente livros, artigos científicos e documentos oficiais, possibilitando a análise crítica e sistemática de conceitos e categorias pertinentes ao problema investigado. Nesse sentido, o estudo organiza e interpreta contribuições do campo do Ensino de Física e da Ensino de Ciências, articulando-as à elaboração de uma proposta didática voltada ao ensino das Leis de Newton no Ensino Médio.

A abordagem qualitativa fundamenta-se na compreensão de processos, significados e construções teóricas, priorizando a interpretação e a análise conceitual em detrimento da quantificação de dados (Lüdke; André, 2013). Bogdan e Biklen (1994) destacam que a investigação qualitativa se ocupa da compreensão do fenômeno em seu contexto, buscando interpretar sentidos atribuídos às práticas e aos conceitos. Embora o presente estudo não envolva coleta de dados empíricos, compartilha dessa orientação ao analisar criticamente referenciais teóricos e suas implicações para a organização didática.

O percurso metodológico estruturou-se em dois movimentos complementares. O primeiro consistiu na seleção e análise de literatura relacionada aos eixos que sustentam o problema investigado: contribuições construtivistas para a aprendizagem significativa; fundamentos do ensino por investigação; avaliação formativa e mediação pedagógica; transposição didática; e diretrizes curriculares nacionais, com ênfase na Base Nacional Comum Curricular. A análise buscou identificar convergências teóricas, tensões conceituais e lacunas relativas ao tratamento formalista das Leis de Newton no Ensino Médio.

O segundo movimento concentrou-se na sistematização de uma proposta de organização didática fundamentada nos referenciais analisados. A proposta foi estruturada a partir de situações-problema contextualizadas, mobilização de conhecimentos prévios, mediação na formulação de hipóteses e posterior sistematização conceitual das três leis do movimento. Foram ainda consideradas possibilidades de articulação com relações CTSA, elementos da HFC, uso de TDICs e estratégias de avaliação formativa integradas ao processo de ensino.

Por tratar-se de estudo teórico e propositivo, não houve aplicação empírica em contexto escolar nem participação de sujeitos de pesquisa, dispensando procedimentos éticos relacionados à pesquisa com seres humanos. Como limitação, destaca-se que a proposta apresentada não foi submetida, no âmbito deste artigo, à validação empírica em sala de aula, configurando-se como organização didática fundamentada teoricamente e aberta a aprofundamentos em investigações futuras.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos referenciais teóricos mobilizados ao longo deste estudo permitiu organizar uma proposta didática para o ensino das Leis de Newton no Ensino Médio fundamentada em três eixos articuladores: mobilização de conhecimentos prévios, problematização por meio de situações contextualizadas e sistematização conceitual mediada pelo professor. Como se trata de um estudo de natureza teórico-bibliográfica e propositiva, os resultados aqui apresentados referem-se à

sistematização dessa organização didática e à discussão de suas implicações pedagógicas à luz da literatura da área.

4.1 ORGANIZAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA

A proposta didática organiza-se em etapas sequenciais e articuladas, concebidas para favorecer a reconstrução conceitual das Leis de Newton a partir de situações-problema contextualizadas. Cada etapa envolve três momentos fundamentais: levantamento de conhecimentos prévios, problematização em grupos e mediação docente orientada à sistematização conceitual.

O ponto de partida consiste no mapeamento das concepções iniciais dos estudantes sobre movimento, força e interação. Esse levantamento pode ser realizado por meio de um breve pré-teste diagnóstico, questões abertas projetadas em sala ou leitura orientada de um texto curto que explore noções intuitivas sobre por que os objetos se movem ou param. O objetivo não é avaliar desempenho, mas tornar explícitas ideias prévias frequentemente associadas à concepção de que o movimento exige uma força contínua para se manter.

4.1.1 Primeira Lei de Newton: Inércia e referenciais

Para introduzir a Primeira Lei, propõe-se a seguinte situação-problema: o que acontece com passageiros em pé quando um ônibus arranca ou freia bruscamente? Antes de qualquer formalização, os estudantes são organizados em pequenos grupos e são convidados a discutir e registrar hipóteses explicativas. É comum emergirem interpretações baseadas na ideia de que o corpo “é jogado para trás” ou “empurrado para frente” por uma força misteriosa associada ao movimento do veículo.

Nesse momento, o professor assume o papel de mediador, solicitando que os grupos explicitem suas justificativas e confrontem argumentos. A discussão coletiva permite evidenciar que, quando o ônibus acelera, o corpo do passageiro tende a manter o estado anterior de repouso, indo para trás; quando freia, tende a manter o estado de movimento, indo para frente. A partir desse confronto de ideias, introduz-se o princípio da inércia, explicitando que um corpo permanece em repouso ou em movimento retilíneo uniforme (MRU) se a força resultante sobre ele for nula.

