

Análise do conceito de força gravitacional nos Principia e a sua transposição didática do Saber Sábio ao Saber a Ensinar nos livros de Ciências da Natureza do PNLD 2021

Analysis of the concept of gravitational force in Principia and its didactic transposition from Wise Knowledge to Knowledge to Be Taught in the Natural Sciences textbooks of the PNLD 2021

Gabriel Luiz Nalon Macedo¹
Luciano Carvalhais Gomes²

Resumo

Esta pesquisa, oriunda de uma dissertação de mestrado, teve como objetivo analisar os Principia de Newton, para compreender como o autor apresenta o seu conceito de força gravitacional e, depois, verificar como ocorre a transposição didática desse conceito nos livros didáticos de Ciências da Natureza do Ensino Médio, que são adotados pelos colégios públicos, por meio do Programa Nacional do Livro e do Material Didático de 2021. A partir da análise dos Principia, fundamentada na Análise de Conteúdo de Bardin, concluiu-se que essa força é centrípeta, atrativa, proporcional às massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância, sendo universal e responsável pela órbita dos corpos celestes. Na análise dos livros didáticos, sob à luz da Teoria da Transposição Didática, constatou-se que, embora atendam aspectos como operacionalidade e consensualidade, os livros carecem de vigilância epistemológica, desvinculando o saber do contexto histórico e epistemológico. Isso aponta a necessidade de reduzir o distanciamento entre o Saber Sábio e o Saber a Ensinar.

Palavras chave: Gravitação Universal; Ensino de Física; História da Ciência; Livros de Ciências da Natureza.

Abstract

This study, originated from a master's dissertation, aimed to analyze Newton's Principia to understand how the author introduced his concept of gravitational force and, subsequently, examine how the didactic transposition of this concept occurs in high school Natural Sciences textbooks adopted by public schools as part of the 2021 National Textbook and Materials Program. The analysis of the Principia, grounded in Bardin's Content Analysis, it was concluded that gravitational force is centripetal, attractive, proportional to the masses,

¹ Universidade Estadual de Maringá | gabrielnalonmacedo@hotmail.com

² Universidade Estadual de Maringá | lcgomes2@uem.br

inversely proportional to the square of the distance, universal, and responsible for the orbits of celestial bodies. In the analysis of the textbooks, through the perspective of the Theory of Didactic Transposition, it was observed that although they address aspects such as operationality and consensuality, they lack epistemological vigilance, disconnecting the knowledge from its historical and epistemological context. This highlights the need to reduce the gap between Wise Knowledge and Knowledge to Be Taught.

Keywords: Universal Gravitation; Physics Teaching; History of Science; Books of Natural Science.

Introdução

A força gravitacional newtoniana é uma das quatro forças fundamentais da natureza, juntamente com as forças eletromagnética, nuclear forte e fraca (Macedo; Deosti; Gomes, 2024). As características e os aspectos da força gravitacional são descritos pela Lei da Gravitação Universal, elaborada por Isaac Newton, em 1687, em sua obra *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, mais conhecida como os *Principia*, evidenciando que essa ideia tem mais de três séculos de existência.

Ao longo de todos esses anos, esse conceito foi se aperfeiçoando, ganhando novas contribuições de outros cientistas e consolidando-se na comunidade científica. Isso demonstra sua relevância e capacidade explicativa para descrever fenômenos que abrangem desde a Mecânica Clássica até a Cosmologia/Astrofísica, como, por exemplo, a queda dos corpos, a formação estelar e planetária, a determinação das massas e posições dos corpos celestes e a descoberta de novos astros, como no caso de Netuno, em 1846.

Diante disso, torna-se evidente que a gravitação newtoniana foi imprescindível para a concepção moderna do Universo, permitindo, por exemplo, o início da exploração espacial na segunda metade do século XX. Além do mais, até os dias atuais, a força gravitacional newtoniana se apresenta como uma teoria consistente para descrever fenômenos cosmológicos, com poucas restrições (Costa, 2018).

Esses fatores justificam a presença da gravitação newtoniana na Base Nacional Comum Curricular do Ensino Médio (BNCC), em que é contemplada como um dos objetos de estudo das competências obrigatórias na área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias (Brasil, 2018). Segundo a BNCC, notadamente na habilidade EM13CNT204, espera-se que o aluno seja capaz de “[...] elaborar explicações e previsões a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo *com base na análise das interações gravitacionais*” (Brasil, 2018, p. 543, grifo nosso).

No entanto, conforme argumenta Ramos (2015), a abordagem do conteúdo de gravitação no Ensino Médio é insatisfatória, uma vez que diversos equívocos históricos, conceituais e narrativas imprecisas são discutidos com os estudantes de maneira errônea. Exemplos desses problemas incluem a atribuição exclusiva da lei do inverso da distância ao quadrado a Newton, sem mencionar as contribuições de outros cientistas, como Huygens, Halley e Descartes. Outro exemplo é o famoso mito da queda da maçã, que relata que Newton teria elaborado a Lei da Gravitação Universal após a fruta cair em sua cabeça (Teixeira; Peduzzi; Freire Jr., 2010; Ramos 2015).

Essas omissões e erros criam um distanciamento entre o conceito original da força gravitacional descrito nos *Principia* e o conceito ensinado em sala de aula. Corroborando

essa visão, Alves Filho, Pinheiro e Pietrocola (2001) afirmam que tal discrepância sugere que a ciência ensinada nas escolas não corresponde àquela produzida pelos cientistas.

Portanto, é fundamental compreender como o conceito de força gravitacional é transposto para o ambiente escolar, dado que, ao ser transposto, passa por transformações significativas. Nesse contexto, a Teoria da Transposição Didática surge como uma ferramenta útil para analisar esse processo. De acordo com Chevallard (1991), o conhecimento elaborado pelos cientistas (Saber Sábio) passa por uma transformação, tornando-se o conhecimento presente nos materiais didáticos (Saber a Ensinar) e, por fim, naquele conhecimento que de fato é discutido nas salas de aula (Saber Ensinado).

Chevallard (1991) explica que, quando o Saber Sábio passa pelo processo de transposição para se tornar o Saber a Ensinar, ele precisa ser apresentado em uma forma didática. Dentro do contexto escolar, a forma didática mais comumente utilizada é o livro didático. Nesse sentido, os livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) em 2021, para estarem presentes nas escolas públicas no triênio 2022 – 2024, são o resultado atual mais concreto e palpável do Saber a Ensinar.

Pesquisas recentes com esses materiais apontam desafios no processo de transposição didática de alguns conteúdos. Landi Júnior, Mesquita e Queirós (2024), ao investigarem o princípio de Arquimedes nos livros didáticos aprovados no PNLD – 2021, descrevem que a transposição do conceito ocorre de maneira desconectada de sua base teórica, apoiada em equações matemáticas que carecem de explicação adequada, promovendo uma visão dogmática e individualista da ciência. Já Oliveira e Siqueira (2023), ao analisarem a Física de Partículas nos livros do PNLD – 2021, identificaram a ausência de capítulos específicos sobre o tema, o que distancia os alunos da ciência atual. Os autores também destacam a descontextualização, despersonalização e dessincretização como problemas recorrentes, contribuindo para o afastamento entre a ciência contemporânea e a ciência ensinada nas escolas. De forma similar, Santos e Siqueira (2023), analisaram a transposição didática de conteúdos relacionados à Mecânica Quântica, observando distorções históricas e aproximações inadequadas com abordagens da Mecânica Clássica. Por fim, Coelho e Moura (2023), ao examinarem como a Natureza da Ciência é comunicada no tema de Gravitação, concluíram que os materiais do PNLD – 2021 não desconstruíram visões deformadas de ciência. Um exemplo mencionado é a abordagem ahistórica da Lei da Gravitação Universal, que não problematiza o contexto de sua formulação.

Diante desse cenário, acreditamos que o conceito de força gravitacional sofre alterações significativas no processo de didatização, sendo modificado ao transitar do Saber Sábio para o Saber a Ensinar. Assim, propomos a investigar *qual é a interpretação do conceito de força gravitacional para Newton, de acordo com os Principia, e como ocorre o processo de transposição didática do "Saber Sábio" para o "Saber a Ensinar" desse conceito para os livros didáticos de Ciências da Natureza do Ensino Médio, que são adotados nos colégios públicos por meio do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD)?*

Para analisar o problema de pesquisa em questão, o objetivo geral que nos guiou foi *analisar os Principia de Newton, para compreender como o autor apresenta o seu conceito de força gravitacional e, depois, verificar como ocorre a transposição didática desse conceito nos livros didáticos de Ciências da Natureza do Ensino Médio aprovados pelo PNLD – 2021.*

Perante o exposto, acreditamos que os resultados dessa pesquisa podem servir de base para a elaboração de futuros livros didáticos, visando aprimorar a transposição didática dos conceitos físicos.

