

Contextualização histórica da Lei de Hubble em livros didáticos de Física do PNLD 2018

Ana Maria Bojarski¹
Karlinne Lisandra Devegili²
Ivani Teresinha Lawall³

Resumo: O presente trabalho tem por objetivo identificar como os aspectos históricos e a construção do conhecimento físico sobre o tema Lei de Hubble são apresentados nos Livros Didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro e Material Didático (PNLD) de 2018. Como instrumento de análise, foi utilizado um recorte da ferramenta proposta por Tacla e outros autores. Das coleções aprovadas, analisaram-se as seis que apresentam os conceitos sobre a Lei de Hubble. Nessas coleções, foi possível perceber que as questões históricas são introdutórias ao estudo do assunto, indicando apenas o cientista e a Lei. Em geral, não motivam os estudantes em aulas mais reflexivas, na compreensão de dogma, sistema de crença, racionalidade científica e valorizar os aspectos internos do trabalho científico.

Palavras-chave: Livro Didático. Lei de Hubble. PNLD. Física Moderna e Contemporânea. História da Ciência.


Historical Contextualization of Hubble's Law in Physics Textbooks of the PNLD 2018


Abstract: The present work aims to identify how the historical aspects and the construction of physical knowledge, on the subject of Hubble's Law, are presented in the Textbooks approved by the National Program for Books and Teaching Material of 2018. As an instrument of analysis, a segment proposed by Tacla and other authors, which contains three other categories, in addition to this one. From the approved collections, just six of them presents the concepts about Hubble's Law were analyzed. In these collections, the historical questions are introductory to the study of the subject, indicating only the scientist and the Law. In general, they don't motivate students in more reflective classes, in the understanding of dogma, belief system and scientific rationality and in valuing the internal aspects of scientific work.


Keywords: Textbook. Hubble's Law. PNLD. Modern and Contemporary. History of Science.

Contextualización histórica de la Ley de Hubble en los libros de texto de física del PNLD 2018

Resumen: El presente trabajo tiene como objetivo identificar cómo los aspectos históricos y la construcción del conocimiento físico, en el tema de la Ley de Hubble, son presentados en los Libros de Texto aprobados por el Programa Nacional de Libros y Material Didáctico de 2018. Como instrumento de análisis se realizó un recorte de la herramienta propuesta por Tacla e outros autores. De las colecciones aprobadas, se analizaron las seis que presentan los conceptos de la Ley de Hubble. En estas

¹ Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) — Joinville (SC), Brasil. ✉ ana.bojarski@edu.udesc.br 
<https://orcid.org/0000-0001-6508-221X>.

² Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) — Joinville (SC), Brasil. ✉ karlinnedevigili@gmail.com 
<https://orcid.org/0000-0002-9662-4816>.

³ Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC) — Joinville (SC), Brasil. ✉ ivani.lawall@udesc.br 
<https://orcid.org/0000-0001-5753-1230>.

colecciones, las cuestiones históricas son introductorias al estudio del tema, señalando sólo al científico y al Derecho. En general, no motivan a los estudiantes en clases más reflexivas, en la comprensión del dogma, el sistema de creencias la racionalidad científica y en la valoración de los aspectos internos del trabajo científico.

Palabras clave: Libro de Texto. Ley de Hubble. PNLD Física Moderna y Contemporánea. Historia de la Ciencia.

1 Introdução

No Brasil, os Livros Didáticos (LD) são entendidos como agentes culturais e têm como objetivo instruir e assessorar os docentes de diversas áreas do conhecimento. Somando-se ao contexto social e histórico, para Choppin (2004), Martins e Garcia (2017b) e Aguiar e Garcia (2017), o LD surge como um elemento da cultura escolar que cumpre suas funções quanto aos sentidos e significados que lhe são atribuídos, como: Função Referencial: base dos conteúdos curriculares; Função Instrumental: proposição de atividades; Função Ideológica e Cultural — “configuração e confirmação da língua, da cultura e dos valores das classes dirigentes” (MARTINS e GARCIA, 2017b, p. 49); Função Documental — propicia documentos textuais ou icônicos, no qual sua observação e confrontação podem desenvolver a construção do espírito crítico do aluno.

Enfatiza-se que essas são funções que podem ser mapeadas no LD, mas dependem ainda de como o professor se apropria dele para o desenvolvimento de suas aulas, além do significado que o docente atribui às orientações indicadas no manual do professor e de como aprofundar ou não os aspectos de História da Ciência (HC).

Refletindo sobre o LD específico para a área das Ciências da Natureza, conforme Santos (2006), algumas coleções buscam apresentar o conhecimento científico como algo pronto, neutro e sem contextualização histórica, o que pode proporcionar uma visão deturpada de como é feita a produção científica. O LD, nesse caso, deve compreender o conhecimento científico produzido por seres humanos suscetíveis a ideologias, crenças e/ou influências externas.

Ao se ater ao critério de análise dos aspectos históricos da construção do conhecimento, estudos indicam uma importante relação entre o uso da HC com a apropriação de Ciências por parte dos alunos. Isso porque, ao introduzir episódios históricos nos materiais de sala de aula de Ciências, é possível proporcionar o entendimento da construção do conhecimento científico como uma ação humana

decorrente de interpretações de pesquisadores e influências contextuais, além de evidenciar a ocorrência da evolução das ideias de forma não linear (CARVALHO e SASSERON, 2010; DA SILVA, PIRES e MANZKE, 2018; NUNES, QUEIRÓS e DA CUNHA, 2021; ROCHA, 2017).