Como ampliação histórica e epistemológica (HFC), sugere-se a leitura orientada de trechos dos *Diálogos sobre os dois máximos sistemas do mundo*, de Galileu (1999), nos quais são discutidos experimentos com planos inclinados e a noção de conservação do movimento na ausência de resistências. A análise desses trechos possibilita evidenciar a ruptura com a física aristotélica, que associava movimento à ação contínua de uma força, preparando conceitualmente o terreno para a formulação newtoniana do princípio da inércia. Esse momento contribui para os estudantes

compreenderem que os conceitos científicos resultam de processos históricos de debate e superação de modelos anteriores.

Após a discussão, procede-se à sistematização conceitual: a inércia é apresentada como propriedade relacionada à massa do corpo, entendida como medida da resistência à variação do estado de movimento (GREF, 1993). Situações como o uso de cintos de segurança, airbags e o movimento de satélites em órbita são analisadas para consolidar a compreensão do princípio em diferentes contextos, como a análise das relações CTSA. Nesse ponto, também se explicitam os limites de validade das Leis de Newton, destacando que se aplicam a sistemas macroscópicos, em referenciais inerciais e a velocidades muito inferiores à da luz.

4.1.2 Segunda Lei de Newton: Relação entre força, massa e aceleração

Para abordar a Segunda Lei, retoma-se a lógica investigativa. A nova situação-problema proposta envolve dois carrinhos de supermercado idênticos, mas um vazio e outro carregado de garrafas com água, ambos inicialmente em repouso. Pergunta-se: o que é necessário para colocá-los em movimento? Em qual deles há maior dificuldade para movimentá-lo, aplicado a mesma força? O que acontece se aplicarmos a mesma força em ambos?

Os estudantes discutem em grupos e registram suas hipóteses. Frequentemente, reconhecem que o carrinho carregado exige “mais esforço”, mas nem sempre articulam essa percepção à noção quantitativa de massa como medida de inércia. A mediação docente conduz à análise de que a variação do movimento depende da força resultante aplicada e da massa do corpo, cabendo ainda ao professor relacionar esta situação aos elementos conceituais discutidos na Primeira Lei (inércia e massa) (GREF, 1993).

A formalização ocorre de maneira gradual. Parte-se da ideia de que a força resultante está associada à variação do movimento ao longo do tempo (aceleração). No Ensino Médio, para massa constante, essa relação é expressa por:

$$F_r = m \cdot a \quad (1)$$

Explicita-se que:

F_r representa a força resultante (N), m a massa (kg) e a a aceleração (m/s^2). O foco não recai apenas no cálculo, mas na interpretação: toda aceleração decorre da ação de uma força resultante e, para uma mesma força, corpos de maior massa apresentam menor aceleração.

Para consolidar essa compreensão, analisa-se um exemplo contextualizado: um automóvel de 1200 kg que se desloca a 20 m/s e sofre força de frenagem de 6000 N. A aplicação da equação (1) conduz a uma (des)aceleração de -5 m/s^2 . Discute-se o significado físico do resultado: a velocidade diminui 5 m/s a cada segundo enquanto a força atua (por isso o sinal negativo). Esse momento é decisivo para evitar que a equação seja percebida como mera ferramenta algorítmica, enfatizando sua potência explicativa. Posteriormente, explicado a terceira lei, pode-se retornar a este exemplo e detalhar discutindo as três leis de Newton nesta mesma situação.

Situações envolvendo aceleração e frenagem de veículos, práticas esportivas ou deslocamento de cargas ampliam a análise e favorecem a articulação desta lei em contextos como a análise das relações CTSA.

4.1.3 Terceira Lei de Newton: Interações e pares de forças

A Terceira Lei é introduzida a partir de uma situação-problema envolvendo um atleta que chuta um saco de areia suspenso. Questiona-se: se o atleta aplica força no saco e o coloca em movimento, por que sente dor no impacto e é “empurrado para trás”? A discussão em grupos permite explicitar concepções alternativas, como a ideia de que apenas o objeto “recebe” a força.