A Teoria da Transposição Didática

Nascido em 1946, Yves Chevallard é um educador francês especializado no campo da educação matemática. Em 1985, publicou o livro intitulado *La Transposition didactique: du Savoir Savant au Savoir Enseigné*. Chevallard (1991) inicia seu livro discutindo o Sistema Didático, que ele apresenta como um análogo à sala de aula. Nessa discussão, o autor diverge da pedagogia tradicional, que observa esse ambiente como binário (professor e alunos). Em sua teoria, Chevallard introduz o Saber como um terceiro elemento essencial nesse cenário. Essa inclusão amplia a compreensão do processo de ensino-aprendizado, posicionando o Saber como um componente ativo. Assim, o Sistema Didático, torna-se uma estrutura ternária composta por professor, alunos e saber, resultando em novas relações, como professor-saber e saber-alunos (Brockington; Pietrocola, 2005; Macedo, 2023). Ao refletir sobre a inserção do saber no Sistema Didático, Chevallard (1991, p. 15, tradução nossa) afirma:

[...] uma vez que isso é levantado, isto é, uma vez que se torna possível falar desse terceiro termo, tão curiosamente esquecido: o saber, pode formular-se uma questão que dá à polêmica seu verdadeiro interesse: O que é então aquilo que, no sistema didático, é colocado sob a bandeira de O Saber? O “saber ensinado” que concretamente encontra o observador, que relação estabelece com o que se proclama dele fora desse âmbito? E que relação estabelece então com o “saber sábio”, o dos matemáticos? Quais distâncias existem entre si?

Para Chevallard, compreender as relações que ocorrem dentro da sala de aula requer incluir o saber como elemento central nesse processo. Em uma análise mais abrangente (*lato sensu*), a Teoria da Transposição Didática objetiva examinar as transformações pelas quais o conhecimento passa, considerando seus níveis e restrições. De acordo com o autor, “[...] o estudo científico do processo de transposição didática supõe levar em conta a transposição didática *lato sensu*, representada pelo esquema → objeto de saber → objeto a ensinar → objeto de ensino [...]” (Chevallard, 1991, p. 46, tradução nossa).

Cada seta nesse esquema simboliza as mudanças pelas quais o conhecimento atravessa. Assim, a transposição didática *lato sensu* abrange a análise de todas essas mudanças. Quando Chevallard discute a transição de um Saber Sábio para um Saber Ensinado, sem detalhar os processos específicos de transformação, ele denomina essa referência como transposição didática *stricto sensu*. Em suas palavras, “[...] a transformação de um conteúdo de saber formal em uma versão didática desse objeto de saber pode ser denominado mais apropriadamente de ‘transposição didática *stricto sensu*’ [...]” (Chevallard, 1991, p. 46, tradução nossa).

No que diz respeito ao processo de mudanças de um determinado saber, Chevallard o distingue em dois níveis. Um nível envolve uma transposição mais evidente, concreta e visível, que ocorre quando o Saber Sábio é transformado em Saber a Ensinar. O outro nível consiste em uma transposição mais implícita, abstrata e não visível, que acontece quando o Saber a Ensinar é transformado em Saber Ensinado. Segundo Chevallard (1991, p. 36, tradução nossa):

É isso, então, que vai proceder à seleção dos elementos do saber sábio que, designados como ‘saber a ensinar’, serão então submetidos ao trabalho de transposição; é também este que vai assumir a parte visível

deste trabalho, o que podemos chamar de trabalho externo de transposição didática, em oposição ao trabalho interno, que é realizado dentro do próprio sistema de ensino, bem após a introdução oficial dos novos elementos no saber ensinado.

Ademais, o autor afirma que: “Quando os programas são elaborados, conformados e adquirem força de lei, inicia-se outro trabalho: o da transposição didática interna” (Chevallard, 1991, p. 44, tradução nossa). Assim, esses dois níveis podem ser classificados como Transposição Didática Externa e Transposição Didática Interna.

A Transposição Didática Externa é caracterizada pela transformação do Saber Sábio em Saber a Ensinar. Segundo Brockington e Pietrocola (2005, p. 394), é essencial que o Saber Sábio seja modificado “[...] em um outro tipo de saber, passando a integrar novas demandas e ajustando-se a elas. Este saber deverá estar revestido de uma forma didática visando sua apresentação aos alunos”. Esse novo saber, de acordo com Chevallard (1991), é o Saber a Ensinar, que se manifesta em livros didáticos e materiais instrucionais. A elaboração do Saber a Ensinar, a partir da transformação do Saber Sábio, finaliza a Transposição Didática Externa.

Ao mesmo tempo que o Saber a Ensinar encerra esse primeiro nível da transposição didática, ele inicia a Transposição Didática Interna. Isso porque esse Saber a Ensinar, presente nos materiais didáticos, não coincide, essencialmente, com aquele saber produzido em sala de aula, como Chevallard (1991, p. 16 – 17, tradução nossa) evidencia no seguinte excerto: “[...] o saber-tal-como-é-ensinado, o saber ensinado, é necessariamente diferente do saber-inicialmente-designado-como-o-que-deve-ser-ensinado, o saber a ensinar”. Isso implica que, ao ministrar suas aulas, os professores não replicam fielmente o Saber a Ensinar, muito menos o Saber Sábio, mais criam um outro saber: o Saber Ensinado. Sendo essa uma característica da Transposição Didática Interna.

De acordo com Chevallard (1991), como consequência do processo de transposição didática, seja este externo ou interno, o saber está sujeito a sofrer: a *dessincretização*, a *despersonalização*, a *descontextualização*, a *programabilidade* e a *publicidade*.

A *dessincretização* consiste em dividir o Saber Sábio em saberes parciais, “[...] cada um dos quais se expressa em um discurso [...] Esse processo produz uma ‘dessintrincação’ [fragmentação] do saber, ou seja, a sua dessincretização” (Chevallard, 1991, p. 69, tradução nossa). Além disso, a partir da visão de outros autores que trabalharam com a Transposição Didática (Sousa, 2009; Barbosa, 2015; Almeida, 2016), podemos compreender a *dessincretização* como o processo de particionar o Saber Sábio em áreas distintas e especializadas. Anhorn (2003), ao comentar sobre a *dessincretização*, destaca que esse processo é responsável por delimitar o que pertence e o que não pertence a um campo específico de saber. Em outras palavras, a *dessincretização* estabelece uma delimitação entre aquilo que se torna foco do discurso e é explicitamente abordado durante a discussão do saber científico, e aquilo que, embora necessário para construir esse saber, não é considerado como conteúdo a ser ensinado. Esse aspecto pode ser constatado em Chevallard (1991, p. 69, tradução nossa) no seguinte excerto:

Em particular, o processo [de *dessincretização*] introduz uma diferenciação entre o que pertence propriamente ao campo delimitado [...] e o que, implicitamente [...] presente [...], não se identifica formalmente como tal [...]. Esse processo produz ainda uma diferenciação entre aquilo que, presente no próprio texto, constitui o objeto de seu discurso [...] e

aquilo que, sendo necessário para a construção do texto, não é o seu objetivo [...].

Ao comentar sobre essa delimitação provocada pela dessincretização, Macedo (2023, p. 164) pontua que

[...] a questão do espaço e tempo absoluto na mecânica newtoniana, apesar de serem conceitos necessários na construção da dinâmica de Newton, esses assuntos não são considerados, no Ensino Médio, como objetos de ensino, na maioria das vezes, eles não são abordados no Saber a Ensinar e, muito menos, no Saber Ensinado.

Chevallard (1991) destaca que a delimitação provocada pela dessincretização gera, como efeito, a *descontextualização*. Nas palavras do autor:

O efeito de delimitação também produz – fato essencial do ponto de vista epistemológico – a descontextualização do saber, sua retirada das redes de problemáticas e de problemas que lhe dão o seu sentido completo, ruptura do jogo intersetorial constitutivo do saber no seu movimento de criação e de realização (Chevallard, 1991, p. 71, tradução nossa).

Portanto, a *descontextualização* do saber é um processo que ocasiona a desvinculação de determinado conhecimento dos problemas que lhe deram origem, ou seja, é um processo que realiza o “[...] deslocamento daquele saber de uma situação específica, do problema de pesquisa que a ele deu origem, para, então, poder generalizá-lo” (Menezes, 2006, p. 75). Diante do exposto, podemos dizer que a *descontextualização* provoca a omissão do contexto original em que o conhecimento foi desenvolvido, deixando de mencionar as questões desafiadoras que impulsionaram sua elaboração, ou seja, retira do saber as considerações relativas à história e à sociedade em que o saber esteve imerso, desvinculando-o de suas origens.

A *despersonalização*, por sua vez, refere-se à separação do saber de seu contexto pessoal, ou seja, a dissociação do conhecimento de seu autor original. Segundo Chevallard (1991, p. 71, tradução nossa):

A textualização realiza, em segundo lugar, a dissociação entre o pensamento, na medida em que é expresso como subjetividade, e suas produções discursivas: o sujeito é expulso de suas produções; o saber é então submetido a uma transformação no sentido de despersonalização.

Esse processo faz com que o saber apareça como um produto final, desvinculado dos complexos processos de produção e apresentado como fruto de uma mente solitária e genial (Sousa, 2009).

Ao não refletir sobre a complexidade dos processos de produção, um texto, como um livro didático, faz o saber passar pelo constrangimento da *programabilidade*. Comentando sobre esse aspecto da transposição didática, Barbosa diz que (2015, p. 25) na *programabilidade* “[...] é preciso estabelecer uma programação de forma sequencial e racional”. Em vista disso, a *programabilidade* causa a ideia de que os conhecimentos científicos são construídos de maneira linear, isto é, ela induz, ou reforça, a concepção de que os saberes científicos são elaborados linearmente e progressivamente (Martins, 2020).