A partir dos estudos realizados por Soares e Alvim (2020) e Macedo, Alves e Barroso (2020), ressalta-se, ainda, a necessidade de um olhar mais contextualizado historicamente, orientado de maneira a desenvolver uma compreensão desse conhecimento em sua parte cultural, na qual resgata-se, em uma educação problematizadora, elementos sociais de sua época. Aproxima-se, assim, a prática científica de uma análise em relação aos impactos proporcionados na sociedade e no desenvolvimento tecnológico, afastando-se de um discurso resumido a feitos científicos.

Tal perspectiva também é compartilhada pelas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+), que afirma a necessidade de o estudante “compreender o conhecimento científico e tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social” (BRASIL, 2002). Ao considerar o fato das mudanças promovidas com a Lei 13.415, de 2017, na reforma da Educação Básica e o conjunto de orientações para o desenvolvimento de competências e habilidades almejadas nas componentes curriculares da atual Base Nacional Comum Curricular (BNCC), opta-se aqui pela análise dos LD escolhidos para o Programa Nacional do Livro e Material Didático (PNLD) de 2018 com base nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Trata-se de um marco transitório, pois, na elaboração das coleções aprovadas no PNLD de 2018, a BNCC ainda não havia sido homologada.

Diante disso, a proposta do trabalho é identificar como os aspectos históricos e a construção do conhecimento físico sobre o tema *Lei de Hubble* são apresentados nos LD aprovados pelo PNLD de 2018. Buscou-se a análise a partir da utilização do instrumento proposto por Tacla *et al.* (2015), bem como a abordagem da Lei de Hubble, tema pertencente à área de Cosmologia e Astrofísica, presente nos LD e como ela é contextualizada.

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria [...]. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os

modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas (BRASIL, 2002, p. 19).

Indica-se, como contextualização, em consonância com os documentos aqui retratados, que não é apenas a utilização das situações vivenciadas diretamente pelos estudantes, mas também trazer os temas contemporâneos presentes no entendimento do mundo microscópico e macroscópico.

Conforme Assunção e Nascimento (2019), observa-se que as expectativas associadas aos PCN sobre os LD são contempladas de maneira a promover o ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC) voltado ao cotidiano do estudante. Contudo, a rigidez didática do professor não contempla a abordagem de tais temas em sala de aula. Assunção e Nascimento (2019) afirmam:

Pois de um lado temos professores formados que são conservadores de modo a não aderirem às novas tecnologias de comunicação e informação e não se adaptarem as demandas atuais. Do outro lado, temos os cursos e programas de formação de professores que não atribuído significado efetivo a necessidade de preparar o aluno para as demandas sociais presentes e futuras (p. 14).

Os autores acrescentam às características indicadas acima a falta de diálogo entre a proposição encontrada no Livro Didático e a forte relação de um ensino conteudista, voltado para a preparação de exames vestibulares.

2 Livro didático e a história da Ciência

As concepções sobre os LD, seus objetivos e configuração, apresentam modificações devido às ações governamentais que regulamentam esse material até hoje por meio do PNLN, criado em 1985. O objetivo do programa é distribuir e estabelecer critérios de avaliação e classificação de LD para facilitar a seleção pelos professores.

Para melhor compreensão sobre o Livro Didático de Física, é necessário entender um pouco mais de sua história e, também, o contexto ao qual seu desenvolvimento apresenta correspondência. Para a conjuntura brasileira, Martins e Garcia (2017a) traçam períodos de influências e caracterizações dos LD de Física. O primeiro — indicado pelo período do século XX até aproximadamente 1950 —, é caracterizado por traduções de obras, em grande parte, francesas, nas quais os conteúdos são apresentados de maneira enciclopédica, de cunho propedêutico (instrução marcante por ser de caráter introdutório e geral). Segundo Martins e Garcia

(2017a, p. 39), “as obras didáticas eram destinadas de maneira indiscriminada tanto a alunos quanto a professores, não estando presentes, neste momento, versões exclusivas a uns e a outros”. A partir da fala dos autores, percebe-se o caráter consultivo da obra. Ainda assim, Garcia (2017) destaca que, mesmo se tratando de traduções, a concepção humanista dos textos influenciou “o modo de pensar a educação nacional” (GARCIA, 2017, p. 516).

Já no segundo momento indicado como sendo de 1950 até, aproximadamente, 1990, é marcante a influência anglo-saxônica. De acordo com Martins e Garcia (2017a), faz-se necessário lembrar que, no início desse período, Estados Unidos e Inglaterra dão início a debates sobre a necessidade de renovar o Ensino de Ciências em decorrência da chamada corrida espacial e armamentista na Guerra Fria, contexto que promove o desenvolvimento de projetos de Ensino de Ciências que alteram o caráter dos conhecimentos de referência e sua adequação ao espaço escolar. Destaca-se, para esse período, a presença da separação de obras produzidas para o professor — o Guia do Professor — e textos destinados exclusivamente aos alunos, influenciados por esse momento de descentralização do docente, buscando centralizar no aluno o processo de ensino-aprendizagem.

Os LD desse período trazem maior abertura para resolução de exercícios e sugestões de atividades experimentais de simples execução. Contudo, ao final, Garcia (2017) traz a influência da industrialização em nosso país, no qual uma parcela dos estudantes — visando a continuidade dos estudos num nível superior — buscam uma preparação para o processo de seleção, tal tendência refletida nas atividades apresentadas nos LD do final deste período.