A mediação docente conduz à compreensão de que forças são interações entre corpos. Ao exercer força sobre o saco ($\vec{F}_{AS}$), o atleta recebe simultaneamente uma força de mesma intensidade e direção ($\vec{F}_{SA}$), porém de sentido oposto (por isso o sinal negativo). Essa relação pode ser expressa por:

$$\vec{F}_{AS} = -\vec{F}_{SA} \quad (2)$$

Onde:

F_{AS} é a força que o atleta aplica sobre o saco e $\vec{F}_{SA}$ é a força que o saco aplica sobre o atleta, como esta possui sentido oposto a $\vec{F}_{AS}$ vem acompanhada do sinal negativo. Ressalta-se que ação e reação atuam em corpos distintos (atleta e saco, nesta situação), superando a interpretação equivocada de que se anulam por serem “iguais e opostas”. A análise do sistema na totalidade permite discutir que forças internas se cancelam e que a força resultante depende apenas das forças externas, abrindo espaço para a compreensão da conservação do momento linear (Nussenzvieg, 1997).

Exemplos como propulsão de foguetes, saltos e deslocamento de embarcações reforçam o caráter interacional das forças e ampliam a compreensão conceitual em diferentes contextos, como a análise das relações CTSA.

Para aprofundar o estudo das Leis de Newton, pode-se ainda problematizar se a Primeira Lei constitui um caso particular da Segunda. Embora a relação $\vec{F}_R = m\vec{a}$ (1) sugira que a ausência de aceleração implique força resultante nula, essa interpretação é conceitualmente insuficiente. A Segunda Lei expressa um modelo determinista clássico que descreve fenômenos macroscópicos cotidianos, mas não esgota os fundamentos da mecânica newtoniana nem se aplica a domínios relativísticos ou quânticos (Nussenzweig, 1997).

Inferre-se, portanto, que a Primeira Lei de Newton não é um caso particular da Segunda. Sua função essencial, embora seja compatível com a condição de $a = 0 \text{ m/s}^2$, implique em $F_R = 0 \text{ N}$, é estabelecer a existência dos referenciais inerciais, condição necessária para a validade das três Leis de Newton e de todo o formalismo da mecânica clássica.

4.1.4 Integração de recursos digitais e avaliação formativa

Ao longo de todas as etapas, recomenda-se o uso de simulações interativas, como as disponibilizadas pelo Physics Education Technology (PhET), para explorar vetores de força, equilíbrio e movimento. As simulações devem ser acompanhadas de questões orientadoras que exijam interpretação qualitativa antes da formalização matemática.

A avaliação ocorre de maneira processual, por meio de registros escritos das hipóteses, debates, sínteses coletivas e resolução de problemas contextualizados. Esse acompanhamento permite ao professor identificar avanços conceituais e dificuldades persistentes, ajustando intervenções pedagógicas.

4.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS À LUZ DA LITERATURA

A organização didática sistematizada evidencia convergência com as bases construtivistas discutidas no referencial teórico. A mobilização de conhecimentos prévios e o confronto de hipóteses dialogam com a perspectiva de aprendizagem significativa, na medida em que novas informações passam a ancorar-se em estruturas cognitivas já existentes. O conflito cognitivo, desencadeado pelas situações-problema, favorece a reorganização conceitual, conforme apontado por estudos clássicos na área.

A centralidade da mediação docente revela-se um elemento decisivo para evitar tanto a imposição formalista quanto a ausência de rigor conceitual. Ao articular hipóteses discentes aos

modelos científicos consolidados, o professor preserva a coerência epistemológica do conteúdo, sem reduzir o estudante a mero executor de procedimentos algorítmicos.

Os resultados da sistematização indicam que a abordagem investigativa contribui para deslocar o foco do cálculo para a interpretação física das relações entre força, massa e movimento. Ao integrar situações do cotidiano, limites de validade das leis e discussão de referenciais inerciais, amplia-se a compreensão da natureza dos modelos científicos, superando visões simplificadoras frequentemente presentes nos livros didáticos.

A articulação com relações CTSA e com recursos digitais fortalece a contextualização e amplia o alcance formativo do conteúdo, em consonância com as competências previstas para as Ciências da Natureza. Além disso, a incorporação de avaliação formativa ao longo do processo permite acompanhar a evolução conceitual dos estudantes, favorecendo intervenções pedagógicas mais precisas.

De modo geral, os resultados discutidos indicam que a superação do formalismo no ensino das Leis de Newton não depende da eliminação da matemática, mas de sua reintegração a um processo de construção de significados. Quando inseridas em um percurso investigativo, mediado e contextualizado, as leis deixam de ser fórmulas a serem aplicadas mecanicamente e constituem instrumentos explicativos para compreender fenômenos do mundo físico.

Assim, a proposta apresentada reafirma que o ensino das Leis de Newton, orientado pela problematização, pela mediação intencional e pela avaliação formativa, pode contribuir de maneira consistente para a formação científica crítica dos estudantes do Ensino Médio, em sintonia com as diretrizes curriculares vigentes e com as demandas contemporâneas do Ensino de Física.