Por fim, a Transposição Didática também é constrangida pela *publicidade do saber*. Nas palavras de Chevallard (1991, p. 73, tradução nossa):

A objetificação obtida pela inserção do saber em texto é a fonte evidente, além disso, da publicidade do saber ali representado (em oposição ao caráter "privado" dos saberes pessoais, adquiridos por mimetismo, ou esotéricos, adquiridos por iniciação, etc.). Essa publicidade, por sua vez, possibilita o controle social da aprendizagem, em virtude de uma certa concepção do que significa "saber", concepção que é fundamentada (ou pelo menos legitimada) pela textualização.

Assim, a objetificação do saber torna-o público e acessível a um grupo mais amplo de pessoas. Esse aspecto público do saber é fundamental para a Transposição Didática, pois permite que o saber seja disseminado e transmitido em um contexto educacional. De forma complementar, Almeida (2016, p. 24) diz que "[...] a publicidade deve mostrar a importância e a finalidade dos saberes que serão trabalhados". Porém, como consequência, a *publicidade do saber* pode gerar uma simplificação excessiva, fazendo com que os aspectos importantes, que fizeram parte da construção histórica e epistemológica de determinado saber, sejam omitidos, levando a uma compreensão inadequada e superficial de seu verdadeiro significado.

Durante o processo de transposição didática, o saber está sujeito a esses cinco constrangimentos³ didáticos. Diante disso, surge a preocupação de como mitigar os seus efeitos negativos. Macedo (2023) sugere abordar a história e a epistemologia dos conceitos científicos, destacar os três patamares de saberes, problematizar as diferenças entre os três saberes e os dois níveis de transposição, além de explicitar como ocorre o processo de transposição didática, entre outros pontos. Assim sendo, todas essas possíveis soluções podem ser alcançadas ao se exercer a *vigilância epistemológica*, conceito empregado por Chevallard em sua teoria.

A *vigilância epistemológica* é um processo crítico e reflexivo que envolve a análise e compreensão do conhecimento científico a ser ensinado em sala de aula. Seu papel fundamental é garantir que esse conhecimento seja transposto de forma mais próxima possível à sua natureza original, evitando simplificações excessivas, distorções ou perda de conteúdo essencial. Em resumo, a *vigilância epistemológica* é um olhar crítico que assegura a coerência e validade epistemológica do conhecimento a ser ensinado (Chevallard, 1991; Ricardo, 2020; Macedo, 2023).

O exercício da *vigilância epistemológica* permite, a todos os atores envolvidos nas transformações do saber, "[...] tomar distância, interrogar as evidências, pôr em questão as ideias simples, desprender-se da familiaridade enganosa de seu objeto de estudo [...]" (Chevallard, 1991, p. 16, tradução nossa).

Finalizando a síntese dos principais conceitos que alicerçam a Teoria da Transposição Didática, em complemento aos cinco constrangimentos didáticos pelos quais o saber sofre, Chevallard (1991) ainda discute cinco condições para um Saber Sábio estar presente nos livros didáticos e nas salas de aula.

³ A palavra original do francês utilizada por Chevallard é *contraintes* que pode ser traduzida como constrangimentos; restrições e/ou coerções. Mas, de qualquer forma, esse termo se refere ao ato ou efeito de reduzir; uma imposição de limite; comprimir-se; tornar mais estreito; delimitar-se; reduzir-se.

A primeira condição é que o Saber Sábio precisa ser aceito como “verdade” na atualidade, ou seja, deve haver consenso em relação ao seu *status* de veracidade, essa característica Chevallard denominou de *consensual*. Brockington e Pietrocola (2005, p. 395) esclarecem que, “[...] ao ensinar Física professores, pais e alunos não devem ter dúvidas se aquilo que é ensinado está correto ou não. Assim, este conteúdo deve ter, pelo menos neste momento, um status de ‘verdade’, histórica ou de atualidade”. Nas palavras de Chevallard (1991, p. 30, tradução nossa):

[...] o Saber Ensinado - o saber tratado dentro do sistema - deve ser visto, pelos próprios 'acadêmicos', como suficientemente próximo ao Saber Sábio a fim de não provocar a desautorização dos matemáticos, o que prejudicaria a legitimidade do projeto social, socialmente aceito e sustentado, de seu ensino.

Dessa forma, a característica consensual assegura que o docente não terá insegurança de ensinar algo que a própria ciência não sabe se é “verdade” e garante que o aluno não terá dúvidas sobre se o que está aprendendo é correto ou não (Brockington; Pietrocola, 2005).

Outras duas condições definidas por Chevallard estão atreladas às relações de pertinência com a atualidade que o Saber Sábio deve possuir para ser transposto. Uma delas é a *atualidade moral*, que define que o conhecimento deve estar em sintonia com as necessidades da sociedade para que a comunidade considere relevante a inclusão desse saber no currículo. Em geral, essa sintonia está associada à capacidade de suprir as demandas sociais e tecnológicas (Nascimento, 2016). Conforme elucidado pelo autor no trecho a seguir:

O que ocorre na Escola depende, portanto, eminentemente da legitimidade que a sociedade lhe concede ou nega. E é nesse momento que as virtudes de um Saber Sábio se tornam evidentes. Pois o caráter sábio de um saber possui, por si só, um valor libertador. Cumpre uma dívida de legitimidade 'social' do professor, ilumina os seus gestos e lhe proporciona uma segurança cultural facilmente reconhecível (Chevallard, 1991, p. 164, tradução nossa).

A outra condição relacionada à pertinência com a atualidade é a *atualidade biológica*, que estabelece que o conhecimento a ser ensinado deve estar alinhado com os avanços científicos atuais, garantido que as informações superadas sejam abordadas somente sob uma perspectiva histórica. Assim, na visão de Chevallard, a Ciência é dinâmica, o que significa que os saberes sábios podem mudar ou até mesmo ser abandonados. Como resultado, os saberes escolares precisam se adaptar a essas possíveis mudanças. O excerto a seguir explicita essa ideia em Chevallard (1991, p. 30 – 31, tradução nossa):

[...] pode acontecer que, como corolário do progresso da pesquisa, os resultados ensinados até então se revelem falsos [...] por exemplo, pode até acontecer que um determinado assunto, que ocupava um lugar importante nos programas, seja repentinamente considerado desinteressante à luz de novos desenvolvimentos ou mudanças nas problemáticas do campo científico considerado [...].

Dessa forma, o saber transposto deve servir como alicerce para a compreensão das ciências mais recentes e debates contemporâneos (Sousa, 2009; Nascimento, 2016). Brockington e Pietrocola (2005, p. 395) exemplificam que “[...] ensinar ondas eletromagnéticas utilizando-se o éter como suporte material ou terminologia usando o calórico como fluido térmico, exceto em uma perspectiva histórica, configura-se como uma inadequação biológica”.

A quarta condição esclarece que a sobrevivência do saber no ambiente escolar depende dele ser *operacional*, o que envolve a capacidade de proporcionar exercícios, situações-problemas, criar práticas variadas, elaborar atividades e desafios que permitam uma avaliação clara e objetiva (Brockington; Pietrocola, 2005). Sousa (2009, p. 44) diz que

[...] essa é uma característica importante, porque está ligada diretamente à avaliação. Saberes que não apresentam nenhum tipo de atividade que possa levar a uma avaliação de seu aprendizado estão fadados a não permanecer na escola.

A quinta condição mencionada por Chevallard (1991) diz respeito à importância do Saber Sábio proporcionar uma *criatividade didática*, para que seja transformado em saberes escolares. A particularidade dessa característica resulta no fato dela proporcionar a formação de um conhecimento com identidade singular dentro do ambiente escolar, ou seja, um conhecimento que apresenta aspectos exclusivos desse ambiente, sem correspondência direta com o ambiente acadêmico. Ao refletir sobre a criatividade didática, Chevallard (1991, p. 26, tradução nossa), afirma que

[...] quando observado, o funcionamento didático revela até uma verdadeira capacidade de produção de conhecimentos para fins de autoconsumo. Esta *criatividade didática* introduz muitas variações sobre os grandes motivos da mais alta ancestralidade [...].

Desse modo, para averiguar como ocorreu a transposição didática da força gravitacional newtoniana nos livros didáticos selecionados, analisamos a presença dos cinco constrangimentos citados e como os seus impactos foram atenuados pelo uso da vigilância epistemológica por parte dos autores dos livros didáticos. E também observamos a manifestação das cinco condições para o saber ser transformado em um Saber a Ensinar. Antes de detalhar o percurso metodológico adotado, teceremos algumas reflexões sobre o objeto de estudo em pauta, o livro didático.

Os livros didáticos no Brasil

O livro didático desempenha um papel fundamental na Transposição Didática Externa, sendo um dos resultados possíveis desse estágio inicial de transposição. Além disso, ele também assume um papel de suporte na fase interna da Transposição Didática, uma vez que os professores o utilizam como ferramenta em suas aulas. Nessa perspectiva, Nascimento (2016, p. 51) sinaliza que:

[...] a relação entre o Ensino de Física e o livro didático é muito forte no Brasil. Mesmo o livro didático não sendo o único material didático disponível para o sistema de ensino, este se constituiu como a principal fonte de conceito científico para os professores e educandos.

O livro didático tem sido um recurso fundamental no apoio ao Ensino de Ciências no Brasil, fruto de estratégias políticas aplicadas ao longo do desenvolvimento do país (Santos, 2006). Por exemplo, durante as décadas de 1960 e 1970, ocorreram notáveis transformações na produção de materiais didáticos. Especificamente no campo do Ensino de Física, essas mudanças foram fortemente influenciadas pelo projeto estadunidense *Physical Science Study Committe* (PSSC). O PSSC trouxe uma abordagem pedagógica inovadora à época, ao introduzir tópicos pouco explorados nos materiais tradicionais e incorporar experimentação prática nas aulas de Física do Ensino Médio (Moreira, 2000).