No terceiro período mapeado por Martins e Garcia (2017a), de 1990 até os dias atuais, é marcado pelas profundas mudanças na sociedade brasileira a partir da redemocratização. Nesse período que não se mostra presente a influência internacional nos LD de Física. Evidencia-se que, de acordo com Garcia e Garcia (2017) é nessa época que a disciplina de Física é contemplada no PNLD, e os livros do conteúdo são distribuídos nas escolas públicas, em 2009.

Para o Ensino de Física, ao abordar os conteúdos escolares numa perspectiva histórico-filosófica, somam-se elementos da origem e do desenvolvimento dos conceitos científicos, além da oportunidade em se discutir as relações presentes em Ciência, Tecnologia e Sociedade. Matthews (1995) e Rocha (2017) apontam

contribuições para o Ensino de Ciências na compreensão de conceitos, leis, modelos e teorias científicas no uso de uma abordagem da HC, como: ao motivar os estudantes em aulas mais reflexivas; na compreensão de dogma, sistema de crença e racionalidade científica; ao valorizar os aspectos internos do trabalho científico: natureza do problema, importância dos experimentos, o formalismo matemático e a evolução do conhecimento; e como ocorrem as mudanças de paradigma.

Carvalho e Garcia (2015) traçam alguns indicadores da presença de HC em LD, envolvendo aspectos internos (próprios da gênese e desenvolvimento dos conceitos científicos) e externos (relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade). Desse modo, o LD de Física deve destacar o desenvolvimento de uma teoria como a colaboração de várias pessoas, indicando um desenvolvimento coletivo e de comunicação. Bem como, a apresentação do registro de atividades que constituem o trabalho científico, de maneira experimental, matemático ou de observação. Ademais, o processo de descrição da construção da ciência, evidenciando os erros e acertos, “caracterizada pela cumulatividade, pelos antagonismos e controvérsias que marcaram as disputas de grupos e comunidade científicas pela aceitação ou rejeição de determinadas hipóteses e teorias” (CARVALHO e GARCIA, 2015, p. 200).

Ao evidenciar a importância da abordagem da HC e o reconhecimento de seus elementos nos LD, tem-se uma questão básica: quanto aprofundar sobre determinado conteúdo em tais aspectos? Para Canhete e Garcia (2017), ao investir em alguns conceitos, opta-se por parte desse legado construído diante de interesses sociais e legais, num processo contínuo de seleção e resseleção. Destaca-se tal seleção dentro dos critérios eliminatórios indicados no Guia dos Livros Didáticos do PNLD 2018:

Utiliza abordagens do processo de construção das teorias físicas, sinalizando modelos de evolução dessas teorias que estejam em consonância com vertentes epistemológicas contemporâneas; (...) Apresenta os conteúdos conceituais da Física sempre acompanhados ou partindo de sua necessária contextualização, seja em relação aos seus contextos sócio-cultural-histórico-econômicos de produção, seja em relação a contextos cotidianos em que suas utilizações se façam pertinentes, evitando a utilização de contextualizações artificiais para esses conteúdos (BRASIL, 2017, p. 19-20).

É interessante perceber que os saberes científicos adaptados para os LD não seguem uma descrição diretiva, cabe ao professor adequar seu planejamento a uma situação de desafio cognitivo. Mas, certamente, ao escolher um LD que se afaste de uma tendência puramente tecnocrática e se aproxime de uma contextualização

histórica e filosófica, o professor conta com possibilidade de que os textos contribuam para cidadãos escolarizados que sejam habilitados em ler o seu contexto cientificamente.

Conforme Martins (2006), existem grandes barreiras para que uma disciplina desempenhe seu papel no ensino. Um desses obstáculos é a desqualificação de materiais didáticos utilizados. De acordo com o autor, os LD frequentemente não trazem aspectos importantes da HC, sobre o modo de como teorias e conceitos se desenvolvem, como os cientistas exercem sua profissão, quais ideias eram aceitas e hoje não são mais e quais as relações existentes entre ciência, filosofia e religião.

Devido à escassez de profissionais com formação adequada em História da Ciências, as produções literárias desenvolvidas por escritores improvisados transmitem não apenas informações erradas, mas “deturpam totalmente a própria natureza da ciência” (MARTINS, 2006, p. 24). Além disso, livros sobre a HC devem ser produzidos a partir de pesquisa de diversos estudos já realizados e a partir da leitura de obras originais denominadas fontes primárias. Doravante, os estudos desenvolvidos por pessoas com formação adequada a partir de episódios históricos transmitem concepções sobre a construção do conhecimento científico dentro de um processo social, coletivo e gradativo, formando uma visão mais correta e real da natureza da ciência (MARTINS, 2006).

3 Lei de Hubble

Conforme explanado por Martins (2006) ao trazer o estudo da Lei de Hubble com base na transposição didática, Batista *et al.* (2022) sugerem que os LD abordem o fenômeno de *redshift* e *blueshift* e as contribuições dos cientistas envolvidos nos estudos da luz emitida pelos astros, bem como as discordâncias e transições sobre espectros de fontes em repouso, em aproximação e afastamento (Efeito Doppler Relativístico), distanciando da concepção de que a Lei de Hubble seria uma simples resposta para a solução das equações de campo da Relatividade Geral.