5 CONCLUSÃO

Este artigo teve como objetivo discutir fundamentos teóricos e didáticos para o ensino das Leis de Newton no Ensino Médio e apresentar uma proposta de organização didática orientada à superação do formalismo e à promoção da aprendizagem conceitual.

Em resposta à questão de pesquisa, argumenta-se que a superação de práticas tradicionais descontextualizadas e do formalismo matemático excessivo passa por caminhos didáticos que recolocam o estudante no centro do processo de aprendizagem, articulando conhecimentos prévios, problematização e mediação docente intencional, de modo a transformar as leis do movimento em instrumentos explicativos para interpretar situações reais e não apenas em fórmulas a serem aplicadas mecanicamente.

Os resultados deste estudo, de natureza teórico-bibliográfica e propositiva, consistem na sistematização de uma proposta didática ancorada em situações-problema contextualizadas para a Primeira, a Segunda e a Terceira Lei de Newton, com etapas explicitadas de levantamento diagnóstico, discussão em grupo, formulação de hipóteses, confronto de ideias e sistematização conceitual.

A incorporação das relações CTSA, elementos da HFC, bem como o uso orientado de TDICs, amplia as possibilidades de visualização e argumentação, preservando o rigor conceitual. Trata-se de uma proposta viável de aplicação no Ensino Médio, pois se apoia em situações cotidianas, recursos didáticos acessíveis e estratégias que podem ser integradas ao planejamento regular do professor, sem demandar alterações estruturais complexas no currículo.

Do ponto de vista formativo, a proposta reforça que o ensino das Leis de Newton ganha consistência quando sustentado por avaliação formativa e processual, capaz de tornar visíveis concepções alternativas persistentes e orientar intervenções pedagógicas ao longo do percurso. Em consonância com a BNCC e com as diretrizes curriculares vigentes, a organização apresentada contribui para um Ensino de Física mais alinhado às demandas contemporâneas, ao favorecer argumentação baseada em evidências, leitura crítica de fenômenos cotidianos e compreensão mais rigorosa do caráter modelador das leis físicas.

Como limitação, por tratar-se de um estudo teórico e propositivo, a proposta não foi aplicada empiricamente no escopo deste artigo. Investigações futuras, por meio de pesquisa-intervenção ou estudos de caso, poderão analisar sua implementação em diferentes contextos escolares, examinando seus efeitos sobre a aprendizagem conceitual e sobre a superação de concepções alternativas. Ainda assim, sustenta-se que a reorganização didática apresentada oferece fundamentos consistentes para enfrentar o formalismo no ensino das Leis de Newton, fortalecendo uma formação científica mais crítica e significativa no Ensino Médio.

AGRADECIMENTOS

Os(As) autores(as) agradecem à Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) e à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), instituições às quais os(as) autores(as) estão vinculados(as) como servidores(as), pelo apoio institucional ao desenvolvimento desta pesquisa.

Por fim, registram agradecimento ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de doutorado ao primeiro autor e a bolsa de Apoio à Difusão do Conhecimento do CNPq - Nível 1C, da segunda e quarta autora.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Rubem. **Conversas com quem gosta de ensinar**. 13. ed. Campinas: Papirus, 2010.
- AUSUBEL, David P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 1985.
- BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.
- BRASIL. **Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996**. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 dez. 1996.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.
- CACHAPUZ, Antonio et al. **A necessária renovação do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.
- CAMPOS, M. C.; NIGRO, R. G. **Didática de ciências: o ensino-aprendizagem como investigação**. São Paulo: FTD, 1999.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.
- DURKHEIM, Émile. **Educação e sociologia**. São Paulo: Melhoramentos, 2007.
- FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1968.
- GALILEI, Galileo. **Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo**. São Paulo: Nova Cultural, 1999.
- GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GIL-PÉREZ, D. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 11, n. 2, p. 197-212, 1993.
- GRUPO DE REELABORAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA (GREF). **Física**. v. 1–3. São Paulo: EDUSP, 1993.
- LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2. ed. São Paulo: EPU, 2013.
- MORAN, José Manuel. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 6. ed. Campinas: Papirus, 2000.
- NUSSENZVEIG, H. Moysés. **Curso de física básica: ótica, relatividade e física quântica**. 1. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1997. v. 4.

NARDI, Roberto (org.). **Pesquisas em ensino de Física**. São Paulo: Escrituras, 2001.

PIAGET, Jean. **A formação do símbolo na criança**. Rio de Janeiro: LTC, 1998.

POZO, Juan Ignacio. **Aprendizes e mestres: a nova cultura da aprendizagem**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

VYGOTSKY, Lev S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1987.