Em 1985, o governo brasileiro instituiu o Programa Nacional do Livro e do Material Didático, por meio do decreto n.º 91.542, introduzindo várias inovações, como a participação dos professores na seleção dos livros, a promoção da reutilização desses materiais e a ampliação da disponibilidade de livros (Santos, 2006). Além disso, o PNLD é um programa que visa avaliar e fornecer regularmente obras didáticas, pedagógicas e literárias, bem como outros recursos de apoio à prática educacional, de forma gratuita, às escolas públicas de Educação Básica em todo o país.

Esses livros didáticos do PNLD, que resultam do processo de Transposição Didática Externa, são influenciados, de forma indireta e direta, por documentos norteadores da educação. No contexto atual, o documento mais recente que exerce uma grande influência na elaboração dos livros é a nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do Ensino Médio, homologada pelo Ministério da Educação em 14 de dezembro de 2018. Essa BNCC do Ensino Médio surgiu em decorrência da emenda constitucional n.º 13.415, de 16 de fevereiro de 2017, comumente conhecida como Reforma do Ensino Médio (Oliveira, 2021). De acordo com Tamanini e Noronha (2019, p. 110):

Essas mudanças também se deram na questão do livro didático, principalmente com o Decreto 9.099, de 18 de julho de 2017, que altera consideravelmente os processos de avaliação e seleção dos livros didáticos no Brasil, realizada pela escola e com base no Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD).

Com a BNCC organizada em quatro áreas do conhecimento, os livros didáticos de Física, Química e Biologia, que antes eram elaborados de forma independente, passaram a ser integrados em um único livro que abrange a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Essa mudança resultou em novas diretrizes e regulamentos, como os estabelecidos no edital do PNLD do Ensino Médio de 2021, garantindo que os livros didáticos estivessem alinhados às atualizações da BNCC.

Silva, Zacarias e Quaresma (2020), técnicos do Ministério da Educação do Brasil, relatam que, a partir das dez competências gerais da Educação Básica definidas pela BNCC, foram criadas dez elementos-chave. Com base nesses elementos-chave, foi estruturada uma matriz composta por cinco objetos que constituem as referidas competências gerais. Essa estrutura permitiu que os autores de livros didáticos ajustassem seus textos às diretrizes da BNCC.

Considerando essas mudanças, o novo PNLD do Ensino Médio apresenta cinco tipos de materiais didáticos: os livros de Projetos Integradores e Projeto de Vida, pertencentes ao Objeto 1; os livros didáticos por área do conhecimento, referentes ao Objeto 2; os materiais de formação para professores e gestores, correspondendo ao Objeto 3; as obras a respeito de recursos digitais, abrangendo ao Objeto 4; e, por fim, os livros literários, que se tratam do Objeto 5.

Os procedimentos metodológicos

A pesquisa em questão assume uma abordagem de natureza qualitativa, de caráter indutivo e interpretativo, com foco nos livros dos *Principia* de Newton e nos livros didáticos de Ciências da Natureza do Ensino Médio do PNLD – 2021. Inicialmente, utilizamos a Análise de Conteúdo de Bardin (2015) para codificar, categorizar e interpretar os *Principia* de Newton em relação ao conceito de força gravitacional. Em seguida, sob à luz da Teoria da Transposição Didática, examinamos como ocorreu a transposição desse conhecimento do Saber Sábio para o Saber a Ensinar nos referidos livros.

A Análise de Conteúdo, conforme é praticada atualmente, originou-se da análise de material jornalístico nos Estados Unidos no início do século XX, com um marco importante durante a Segunda Guerra Mundial. De acordo com Bardin (2015, p. 44), a Análise de Conteúdo é uma técnica que “[...] tem por finalidade efectuar deduções lógicas e justificadas, referentes à origem das mensagens tomadas em consideração (o emissor e o seu contexto, ou, eventualmente, os efeitos dessas mensagens)” (Bardin, 2015, p. 44). Desse modo, a Análise de Conteúdo não apenas formula suposições sobre o material examinado, mas também sustenta essas inferências com princípios teóricos, considerando o contexto histórico e social no qual foi originado. Assim definido, Bardin (2015) aponta que essa técnica pode ser dividida em três etapas: a *pré-análise*; a *exploração do material*; o *tratamento dos resultados*, a *inferência* e a *interpretação*.

Bardin (2015, p. 121 – 122) coloca que a fase da pré-análise corresponde a um “[...] período de intuições, mas tem por objectivo tornar operacionais e sistematizar as ideias iniciais [...] a pré-análise tem por objectivo a organização, embora ela própria seja composta por actividades não estruturadas [...]”. Assim, essa fase compõe a organização e sistematização do material, envolvendo a leitura flutuante e a escolha dos documentos. A leitura flutuante refere-se ao processo de estabelecer contato inicial com os documentos a serem analisados e familiarizar-se com o texto, permitindo que o pesquisador seja influenciado por impressões e direcionamentos iniciais (Bardin, 2015).

Dessa forma, para definir nosso *corpus* de pesquisa, iniciamos pela leitura flutuante dos Livros I, II e III dos *Principia*. Com base nessa leitura, optamos por analisar os Livros I e III, pois eles contêm o conteúdo relevante para compreender o conceito de força gravitacional de Newton. O Livro II foi excluído da análise, já que não aborda de forma significativa esse conceito, concentrando-se em questões relacionadas à mecânica dos fluidos e ao movimento de corpos em meios resistentes.

Em relação aos livros didáticos, de acordo com o cenário apresentado na seção anterior sobre o PNLD, optamos por examinar as coleções de livros didáticos do Objeto 2, uma vez que esses materiais discutem especificamente as definições dos conceitos físicos. Assim sendo, esse objeto é composto por sete coleções de livros de Ciências da Natureza aprovados pelo PNLD, sendo que cada coleção conta com seis volumes, totalizando 42 livros didáticos.

Após a leitura flutuante desses materiais, identificamos que cada coleção apresentava ao menos um volume contendo uma unidade, capítulo, seção ou trechos dedicados à abordagem do conceito de força gravitacional newtoniana. Portanto, foram definidos como *corpus* de análise setes livros do Objeto 2 (Quadro 1), correspondendo um de cada coleção. Vale destacar que esses livros didáticos permanecerão presentes nas escolas públicas até o final de 2024.

Quadro 1 – Livros didáticos do Objeto 2 selecionados para a análise.

<p>LD1: <i>Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Evolução, Tempo e Espaço</i> (Fukui <i>et al.</i>, 2020)</p> <p>Título da coleção: Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias; Código da Coleção: 0201P21203; Código Volume: 0201P21203136IL; Editora: Edições SM LTDA;</p>	<p>LD3: <i>Diálogo: ciências da natureza e suas tecnologias – O universo da ciência e a ciência do universo</i> (Santos, 2020)</p> <p>Título da coleção: Diálogo – Ciências da Natureza e suas Tecnologias; Código da Coleção: 0196P21203; Código Volume: 0196P21203133IL; Editora: EDITORA MODERNA LTDA;</p>	<p>LD5: <i>Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar – Origens: o Universo, a Terra e a vida</i> (Mortimer <i>et al.</i>, 2020)</p> <p>Título da coleção: Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar; Código da Coleção: 0181P21203; Código Volume: 0181P21203133IL; Editora: EDITORA SCIPIONE S.A.;</p>
<p>LD2: <i>Conexões Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Terra e equilíbrios</i> (Thompson <i>et al.</i>, 2020)</p> <p>Título da coleção: Conexões Ciências da Natureza e suas Tecnologias; Código da Coleção: 0199P21203; Código Volume: 0199P21203137IL; Editora: EDITORA MODERNA LTDA;</p>	<p>LD4: <i>Ciências da Natureza Lopes & Rosso – Evolução e Universo</i> (Lopes; Rosso, 2020)</p> <p>Título da coleção: Ciências da Natureza – Lopes & Rosso; Código da Coleção: 0194P21203; Código Volume: 0194P21203133IL; Editora: EDITORA MODERNA LTDA;</p>	<p>LD6: <i>Multiversos: ciências da natureza – Origens: Ensino Médio</i> (Godoy; Agnolo; Melo, 2020)</p> <p>Título da coleção: Multiversos – Ciências da Natureza; Código da Coleção: 0221P21203; Código Volume: 0221P21203136IL; Editora: EDITORA FTD S.A.;</p>
	<p>LD7: <i>Moderna plus: ciências da natureza e suas tecnologias – Universo e Evolução</i> (Amabis <i>et al.</i>, 2020)</p> <p>Título da coleção: Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas Tecnologias; Código da Coleção: 0198P21203; Código Volume: 0198P21203138IL; Editora: EDITORA MODERNA LTDA.;</p>	

Fonte: Autores, 2024.

Após a primeira fase, Bardin (2015) define a segunda fase como exploração do material. De acordo com a autora, essa etapa “[...] consiste essencialmente em operações de

codificação, decomposição ou enumeração [...]” (Bardin, 2015, p. 127). Em resumo, trata-se da fase em que os dados brutos do material são analisados. Durante essa etapa, dois processos principais são realizados: a codificação e a categorização.