Partindo dos estudos de Picazzio (2011) e Batista *et al.* (2022) sobre a construção da Lei de Hubble, a imutabilidade cósmica ainda era considerada até meados do século XX, porém esse cenário muda quando, em 1908, a astrônoma estadunidense Henrietta Leavitt (1868-1921) descobre uma correlação entre o período de pulsação e a luminosidade das estrelas Cefeidas. Alguns anos depois, o cientista

norte-americano Vesto M. Slipher (1875-1969), em 1913, ao estudar o espectro de diversas nebulosas, percebeu que as linhas espectrais estavam deslocadas para o vermelho (*redshift*) ou para o azul (*blueshift*). Interpretando esses deslocamentos por meio do Efeito Doppler, indicava que esses corpos estavam se afastando ou se aproximando da Via Láctea. Os resultados de Slipher contrariavam a ideia de que estaríamos fixos no espaço e acarretou diversas críticas ao seu trabalho.

Em contrapartida, o físico e teórico alemão Albert Einstein (1879-1955), em 1915, publica o desenvolvimento da Teoria da Relatividade Geral e, em 1917, publica o artigo “Considerações Cosmológicas na Teoria da Relatividade Geral”, no qual desenvolve um modelo cosmológico estático. No mesmo ano, o físico e astrônomo holandês Willem De Sitter (1872-1934) propôs um novo modelo de universo, também estático, porém capaz de prever o *redshift* proporcional a distância, conhecido como Efeito de Sitter. Tal proposta causou interesse na comunidade acadêmica e ocasionou diversos estudos sobre a relação *redshift*-distância (PICAZZIO, 2011; BATISTA *et al.* 2022).

Em paralelo a esses estudos e de forma independente, no ano de 1923, o astrônomo norte-americano Edwin P. Hubble (1889-1953) encontrava-se no Observatório de Mount Wilson, trabalhando com um telescópio conhecido como Hooker, considerado, naquela época, o maior do mundo. Em 1928, Hubble direcionou seus estudos para o Efeito de Sitter. Ele conseguiu estabelecer uma relação linear entre o *redshift* (desvio do espectro para o vermelho) e a distância das galáxias de forma precisa e confiável. Essa relação ficou conhecida como “Lei de Hubble” e explicita que quanto mais longe a galáxia estiver, maior a velocidade com que ela se afasta de nós. Tal lei também pode ser expressa matematicamente pela relação: $V=H_0.D$, na qual H_0 representa a constante de Hubble. Tais contribuições foram interpretadas como consequências da expansão do Universo atribuídas mais tarde aos trabalhos de Alexander Friedmann (1888-1925) e George Lemaître (1894-1966) (PICAZZIO, 2011; BATISTA *et al.*, 2022).

4 Procedimento metodológicos

Este trabalho faz parte do projeto de pesquisa intitulado “Física Moderna e Contemporânea nos livros didáticos de Física: uma análise a partir da Transposição Didática”, desenvolvido por professores da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC) e integrantes do Grupo de Estudo e Pesquisa em Ensino de Física e

Tecnologia (GEPEFT) do Centro de Ciências Tecnológicas da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC). A proposta deste trabalho tem caráter qualitativo, segundo Cohen, Manion e Morrison (2001) e Bogdan e Biklen (1994).

O instrumento utilizado para realizar a análise dos LD foi elaborado por Tacla *et al.* (2015) a partir de trabalhos de Santos (2006) e Menestrina (2008), utilizados como suporte teórico-metodológico. No instrumento, a análise apresenta quatro categorias, as quais possuem uma porcentagem de relevância: linguagem dos textos (10%); livro do professor (20%); aspectos históricos da construção do conhecimento físico (25%) e a abordagem e contextualização de Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) (45%). Para o desenvolvimento dessa investigação, é feito um recorte para a relevância dos aspectos históricos da construção de conhecimento físico. Tal delineamento expõe a necessidade da continuidade de futuras propostas de análise para os outros tópicos.

Das doze coleções aprovadas pelo PNLD de 2018, foi possível observar que as indicações que compreendem temas sobre Cosmologia e Astrofísica relacionadas à Lei de Hubble concentram-se apenas em seis coleções e no terceiro volume. As coleções foram nomeadas de acordo com a ordem de distribuição de C-01 até C-12, descritas no Quadro 1.

Quadro 1: Descrição das coleções analisadas

Coleção	Autores	Sigla
Ser protagonista	Fkui, Moltina e Válio <i>et al.</i> (2016)	C-03
Física	Doca, Biscuola e Bôas (2016)	C-06
Física Ciência e Tecnologia	Torres, Ferraro, Soares e Penteado (2016)	C-07
Física Contexto e Aplicações	Máximo, Alvarenga e Guimarães (2016)	C-08
Física em Contexto	Pietrocola <i>et al.</i> (2016)	C-09
Física	Guimarães Piqueira e Carron (2016)	C-12

Fonte: Elaboração própria (2022)

Os resultados serão apresentados apenas conforme os itens da terceira categoria “Aspectos históricos da construção do conhecimento físico”, que são: i — *O Livro Didático valoriza a evolução das ideias para construção do conhecimento físico*; ii — *O Livro Didático incita as comparações entre as concepções prévias dos alunos com as concepções vigentes em determinadas épocas históricas*; iii — *O Livro Didático mostra o caráter hipotético das ciências e as limitações de suas teorias e seus problemas pendentes de soluções*; iv — *O conhecimento físico é apresentado*

como modelo que indica o caráter transitório das ciências; v — O Livro Didático evita a compartimentalização dos conceitos, abordando-os em diferentes contextos e/ou situações do cotidiano; vi — O Livro Didático apresenta uma abordagem do conhecimento com a valorização de uma visão interdisciplinar. Diante disso, foram indicados valores entre 0 e 4 para cada item: 0 — Não se aplica; 1 — Irrelevante; 2 — Pouco Relevante; 3 — Relevante; e 4 — Muito Relevante.

As análises dos itens encontrados nos LD são apresentadas de forma descritiva e por meio de exemplos. Assim, verifica-se de que forma o LD pode ser aliado ao ensino da temática sobre a Lei de Hubble a partir dos aspectos históricos da construção do conhecimento físico.

5 Análise de discussão dos resultados

Respondendo ao objetivo deste estudo, a análise apresentada será de acordo com os itens da categoria “Aspectos históricos da construção do conhecimento físico”.

5.1 O livro didático valoriza a evolução das ideias para construção do conhecimento físico

Para o primeiro item do instrumento de análise, buscou-se verificar a exposição de uma narrativa de cunho histórico, no qual almeja-se que o texto sobre a Lei de Hubble responda a um problema vigente, com a evolução de um perfil de concepções, afastando-se da linearidade composta por apenas a substituição de ideias cada vez mais complexas e mais adequadas cientificamente, escondendo as idas e vindas presentes no caráter científico (MORTIMER, 1996, p. 23). Ademais, observa-se as evidências do caráter coletivo da construção do conhecimento científico e as relações entre as grandezas físicas.

No índice 2 — *Pouco Relevante*, ao evidenciar a Lei de Hubble, um dos exemplares restringe à menção de proporcionalidade entre velocidade e distância (C-08); outros argumentam sobre as relações entre velocidade e distância além da justificativa pela inserção da constante de Hubble (C-03 e C-07). Há uma diversificação de representações ao destacar a linearidade entre as grandezas de forma gráfica (C-03). Existe indicação ao *redshift* e o *blueshift* e atribuição aos cientistas envolvidos, mas não há aprofundamento da importância do fenômeno para o desenvolvimento da pesquisa de Hubble e existe pouco aprofundamento das contribuições de outros cientistas (C-03).

Já para os exemplares C-06 e C-12, situados no índice 3 — *Relevante*, no contexto geral há um breve exercício de transposição em como culturas mais antigas percebiam o Universo (C-12). Para o exemplar C-06, a descoberta de Hubble é indicada nos tópicos: “A Lei de Hubble e Intersaberes” e “Efeito Doppler luminoso”. Os autores detalham a importância do Efeito Doppler nas observações feitas por Hubble:

Ele atribuiu esse deslocamento, conhecido por redshift, ao efeito Doppler da luz (...): como as linhas espectrais da luz das galáxias são recebidas aqui com frequências reduzidas, ele concluiu que há um movimento relativo de afastamento entre as galáxias e a Terra (C-06, p. 263).

Apesar dos exemplares trazerem um maior detalhamento sobre o trabalho de Hubble, os LD não expuseram ideias discordantes ou contribuições anteriores, contudo, indicam a natureza da relação entre a velocidade e distância percebida, além de descreverem o significado da constante de Hubble.

Para o exemplar C-09, situado no índice 4 — *Muito Relevante*, no tópico “Os espectros das galáxias e a expansão do Universo”, mesmo que sucintamente, indicam a contribuição de trabalhos anteriores como o de Vesto M. Slipher que:

Em 1912, [...] observou que as linhas de absorção correspondentes à série de Balmer estavam em posição diferente da esperada em espectros provenientes de várias galáxias. Isto é, as linhas encontravam-se deslocadas em direção à região do vermelho quando comparadas com uma fonte em repouso (C-09, p. 167).

Verifica-se, também, nesse exemplar, um detalhamento sobre os desvios observados em consequência do movimento relativo entre emissor e fonte, conforme Picazzio (2011) e Batista *et al.* (2022) sugerem. Como em outros exemplares, apresenta-se a contribuição de Hubble e sua proposição para a relação entre velocidade e distância, além da constante de proporcionalidade.

Dos exemplares escolhidos para o PNLD que mencionaram a Lei de Hubble mesmo que sucintamente, a importância dos aspectos de proporcionalidade entre as grandezas físicas sobrepôs o problema físico observado. Os principais elementos que favorecem o entendimento de como Hubble teria chegado à sua ideia central e quais contribuições anteriores tornaram-se essenciais para sua descoberta foi ocultado em grande parte dos exemplares.

5.2 O livro didático incita as comparações entre as concepções prévias dos alunos com as concepções vigentes em determinadas épocas históricas

Por meio deste item, tenta-se verificar se o LD apresenta concepções prévias que são representações construídas pelos indivíduos de uma sociedade (FLORENTINO, 2004; MENDES e CARDOSO, 2009). Neste item, as coleções C-03, C-06, C-09 e C-12 são avaliadas como 2 - *Pouco relevante*, enquanto as coleções C-07 e C-08 como 1 — *Irrelevante*, pois não incitam as comparações prévias dos alunos com as concepções vigentes. A coleção C-03 não mostra a discussão no capítulo, mas apresenta uma proposição na seção intitulada “Projeto 2: comparações entre Física Clássica e Física Moderna: duas visões que influenciam a nossa época”:

Neste projeto você e sua turma vão organizar uma entrevista coletiva com três especialistas: um físico, um filósofo e um especialista em literatura. Para isso, será necessário pesquisar as concepções filosóficas que fundamentam o pensamento da Física clássica e as concepções presentes na Física moderna, bem como suas influências na Filosofia e na Literatura. Depois da pesquisa, o grupo deve preparar as perguntas a serem feitas para cada um dos especialistas (C-03, p. 272).