De acordo com Bardin (2015), a codificação é o processo que transforma os dados brutos em dados representativos, organizados em unidade menores, ou seja, em recortes do material. Ainda de acordo com a autora, esse processo resulta na formação das Unidades de Registro, que são unidades de significado “[...] a codificar e corresponde ao segmento de conteúdo a considerar como unidade de base, visando a categorização e a contagem frequencial” (Bardin, 2015, p. 130). Como consequência, também são formadas as Unidades de Contexto, as quais servem como “[...] unidade de compreensão para codificar a unidade de registro e corresponde ao segmento da mensagem, cujas dimensões (superiores às da unidade de registro) são ótimas para que se possa compreender a significação exacta da unidade de registro” (Bardin, 2015, p. 133).

Com base nesses conceitos, realizamos a codificação do Livro I e III dos *Principia*, elaborando as Unidades de Registro e as Unidades de Contexto. Essas unidades foram construídas com base em pressupostos organizados *a posteriori*, ou seja, de maneira indutiva. Portanto, durante a leitura do Livro I e Livro III, emergiram os seguintes temas: *força gravitacional*; *força da gravidade*; *força centrípeta*; *gravidade* e *gravitação*. A partir desses temas, elaboramos as Unidades de Registro e de Contexto, totalizando 76 unidades.

Na sequência, após a codificação, Bardin (2015) afirma que é necessário categorizar essas unidades criadas. De acordo com a autora, a categorização é uma

[...] operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o género (analogia), com os critérios previamente definidos. As categorias são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos (unidades e registros, no caso da análise de conteúdo) sob um título genérico, agrupamento esse efetuado em razão das características comuns destes elementos (Bardin, 2015, p. 145).

Portanto, a categorização consiste em agrupar as Unidades de Registro com características semelhantes, possibilitando a criação de definições abrangentes que englobem esses elementos. Nesse processo, elaboramos oito categorias para agrupar as 76 Unidades de Registro. Cada categoria apresentou a seguinte distribuição de Unidades de Registro (UR): *Relação com a distância ao quadrado* (23 UR); *Relação com a massa* (5 UR); *Direção a um corpo* (22 UR); *Manter em órbita* (6 UR); *Característica de força central* (3 UR); *Ação e reação* (10 UR); *Unificação* (6 UR) e *Extensão infinita* (1 UR).

Por fim, a terceira etapa é reconhecida como o processo de inferência e interpretação dos dados. Nessa fase, Bardin (2015) estipula que é de extrema importância que o pesquisador, ao realizar inferências, considere não apenas os elementos evidentes e claros presentes no campo objetivo, mas também aqueles que são representados no campo simbólico. No campo simbólico, a interpretação e o discernimento do pesquisador são cruciais para explorar todos os conteúdos contidos nas mensagens analisadas (Bardin, 2015; Gaspi; Maron; Magalhães Júnior, 2021). As nossas inferências e interpretações serão apresentadas na seção seguinte.

Resultados e discussão

Por meio da análise dos *Principia*, elaboramos a categoria intitulada *Características de força central* que engloba excertos do texto associados à força centrípeta, ou seja, uma força direcionada para o centro. Dentro dessa categoria, identificamos três Unidades de Registro, correspondendo a 3,95% do total. Assim, podemos inferir que, de acordo com Newton, a força gravitacional é um exemplo de força central, conforme evidenciado nas seguintes Unidades de Registro:

A força que mantém os corpos celestes em suas órbitas tem sido chamada até aqui de força centrípeta, mas tendo ficado evidente que ela não pode ser outra que não uma força gravitacional, vamos chama-la daqui por diante de gravidade (Newton, 2020b, p. 200).

[...] qualquer força centrípeta uniforme conhecida (tal como normalmente se supõe que seja a gravidade) [...] (Newton, 2020a, p. 179).

[...] essa gravidade é a força centrípeta daquele corpo (Newton, 2020a, p. 90).

Diante disso, podemos inferir que o aspecto de força central é um dos pilares do Saber Sábio relacionado à força gravitacional newtoniana. Ao analisar a transposição para o Saber a Ensinar, identificamos esse aspecto apenas no livro LD2, como pode ser observado no trecho a seguir: “[...] a força de atração com que a Terra atrai a Lua age como a força centrípeta que mantém a Lua em sua órbita [...]” (LD2, 2020, p. 78, grifo nosso). Nos demais livros didáticos não há menções de que a força gravitacional seja um tipo de força centrípeta. Essa ausência resulta do processo de textualização do saber, evidenciando a *dessincretização*, já que esses materiais omitem esse aspecto essencial na elaboração do Saber a Ensinar da força gravitacional.

Outra categoria elaborada foi *Relação com a distância ao quadrado*, que reúne trechos destacando como a força gravitacional se relaciona inversamente ao quadrado da distância entre os corpos. Essa relação é um elemento fundamental na concepção de força gravitacional para Newton. Dentro dessa categoria, agrupamos as Unidades de Registro que abordam explicitamente ou implicitamente essa relação, totalizando 23 unidades, o que representa 30,26% da nossa amostra, como demonstrado nos exemplos a seguir:

[...] a força da gravidade em direção a cada um deles, considerado separadamente, é inversamente como o quadrado das distâncias dos lugares ao centro do planeta (Newton, 2020b, p. 204).

[...] que a força da gravidade é inversamente como o quadrado da distância ao centro da Terra [...] (Newton, 2020b, p. 310).

[...] a ação da força centrípeta sobre os planetas descreve inversamente como o quadrado da distância [...] (Newton, 2020b, p. 352).

A partir disso, fica evidente que esse aspecto é essencial para compreender o Saber Sábio da força gravitacional. Em todos os livros didáticos, exceto no LD4, essa característica é explicitamente apresentada no texto do saber. Por exemplo, no LD6, os autores destacam

que “[...] dois corpos se atraem com forças gravitacionais que são [...] inversamente proporcionais ao quadrado da distância entre eles” (LD6, 2020, p. 65, grifo nosso).

O livro LD4, diferentemente dos demais, não aborda a influência da distância no comportamento da força gravitacional em momento algum. Esse fato decorre da ausência de discussões teóricas ou matemáticas sobre a força gravitacional newtoniana, com o livro priorizando conceitos da Física Moderna, como a força gravitacional einsteiniana. Essa escolha pode levar os alunos a considerar a força gravitacional newtoniana como obsoleta. Assim, o LD4 não contempla a *operacionalidade*, a *criatividade didática* e a *consensualidade*, além de não apresentar uma *programabilidade* do saber analisado, mencionando a força gravitacional de forma avulsa em alguns trechos do livro.

A próxima categoria, *Relação com a massa*, reúne cinco Unidades de Registro, o que corresponde a 6,58% do total. Conforme afirmado por Newton, a intensidade da força gravitacional é diretamente proporcional às massas dos corpos em interação, como pode ser evidenciado nas passagens subsequentes:

[...] suas quantidades de matéria são como as forças das gravidades [...] (Newton, 2020b, p. 205).

[...] gravidade pertencente a todos os corpos, proporcional às várias quantidades de matéria que eles contêm (Newton, 2020b, p. 203).

[...] a ação da força centrípeta sobre os corpos atraídos é, a distâncias iguais, proporcional às quantidades de matéria [...] (Newton, 2020b, p. 354).

É importante destacarmos que no Livro I dos *Principia*, Newton considera quantidade de matéria e massa como equivalentes em sua teoria. Assim, a utilização do termo *massa* não altera o significado das ideias de Newton sobre a força gravitacional. Novamente com exceção do LD4, os demais livros didáticos evidenciam esse aspecto ao transpor o conceito para o Saber a Ensinar. Tomando como exemplo o LD3, a autora afirma que:

A gravidade não é apenas uma força que se limita a atrair corpos para o centro da Terra, mas uma interação fundamental *que existe entre qualquer corpo do Universo que tem massa*. Essa força é *mais intensa quanto maior for a massa* dos corpos envolvidos e mais próximos estiverem (LD3, 2020, p. 109, grifo nosso).

Considerando mais um livro que exemplifica esse aspecto, temos o LD1 em que os autores destacam que:

Quando um corpo se encontra próximo à Terra, em contato ou não com sua superfície, ocorre atração gravitacional entre ambos. Pensando apenas na ação da Terra, *pode-se dizer que ela atrai tudo que tenha massa* e que esteja próximo a ela. *Essa força de atração a distância se deve à existência, em torno da Terra, do que chamamos campo gravitacional*. (LD1, 2020, p. 51, grifo nosso).

Note que o excerto traz a concepção de que a massa é um aspecto fundamental na força gravitacional newtoniana. No entanto, o texto como um todo evidencia o constrangimento da *descontextualização* do saber. Isso ocorre porque os autores afirmam que a força gravitacional age à distância devido à existência do campo gravitacional,

associando o conceito de campo, originado no século XIX, à concepção newtoniana de força gravitacional do século XVII. Essa abordagem resulta na supressão das considerações históricas, sociais e culturais, desconectando o conceito de sua origem.

Conforme destacado por Bardin (2015), a ausência de Unidades de Registro e categorias também carrega significado. Nas palavras da autora: “[...] a ausência de elementos (relativamente a uma certa provisão) pode, nalguns casos, veicular um sentido” (Bardin, 2015, p. 134). No caso desta análise, não identificamos nenhuma passagem nos *Principia* que discuta o meio físico pelo qual a força gravitacional age, ou seja, o agente intermediário na interação entre corpos. Assim, inferimos que Newton concebia essa força atuando à distância, sem a necessidade de qualquer tipo de mediação. Portanto, empregar o conceito de campo gravitacional gera a *descontextualização* mencionada.