Já a coleção C-06 apresenta a discussão sobre o estranhamento da teoria de quantização de Planck (C-06, p. 253). Quando propôs sua teoria, nem ele acreditava que o *quantum* fosse algo real, chegando a confessar que concebeu essa ideia em um “ato de desespero”. Segundo ele: “[...] era uma hipótese puramente formal, e não lhe dei muita atenção, adotando-a por que era preciso, a qualquer preço, encontrar uma explicação teórica” (C-06, p. 251).

Na coleção C-09 tem a indicação da percepção que o estudante pode observar ao aquecer as mãos próximo a uma lâmpada, mas não a concepção do aluno sobre o que foi observado (C-09, p. 155). Além disso, apresenta a ideia de Espectro Contínuo e Descontínuo (C-09, p. 159). A coleção C-12 não contextualiza as concepções dos estudantes, mas traz referência a outras culturas, como: mexicanas; chinesas e hindu (C-12 p. 254), em relação ao momento de criação do Universo. Entretanto, não faz referência ao tratar dos conceitos da Lei de Hubble.

Para as coleções C-07 e C-08, nas quais a avaliação foi 1 — *Irrelevante*, observa-se que a C-07 apresenta os conceitos e a equação e alguns questionamentos sobre a expansão universo (C-07, p. 255), enquanto a C-08 apenas traz referências para dizer que Einstein lamentou não ter previsto a expansão do Universo (C-08 p. 255), e não apresenta a equação ou mesmo realiza uma discussão.

Em relação ao resultado geral obtido nesse critério, verifica-se um indício da discussão de Martins (2006) sobre a limitação dos materiais didáticos em trabalhar

aspectos históricos científicos. Ou seja, não há um debate pertinente sobre o desenvolvimento das teorias, suas complementações ou refutações, as circunstâncias que permeiam o trabalho científico e influências de contextos histórico-sociais externos. Um dos indicativos para que a comparação entre as concepções prévias dos alunos com as concepções vigentes em determinadas épocas históricas não ocorra pode ser oriunda de conceitos muito abstratos ou teóricos da Lei de Hubble.

Observa-se que C-03, C-06, C-07, C-08 e C-12 não incitam as comparações entre as concepções prévias dos alunos e as concepções vigentes em determinadas épocas históricas (item 2), nem em atividades, nem no decorrer do texto. Seriam necessárias pesquisas sobre as concepções dos discentes quanto ao tema para observar o desenvolvimento de tal aspecto. O livro poderia auxiliar em uma visão mais geral, contudo, concepções espontâneas dependem de cada indivíduo e podem ser trabalhadas de maneiras diferentes em sala de aula, de acordo com o professor. Observa-se, então, a ausência de um elemento considerado relevante para o processo de escolarização (CLEMENT, DUARTE e FISSMER, 2010).

5.3 O livro didático mostra o caráter hipotético das ciências e as limitações de suas teorias e seus problemas pendentes de soluções

Neste terceiro item, tenta-se observar a Ciência como fruto da construção humana, sujeita a influências de fatores sociais, econômicos e culturais de sua época (KOEPEL, 2003), além de compreender as teorias como modelos de caráter hipotético (NÚÑEZ, NEVES e RAMALHO, 2003). Na análise das coleções, C-03, C-06, C-09 e C-12 apresentam-se como 3 - *Relevante*, enquanto as coleções C-07 e C-08 são 2 — *Pouco Relevante*.

A coleção C-03 apresenta as “Contribuições de Harlow Sharpley (1885-1972) e Hubble”, na qual é calculada a distância até Andromeda. Na sequência, tem-se a “Expansão do Universo”, em que apresenta a equação e o gráfico, descrevendo a “Constante de Hubble”, explicita o “Big Bang”, uma discussão sobre a “Energia Escura” e uma explanação sobre “Modernas teorias do Universo” (C-03, p. 263) sem apresentar a discussão sobre o caráter hipotético das ciências.

Na coleção C-06, ao retratar conceitos de FMC, é perceptível, no tópico 12, as quatro forças fundamentais da natureza na busca por avançar em uma teoria de unificação (C-06, p. 278), além de apresentar uma menção ao *redshift* e *blueshift*.

A coleção C-07, no seu capítulo sete — intitulado “Física Nuclear” —, apresenta alguns tópicos sobre Física Moderna e Contemporânea. No tópico 11 — “Um pouco de cosmologia” — indica a teoria do Big Bang, cita a expansão do Universo e apresenta a lei de Hubble, destacando somente o valor da constante de Hubble (C-07, p. 255). Outra citação que aparece ao indicar o Efeito Doppler Relativístico indica o desvio para o vermelho e azul, sem aprofundamento (C-07, p. 196).

A coleção C-08 discorre sobre a teoria da relatividade geral, cita que Hubble descobriu que o Universo está em expansão (C-08, p. 255), sem fazer outras menções. Enquanto isso, a coleção C-09 mostra a discussão sobre o Modelo de comportamento do Corpo Negro (C-09, p. 156). Também fica explícito a relação sobre *redshift* e a Expansão do Universo, conforme texto abaixo:

Esse fenômeno também ocorre com a luz. Mas, no caso das ondas luminosas, quando há aproximação entre observador e fonte, detecta-se esse efeito por meio do desvio das linhas espectrais para o azul, também conhecido como blueshift. Quando ocorre afastamento, há o desvio para o vermelho, também denominado redshift. Entretanto, diferentemente do caso sonoro, o efeito Doppler para a luz só é perceptível para fontes cuja velocidade é elevada (C-09, p. 166).

A coleção C-12, no capítulo 11, tópico 4, ao discutir o Universo, apresenta um item sobre “Universos em expansão”, retrata um espectro de emissão, citando Hubble ao analisar a luz emitida por galáxias distantes, definindo o *redshift* e o *blueshift*. Na sequência, retrata a teoria do Big Bang e, ademais, apresenta um item chamado “Em construção”, que traz a biografia de Hubble, sua formação e seus estudos além das contribuições e sua versatilidade. Também, evidencia exercícios e, no livro do professor, indica mais alguns pontos a serem destacados na teoria.

Pode-se observar que as coleções C-03, C-06 e C-07 e, principalmente, C-09 e C-12 auxiliam os estudantes a perceberem que o saber científico não tem sua construção de modo pontual, pois há o desenvolvimento de uma articulação entre as teorias estabelecidas (CARVALHO e SASSERON, 2010). No entanto, essa discussão é muito superficial e precisa de um aprofundamento para mostrar o caráter hipotético das ciências e as limitações de suas teorias e seus problemas.

5.4 O conhecimento físico é apresentado como modelo que indica o caráter transitório das ciências

No quarto item do instrumento de análise, buscou-se verificar, na exposição

histórica em que o texto trata sobre a Lei de Hubble, as controvérsias ou elementos dos quais o modelo anterior se tornou insuficiente, numa transição a um modelo mais adequado. Neste item, a vigilância com relação à inconsistência, já indicada por Batista *et al.* (2022), na cronologia dos fatos e na estrutura textual dos livros, quando a Lei de Hubble teria de forma equivocada sua origem na busca por soluções para equações de campo da Relatividade Geral, ocultando o principal fenômeno observado que teria sido os desvios espectrais. Ademais, conforme Santos (2006), o conhecimento científico não pode ser caracterizado no LD como verdade absoluta ou retrato incondicional da realidade.

No exemplar C-08, situado no índice 2 — *Pouco Relevante*, a única menção ao contexto de desenvolvimento da Lei de Hubble é: “descobriu ao analisar a luz de galáxias distantes, que o Universo está em expansão” (C-08, 2018, p. 255), logo após uma longa exposição do tópico “A Teoria da Relatividade Geral”, sem qualquer indicação dos desvios observados nos espectros.

Já os exemplares situados no índice 3 — *Relevante*, no texto central e em suas atividades, mesmo presente um detalhamento cronológico sobre as contribuições de vários cientistas para as medições das distâncias das galáxias, não há indicação sobre a transição do modelo de um Universo em repouso e um Universo em expansão (C-03; C-06; C-07 e C-12). Mesmo com menções sobre a importância dos espectros observados por Hubble, há pouco detalhamento sobre o significado dos desvios estudados (C-06 e C-07).

Para os exemplares C-06 e C-12, há tópicos sobre o que foi observado por Hubble. Há, também, a menção da importância das análises dos desvios para a proposição de um novo modelo sobre o movimento do Universo. O exemplar C-06 traz uma continuação sobre a proposição do modelo da expansão do Universo no texto “O Universo em constante expansão”. Contudo, os possíveis limites desse modelo são brevemente apresentados como questões do texto complementar, cabendo ao professor e/ou alunos dar continuidade a fim de pesquisar e aprofundar a discussão.

Na coleção C-09, situada no índice 4 — *Muito Relevante*, a Lei de Hubble está inserida como continuação dos estudos sobre espectroscopia, num tópico denominado “Escrito nas Estrelas”, no qual as estrelas são analisadas pela luz emitida, aprofundando sobre espectros de fontes em repouso, em aproximação ou afastamento. Com isso, a ênfase é dada ao desvio *redshift* estudado por Slipher e

Hubble. O LD indica a importância dos estudos de Hubble para novas ideias:

A descoberta de Hubble foi fundamental para o físico ucraniano, [...] George Anthony Gamow, desenvolver a teoria do Big Bang em 1948. A proposição da “Grande Expansão Cósmica” está pautada em três pilares de sustentação: i. Expansão do Universo [...]; ii. Nucleossíntese Primordial [...]; iii. Radiação Cósmica de Fundo [...] (C-09, p.167-168).

Ressalta-se que, para todos os livros observados, pouco foi indicado sobre as limitações do modelo ou sobre as dificuldades/limitações encontradas, trazendo um pouco do caráter de humanização da pesquisa.

5.5 O livro didático evita a compartimentalização dos conceitos, abordando-os em diferentes contextos e/ou situações do cotidiano

De acordo com Japiassu (1994), o saber escolar é apresentado no contexto educacional como fragmentado, constituído de uma “cegueira intelectual”, pois, ao tratar dos problemas reais (indicados nos PCN+), as situações encontradas mostram-se complexas, demandando conexões com várias áreas de conhecimento. Diante disso, estudos afirmam que o conhecimento não deve ser concebido dessa forma e, portanto: “se conecta com outros conhecimentos, estabelecendo relações de proximidade e possibilitando que os sujeitos, com os quais o conhecimento interage, possam questionar as certezas até então encontradas” (DE SOUZA e FAZENDA, 2017, p. 5).

O PCN+ indica a necessidade de promover situações nas quais os alunos reconheçam e avaliem o desenvolvimento tecnológico que o rodeia, ou seja, refletir sobre a presença na vida cotidiana e os impactos na sociedade e, assim, promover uma visão não compartimentada e mais contextualizada (BRASIL, 2002). Nesse sentido, em relação ao quinto item, as coleções que se classificaram como 2 — *Pouco Relevante* foram C-07, C-08 e C-12.