No entanto, é evidente que os autores realizaram uma “atualização” do conceito newtoniano ao incorporar a noção de campo, atendendo à *atualidade biológica*, que exige que o saber transposto esteja em conformidade com a ciência vigente. No caso da força gravitacional, ensinar esse conceito com base na ação à distância, exceto sob uma perspectiva histórica, seria inadequado do ponto de vista biológico. O enfoque apropriado seria, portanto, utilizar o conceito de campo gravitacional.

Ora, mas não dissemos que utilizar a ideia de campo gravitacional gera descontextualização? De fato, isso pode levar à interpretação equivocada de que Newton foi responsável não apenas pela construção da força gravitacional, mas também pela concepção do campo gravitacional. O que desejamos destacar é que esse processo de mudança e atualização não é explicitamente comunicado nem problematizado ao aluno-leitor.

Defendemos que para atender à *atualidade biológica* sem distorcer a compreensão histórica do conceito, esse constrangimento didático deve ser apresentado de maneira explícita no texto. Em outras palavras, é crucial enfatizar que a ideia de campo gravitacional não é atribuída a Newton, mas foi desenvolvida em um outro período histórico, com motivações distintas. Diante disso, torna-se evidente que os autores não exerceram a *vigilância epistemológica* ao não problematizar a diferença entre a visão newtoniana e a visão moderna da força gravitacional.

Prosseguindo com a nossa discussão, a categoria *Direção a um corpo* agrupa as Unidades de Registro que, de alguma maneira, abordam a direção na qual a força gravitacional atua. Identificamos 22 Unidades de Registro nessa categoria, representando 28,95% do total. Portanto, em termos contemporâneos, podemos descrever a força gravitacional de Newton como uma grandeza vetorial, conforme exemplificado nas seguintes Unidade de Registro:

É por sua gravidade que ele é desviado continuamente de seu curso retilíneo e forçado a desviar-se em direção à Terra [...] (Newton, 2020a, p. 41).

[...] a força da gravidade em direção a qualquer planeta [...] (Newton, 2020b, p. 204).

Depois que obtive que a força da gravidade em direção a todo planeta [...] (Newton, 2020b, p. 205).

Assim, inferimos que esse é outro aspecto relevante na estruturação do Saber Sábio da força gravitacional. Quanto ao Saber a Ensinar, verificamos que os livros LD2 e LD4 não discutem esse fato. Os livros LD3 e LD5 não apresentam explicitamente essa característica, porém, incluem imagens que representam vetorialmente a força gravitacional. Por outro lado, os livros LD1, LD6 e LD7 abordam essa propriedade de forma mais contundente, como podemos exemplificar por meio do LD7: "Duas massas pontuais atraem-se com *forças dirigidas ao longo da linha que as une* [...]" (LD7, 2020, p. 79, grifo nosso).

Ainda sobre a transposição da categoria *Direção a um corpo*, o LD2 apresenta a seguinte passagem: "A afirmação de que a Lua gira em torno da Terra não costuma gerar espanto. Mas, se ouvisse que a Lua está caindo em direção à Terra, você ficaria preocupado?" (LD2, 2020, p. 72, grifo nosso). Esse trecho evidencia um exemplo de *criatividade didática*, pois transforma a Proposição IV do Livro III dos *Principia*, que afirma: "[...] a Lua gravita em direção à Terra e que é desviada continuamente de um movimento retilíneo e mantida em sua órbita pela força da gravidade" (Newton, 2020b, p. 197), em um questionamento. Essa pergunta pode ser vista como uma *criatividade didática*, pois aborda uma situação específica do ambiente escolar. À primeira vista, os alunos podem supor que, se a Lua caísse em direção à Terra, o planeta seria destruído. No entanto, a intenção dos autores é que os alunos compreendam que a Lua, na verdade, está constantemente "caindo" em direção à Terra, mas devido ao seu movimento inercial e à influência da força gravitacional, ela segue uma órbita elíptica ao redor da Terra.

A próxima categoria elaborada foi denominada de *Manter em órbita*, devido às Unidades de Registro passarem a ideia de que a força gravitacional é responsável por manter um corpo celeste em sua trajetória orbital. No conjunto, agrupamos seis Unidades de Registro que apresentam esse aspecto, o que representa 7,89% do total. Abaixo, encontram-se exemplos representativos desta categoria:

[...] por meio de forças centrípetas, os planetas possam ser retidos em certas órbitas [...] (Newton, 2020b, p. 337).

[...] mantida em sua órbita pela força da gravidade (Newton, 2020b, p. 197).

[...] a Lua é retida em sua órbita pela força da gravidade [...] (Newton, 2020a, p. 37).

Na Transposição Didática Externa do conceito de força gravitacional newtoniana, essa característica é mencionada por todos os livros, com exceção do LD4. Por meio do excerto a seguir, extraído do LD7, podemos exemplificar:

Compreender como a interação gravitacional *mantém um sistema planetário orbitando uma estrela*, estudar essas órbitas e relacionar suas dimensões com o período orbital promove a construção de uma sólida base científica, com o intuito de entender a dinâmica dos sistemas planetários e estelares (LD7, 2020, p. 73, grifo nosso).

Esse trecho também evidencia uma condição da transposição didática discutida por Chevallard (1991): a *atualidade moral* da força gravitacional. Os autores destacam que compreender esse conceito é crucial para entender a dinâmica orbital, aspecto relevante, por exemplo, para o lançamento de satélites artificiais em órbita da Terra. Isso reflete a

atualidade moral, pois atende às demandas sociais e tecnológicas atuais, relacionadas ao uso crescente de satélites para monitoramento e comunicação.

Na categoria *Ação e reação*, abrangemos reflexões que, de maneira direta ou indireta, indicam que a interação entre um corpo *X* que possui uma certa massa, e um corpo *Y*, também com massa, é mútua e atrativa. Nesse contexto, reunimos dez Unidades de Registro que refletem essa ideia, correspondendo 13,16% das unidades. A seguir, apresentamos exemplos dessa categoria:

[...] como todas as partes de qualquer planeta A gravitam em direção a qualquer outro planeta B, e a gravidade de toda parte está para a gravidade do todo assim como a matéria da parte está para a matéria do todo, e (pela Lei III) para cada ação corresponde uma reação igual, o planeta B, por sua parte, irá gravitar em direção a todas as partes do planeta A [...] (Newton, 2020b, p. 204).

[...] como a Terra, o sol e todos os planetas gravitam em direção um ao outro, estando, portanto, de acordo com seus poderes de gravidade [...] (Newton, 2020b, p. 209).

[...] todos os corpos de qualquer tipo são dotados com um princípio de gravitação mútua (Newton, 2020b, p. 187).

Assim, inferimos que esse é mais um aspecto relevante na estruturação do Saber Sábio da força gravitacional. Durante o processo de transposição didática para o Saber a Ensinar, apenas os livros LD2, LD4 e LD7 não abordam essa característica. Exemplificando a presença desse elemento nos demais livros, os autores do LD1 afirmam: “[...] assim, essa força de atração, denominada força gravitacional, *constituiria um par de forças do tipo ação e reação*, que obrigaria o planeta a seguir uma trajetória elíptica” (LD1, 2020, p. 51, grifo nosso).

No entanto, o trecho acima evidencia a *publicidade do saber*. Ao final da frase, os autores passam a ideia de que apenas a força gravitacional é a responsável por fazer um planeta descrever uma órbita, desconsiderando a contribuição do movimento inercial do planeta. Assim, ao alcançar a objetificação desse saber para torná-lo público e acessível, ocorreu uma simplificação excessiva, fazendo com que esse aspecto importante fosse perdido.

A categoria denominada *Unificação* reúne Unidades de Registro que demonstram que a força gravitacional não se limita aos corpos celestes; ela também está presente entre corpos terrestres. Portanto, ao contrário das afirmações de Aristóteles, a física terrestre não difere da física celeste que governa o Universo. Por meio da força gravitacional, é possível descrever fisicamente e matematicamente os movimentos dos corpos celestes. Nesta categoria, foram agrupadas seis Unidades de Registro, correspondendo a 7,89% do total das unidades. A seguir, apresentamos excertos que exemplificam essa categoria:

[...] igual à força da gravidade que observamos nos corpos pesados aqui (Newton, 2020b, p. 198).

[...] a força centrípeta da Lua, girando em sua órbita, está para a força da gravidade na superfície da Terra [...] (Newton, 2020a, p. 23).

[...] pela teoria da gravidade os movimentos da Lua podem ser calculados [...] (Newton, 2020b, p. 259).

É possível, dessa forma, inferirmos que a força gravitacional de Newton possui caráter universal. Em sua maioria, os livros didáticos analisados apresentam essa propriedade, como podemos observar no trecho do LD4:

Em 1687, o físico inglês Isaac Newton (1643-1727) compôs, com base nos trabalhos de cientistas que o antecederam, uma lei para explicar o movimento dos astros, baseada na gravidade. *Newton universalizou o conceito de gravidade determinando que a força que puxa um objeto para o centro da Terra tem a mesma natureza da força que mantém a Lua em órbita em torno da Terra, chamada de força gravitacional.* (LD4, 2020, p. 15, grifo nosso).

No entanto, ao transporem o conceito de força gravitacional e abordarem esse aspecto universal, alguns livros causam a *despersonalização*, como podemos identificar no trecho do LD5: “[...] caminhando nos jardins da casa, em 1666, ele pensou que *a mesma força gravitacional que o planeta Terra exercia sobre uma maçã também poderia exercer sobre a Lua, fazendo-a girar ao nosso redor*” (LD5, 2020, p. 58, grifo nosso). Esse trecho revela a *despersonalização*, pois não há nos *Principia* qualquer menção de Newton citando a força gravitacional da Terra sobre uma maçã como um exemplo. Newton comparou a queda da Lua com a queda de corpos terrestres por meio de estudos com pêndulos oscilantes.

A última categoria, *Extensão infinita*, apresenta uma única Unidade de Registro, correspondente a 1,32% do total. Essa categoria traz a ideia de que a força gravitacional se estende por todo o espaço, como pode ser observado no trecho: “[...] a gravidade está em todo o lugar [...]” (NEWTON, 2020b, p. 375). Dessa forma, inferimos mais um aspecto relevante na estruturação desse Saber Sábio.

Ao dirigir a atenção para o Saber a Ensinar, percebemos que a extensão infinita é ignorada na maioria dos livros didáticos, assim como o fato da força gravitacional ser um tipo de força central. Apenas o LD2 apresenta implicitamente essa ideia ao dizer: “[...] Newton estabeleceu que entre duas massas quaisquer, estejam elas na Terra ou no espaço vazio, sempre haverá uma interação gravitacional.” (LD2, 2020, p. 78). Ao mencionarem que no espaço vazio sempre haverá uma interação gravitacional, acreditamos que por *espaço vazio* os autores se referem ao Universo, especialmente às vastas distâncias que separam os corpos celestes. Isso se alinha com a nossa inferência de que a força gravitacional atua em todos os lugares devido à sua extensão infinita.

A fim de exemplificar os outros pressupostos da Transposição Didática analisados, destacamos a condição *consensual*, que aparece em todos os livros analisados, exceto no LD4. O trecho a seguir do LD1 evidencia essa característica: “[...] com base nas ideias de outros cientistas que o precederam, Newton concluiu que *o Sol deveria ser o responsável por essa força*” (LD1, 2020, p. 51, grifo nosso). Tal afirmação corrobora com a *consensualidade*, pois não há dúvidas na comunidade científica atual de que a força gravitacional do Sol é a responsável por manter os planetas em torno do corpo solar.

Outra condição que aparece em todos os livros, novamente com exceção do LD4, é a *operacionalidade*. Os autores evidenciam isso ao apresentarem, nos capítulos referentes à Lei da Gravitação Universal, exercícios e problemas sobre esse conceito. Além disso, essa condição se manifesta quando os livros introduzem a lei da força gravitacional newtoniana por meio da linguagem matemática, possibilitando assim “[...] um número grande de exercícios ou atividades didáticas, até mesmo quando estes são nitidamente

descontextualizados quanto a sua função, em relação ao conceito original” (Astolfi, 1997 *apud* Sousa, 2009, p. 47).

Embora a *operacionalidade* seja atendida, cabe destacar o problema da matematização excessiva durante o ensino de Física, como salienta Neves (1992). Apesar dos livros didáticos cumprirem essa condição, os autores poderiam ter apresentado esses exercícios e problemas de maneira mais contextualizada, aproximando-os da realidade dos alunos e tornando-os mais práticos.

Em relação à *programabilidade*, a maioria dos livros manifesta esse constrangimento, como pode ser observado no exemplo a seguir:

Essas leis fornecem apenas descrições matemáticas do movimento dos planetas, não explicando as causas desses movimentos. Apesar disso, o trabalho de Kepler abriu caminho para que, quase oitenta anos depois, Newton formulasse a lei da gravitação universal, que explica a atração entre corpos dotados de massa (LD1, 2020, p. 49, grifo nosso).

A *programabilidade* é clara nessa passagem do livro, pois a Lei da Gravitação Universal é apresentada após as Leis de Kepler. Assim, os autores estruturam a frase de forma que a sequência racional subentenda o seguinte: *após a elaboração das Leis de Kepler, a Lei da Gravitação Universal foi elaborada por Newton*. O problema decorrente dessa abordagem é que ela pode induzir ou reforçar, no aluno, a crença que os conhecimentos científicos são elaborados linearmente e progressivamente. Mesmo o texto afirmando que Newton elaborou o conceito de força gravitacional quase oitenta anos depois, o aluno pode interpretar que, nesse intervalo, não houve avanços científicos e que a contribuição de Kepler só foi continuada com Newton.

Por fim, alguns livros articulam a gravitação newtoniana com a gravitação einsteiniana, como exemplificado no trecho abaixo:

[...] *todo corpo que possui massa tem a propriedade de modificar o espaço ao seu redor*, criando o que denominamos campo gravitacional. Esse campo tem limites indefinidos e se caracteriza por ser atrativo. Sua existência é comprovada pela força de atração que exerce sobre outro corpo imerso na região do campo. Em outras palavras, dizemos que a Terra, por ser um corpo de grande massa, modifica as propriedades do espaço ao seu redor, criando nessa região de limites indefinidos um campo gravitacional (LD2, 2020, p. 81, grifo nosso).

Essa articulação apresenta *descontextualização* e *despersonalização*, uma vez que as motivações, a cronologia e os aspectos pessoais de Newton e Einstein são distintos. Esse fato evidencia, mais uma vez, a ausência de *vigilância epistemológica* por parte dos autores, que deixam de problematizar o saber diante desses constrangimentos.

Considerações finais

A Teoria da Transposição Didática se destaca como uma ferramenta crucial no Ensino de Física, proporcionando uma análise aprofundada do processo de didatização dos conceitos físicos. A reflexão sobre o percurso do Saber Sábio até sua transposição para o Saber a Ensinar, especialmente por meio dos livros didáticos, revela a importância de garantir que os conhecimentos científicos sejam didatizados de forma menos distorcida e

mais contextualizada, evitando desvios que possam comprometer a compreensão dos alunos.

Para observarmos como ocorreu a transposição do conceito de força gravitacional, foi necessário, em um primeiro momento, identificarmos as principais características que fundamentam esse Saber Sábio. Assim, a partir dos *Principia*, foi possível constatar que a força gravitacional newtoniana é um tipo de força central, apenas atrativa, diretamente proporcional às massas dos corpos que mutuamente se interagem e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre os seus centros. Essa força está presente tanto nos corpos celestes quanto nos terrestres, sendo, portanto, universal. Além disso, ela é responsável por manter os corpos celestes em alguma órbita e por possibilitar a descrição física e matemática de seus movimentos.

No segundo momento, ao analisar a transposição didática desse conceito para os livros do PNLD – 2021, observamos que, em relação às cinco condições para que um Saber Sábio esteja presente nos livros didáticos, elas são minimamente identificadas na maioria dos livros. Isso significa que o conceito de força gravitacional é passível de estar presente no ambiente escolar, uma vez que “[...] nem todos os saberes do domínio do Saber Sábio farão parte do cotidiano escolar” (Brockington; Pietrocola 2005, p. 395). De acordo com os autores, é essencial que o Saber Sábio apresente essas condições para se manter no contexto educacional.

No entanto, identificamos que os constrangimentos didáticos originados durante a textualização do saber não foram suficientemente atenuados. Ou seja, a descontextualização, despersonalização, dessincetização, programabilidade e publicidade afastam, de maneira contundente, o Saber Sábio do Saber a Ensinar. Isso ocorre porque algumas características presentes nos *Principia* não estão devidamente contempladas em certos livros didáticos. Além disso, também identificamos a ausência de contextualizações históricas e abordagens que tornem o saber mais compreensível sem uma simplificação excessiva, o que vai ao encontro da pesquisa de Coelho e Moura (2023). Esses problemas indicam que os autores dos livros não exerceram uma vigilância epistemológica efetiva, deixando de problematizar tanto as diferenças entre a concepção de força gravitacional nos *Principia* e as modificações introduzidas por outros físicos após Newton quanto as dificuldades enfrentadas por Newton para desenvolver a teoria da gravitação universal.

Vale ressaltar, contudo, a complexidade de contextualizar historicamente os conceitos físicos nos atuais livros didáticos, dado que é necessário condensar vastos conteúdos de três áreas (Física, Química e Biologia) em um único livro, como ocorre no PNLD – 2021. Essa realidade exige dos autores uma seleção cuidadosa de informações, algo que nem sempre é realizado de maneira adequada, gerando problemas no processo de didatização dos saberes.

Outra ressalva importante, conforme destacam Martins (2020) e Macedo (2023), é que, sob a perspectiva da Teoria da Transposição Didática, é aceitável que exista uma certa distância entre os conhecimentos inerentes à elaboração do conceito de força gravitacional no século XVII e o seu ensino atual. Isso implica que os constrangimentos didáticos são inevitáveis durante o processo de transposição. Porém, é possível reduzir o impacto desses constrangimentos por meio de uma vigilância epistemológica mais efetiva ao longo desse processo.

Diante dessas reflexões, consideramos ser fundamental uma abordagem mais cuidadosa e contextualizada na transposição didática dos conceitos físicos de forma geral. É

essencial que os autores dos livros didáticos estejam atentos não apenas à correção conceitual, mas também à contextualização histórica, epistemológica, social e cultural do saber, de modo a garantir um Saber a Ensinar menos reducionista e menos distante de sua origem.

Referências

ALMEIDA, H. A. de. **As analogias utilizadas por professores de biologia como elementos da transposição didática**. 2016. 197 f. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Maringá, 2016.

AMABIS, J. M. *et al.* **Moderna plus: ciências da natureza e suas tecnologias: Universo e Evolução**. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.

ALVES FILHO, J. de P.; PINHEIRO, T. de F.; PIETROCOLA, M. A eletrostática como exemplo de transposição didática. Separata de: PIETROCOLA, M. (Org.) **Ensino de Física: conteúdo metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. Florianópolis: editora da UFSC, 2001, p. 01-24.

ANHORN, C. T. G. **Um objeto de ensino chamado História – A disciplina de história nas tramas da didatização**. 2003. 403 f. Tese (Doutorado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação, Rio de Janeiro, 2003. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/projetosEspeciais/ETDs/consultas/conteudo.php?strSecao=resultado&nrSeq=4360@1>. Acesso em: 22 nov. 2023.

BARBOSA, A. O. da S. **A trigonometria do ciclo trigonométrico: Uma análise da transposição didática realizada pelo livro didático na 2ª série do ensino médio à luz da teoria antropológica do didático**. 2015. 156 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Recife, 2015. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/5899>. Acesso em: 27 nov. 2023.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em: 05 set. 2023.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3, p. 387-404, 2005. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/512>. Acesso em: 15 nov. 2023.

CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica: Del Saber Sabio Al Saber Enseñado**. Buenos Aires: Ediciones, 1991.

COELHO, M. N.; MOURA, V. H. F. de. A abordagem do tema “gravitação” nas coleções de Ciências da Natureza e Tecnologias no PNLD 2021: qual a “Natureza da Ciência” que eles

comunicam? **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v. 19, n. 43, p. 49 – 67, 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v19i43.14702>.

COSTA, F. E. M. Compreendendo o Universo numa Perspectiva Newtoniana. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 2, e2308, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0214>.

FUKUI, A. *et al.* **Ser protagonista: ciências da natureza e suas tecnologias: evolução, tempo e espaço: ensino médio**. 1. ed. São Paulo: Edições SM, 2020.

GASPI, S. de; MARON, L. H. P.; MAGALHÃES JUNIOR, C. A. de O. Análise de conteúdo numa perspectiva de Bardin. Separata de: MAGALHÃES JUNIOR, C. A. de O.; BATISTA, M. C. (Orgs.) **Metodologia da pesquisa em Educação e Ensino de Ciências**. Maringá: Massoni, 2021, p. 288-299.

GODOY, L.; AGNOLO, R. M. D.; MELO, W. C. **Multiversos: ciências da natureza: Origens: ensino médio**. 1. ed. São Paulo: FTD, 2020.

LANDI JÚNIOR, S.; MESQUITA, N. A. da S.; QUEIRÓS, W. P. de A importância de modelos para o ensino de Física: em foco o princípio de Arquimedes nos livros didáticos de Ensino Médio. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemática**, v. 20, n. 44, p. 269 – 284, 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.18542/amazrecm.v20i44.15538>.

LOPES, S.; ROSSO, S. **Ciências da natureza: Lopes & Rosso: Evolução e Universo**. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.

MACEDO, G. L. N. **Análise do conceito de força gravitacional nos Principia de Newton e a sua transposição didática nos livros didáticos de Física do Ensino Médio do Estado do Paraná**. 2023. 274 f. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Maringá, 2023. Disponível em: <http://www.pcm.uem.br/dissertacao-tese/399>. Acesso em: 17 dez. 2023.

MACEDO, G. L. N.; DEOSTI, L.; GOMES, L. C. O Saber Sábio da força gravitacional: uma perspectiva a partir dos *Principia* de Newton. **Revista do Professor de Física**, v. 8, n. 1, p. 147-163, Brasília, 2024. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/53299>. Acesso em: 12 abri. 2024.

MARTINS, M. R. **Uma abordagem histórica sobre conceitos de força nos séculos XVII e XVIII: Compreensão acerca do processo de transposição didática no contexto acadêmico**. 2020. 285 f. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciência e a Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência e a Matemática, Maringá, 2020. Disponível em: <http://www.pcm.uem.br/dissertacao-tese/329>. Acesso em: 09 dez. 2023.

MENEZES, A. P. de A. B. **Contrato didático e transposição didática: inter-relações entre os fenômenos didáticos na iniciação à álgebra na 6ª série do ensino fundamental**. 2006. 256 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação, Recife, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/3811>. Acesso em: 21 out. 2023.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectiva. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, mar. 2000. Disponível em:

https://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22_94.pdf. Acesso em: 23 set. 2023.

MORTIMER, E. *et al.* **Matéria, energia e vida: uma abordagem interdisciplinar: Origens: o Universo, a Terra e a vida**. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2020.

NASCIMENTO, R. R. do. **Análise das transformações do conceito de energia segundo a termodinâmica nos livros de física do ensino médio**. 2016. 127 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Recife, 2016. Disponível em:

<http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/handle/tede2/7448>. Acesso em: 04 out. 2023.

NEVES, M. C. D. O resgate de uma história para o ensino de física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 215-224, 1992. Disponível em:

<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7393>. Acesso em: 21 dez. 2023.

NEWTON, I. **Principia: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – Livro I**. 2. ed. 5. reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2020a.

NEWTON, I. **Principia: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural – Livros II e III**. 1. ed. 3. reimpr. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2020b.

OLIVEIRA, R. da C. de. **Uma conversa sobre a disciplina de física à luz da BNCC e do novo ensino médio: desafios e possibilidades para a implementação das novas diretrizes educacionais**. 2021. 46 f. Monografia (Licenciatura em Física) – Universidade Federal

Fluminense, Curso de Licenciatura em Física, Niterói, 2021. Disponível em:

<https://app.uff.br/riuff/handle/1/23664>. Acesso em: 11 jan. 2024.

OLIVEIRA, D. S. de; SIQUEIRA, M. A Física de Partículas em livros didáticos aprovados no PNLD 2018 e 2021: Uma análise a partir da Transposição Didática. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 4, p. 412 – 424, 2023. Disponível em:

<https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/1300>. Acesso em: 22 jan. 2024.

RAMOS, P. L. P. **Proposta didática de Ensino da Gravitação Universal Newtoniana com enfoque na História e Filosofia da Ciência a partir de uma perspectiva ausubeliana**. 2015. 71 f. Monografia (Licenciatura em Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Santa Cruz, 2015. Disponível em:

https://www.dropbox.com/scl/fi/i7712fsdtw0m7w2b0gu1y/TAFC_2015_PATRICK-LUAN-PACHECO-RAMOS.pdf?rlkey=qb3634v3hukjopaj9fi4olvz6&e=1&dl=0. Acesso em: 07 nov. 2023.

RICARDO, E. C. A história da ciência no ensino de física e a vigilância epistemológica.

Pesquisa e Ensino em Ciências Exatas e da Natureza, v. 4, e1506, 2020. DOI:

<https://doi.org/10.29215/pecen.v4i0.1506>.

SANTOS, S. M. de O. **Crerios para avaliaçao de livros didáticos de química para o ensino médio**. 2006. 234 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de Brasília, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Brasília, 2006. Disponível em:

<https://www.btdeq.ufscar.br/teses-e-dissertacoes/criterios-para-avaliacao-de-livros-didaticos-de-quimica-para-o-ensino-medio>. Acesso em: 08 out. 2023.

SANTOS, K. C. dos. **Diálogo: ciências da natureza e suas tecnologias: O universo da ciência e a ciência do universo**. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.

SANTOS, A. C. T. dos; SIQUEIRA, M. A Mecânica Quântica nos livros didáticos aprovados pelo PNLD 2018 e 2021: Uma comparativo a partir da Transposição Didática. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 4, p. 402 – 411, 2023. Disponível em:

<https://if.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/1295>. Acesso em: 18 jan. 2024.

SILVA, S. V. da; ZACARIAS, S.; QUARESMA, J. [BNCC Ensino Médio] Edital do PNLD para o Ensino Médio. Base Nacional Comum Curricular – BNCC – Base Nacional Comum Curricular, 2020. 1 vídeo (1h27min30s). Disponível em:

https://www.youtube.com/watch?v=2JkU2JEilk&ab_channel=BaseNacionalComumCurricular-BNCC. Acesso em: 19 set. 2023.

SOUSA, W. B. de. **Física das Radiações: uma proposta para o Ensino Médio**. 2009. 248 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, Instituto de Física, Faculdade de Educação, São Paulo, 2009. Disponível em:

<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-17092012-141621/pt-br.php>. Acesso em: 07 dez. 2023.

TAMANINI, P. A.; NORONHA, V. M. G. O ensino de história e a BNCC: livros didáticos sob uma análise comparativa. **Revista Teias**, v. 20, n. 57, abr-jun. 2019. DOI:

<https://doi.org/10.12957/teias.2019.39102>.

TEIXEIRA, E. S.; PEDUZZI, L. O. Q.; FREIRE JR., O. Os caminhos de Newton para a Gravitação Universal: Uma Revisão do Debate Historiográfico entre Cohen e Westfall. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 2, p. 215 – 254, ago. 2010. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2010v27n2p215>.

THOMPSON, M. *et al.* **Conexões: ciências da natureza e suas tecnologias: Terra e equilíbrios**. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2020.