Para tais coleções, as abordagens que relacionam a vivência no cotidiano não trazem relações específicas à Lei de Hubble. Como exemplo, na coleção C-07, ao adentrar o capítulo sete, que aborda Física Nuclear, são trazidas questões relativas ao estudo da matéria e energia escura, remetendo à existência de teorias que ainda estão em desenvolvimento e em como essas descobertas podem interferir na vida das pessoas: “Localizar e analisar essas galáxias escuras nos ajudará a entender do que elas são feitas e como interferem em nossa vida” (C-07, p. 255). Mesmo assim, não estão ligadas à ideia de Expansão do Universo de Hubble.

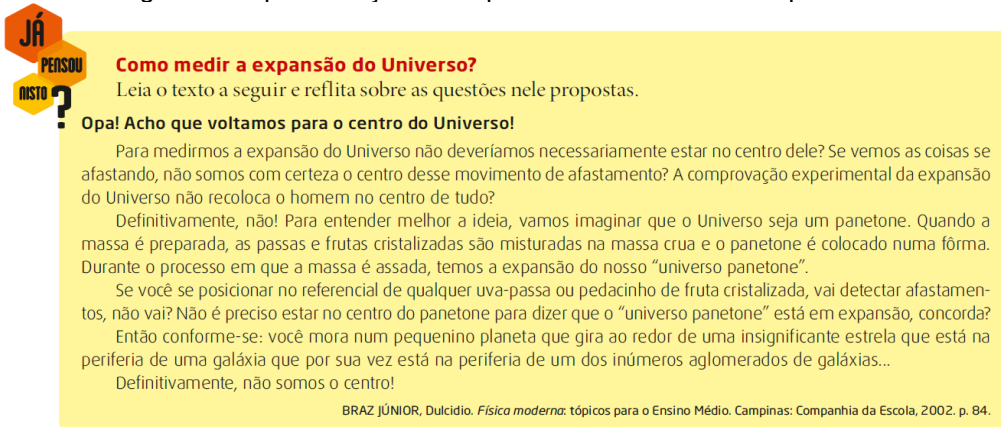
Outro exemplo é a coleção C-12 que traz, na unidade três, um capítulo inteiro referente ao estudo da Cosmologia e Partículas Elementares. Nesse capítulo, é possível associar questões da nossa vivência, ao passo que o LD traz discussões sobre o criacionismo, compartimentando fatos científicos, crenças religiosas e pseudociências (C-12, p. 254). De acordo com Matthews (1995) e Rocha (2017), essas abordagens contribuem para a compreensão da racionalidade científica, além de demonstrar a evolução dos conhecimentos e mudanças de paradigmas que ocorreram no decorrer do tempo.

Nesse mesmo capítulo, são trazidos alguns exercícios que explicitam esse fato, por exemplo: “Atualmente, qual é a importância da Astrologia na vida das pessoas?” (C-12, p. 254), além de propor um trabalho de pesquisa sobre a compreensão de diversas civilizações a respeito da Astronomia (C-12, p. 266), caracterizando a função instrumental do LD, como explica Martins e Garcia (2017b).

Adiante, no mesmo capítulo, são abordadas questões tecnológicas, como o exercício seis, que traz o questionamento: “Considerando as fases da vida de uma estrela, de onde provieram os elementos ouro, chumbo e urânio existentes em nosso planeta?” e o texto “Nasa lança telescópio em busca de nova ‘Terra’” (C-12, p. 261), demonstrando a função documental do LD (MARTINS e GARCIA, 2017b). De maneira geral, essa coleção traz demandas que caracterizam o item em questão, relacionadas ao tema Cosmologia e Astrofísica, porém, sem menções a Hubble e à Expansão do Universo, o que justifica sua relevância de acordo com o instrumento utilizado.

Para as coleções C-03 e C-06, a classificação para esse item foi 3 — *Relevante*, atrelando a elas aplicações cotidianas relacionadas à Lei de Hubble. Na coleção C-03, como uma possibilidade de ilustrar e visualizar a Expansão do Universo por meio de um experimento prático, é sugerido ao estudante desenhar pontos numa bexiga, objeto facilmente encontrado, e, conforme for inserindo ar nela, medir a distância entre os pontos. Tal atividade também sugere a construção de um gráfico linear a fim de calcular a constante de Hubble (PICAZZIO, 2011; BATISTA *et al.*, 2022) aproximada, fazendo claramente uma comparação entre o conhecimento apresentado no LD e os resultados alcançados pelos próprios alunos, demonstrando que o trabalho científico parte de experimentações e observações (CARVALHO e GARCIA, 2015). Em relação à coleção C-06, o LD traz, na forma de texto, uma ilustração/representação da Expansão do Universo atrelado a um panetone, conforme a Figura 1.

Figura 1: Representação da Expansão do Universo com panetone



JÁ PENSOU NISTO?

Como medir a expansão do Universo?
 Leia o texto a seguir e reflita sobre as questões nele propostas.

Opa! Acho que voltamos para o centro do Universo!

Para medirmos a expansão do Universo não deveríamos necessariamente estar no centro dele? Se vemos as coisas se afastando, não somos com certeza o centro desse movimento de afastamento? A comprovação experimental da expansão do Universo não recoloca o homem no centro de tudo?

Definitivamente, não! Para entender melhor a ideia, vamos imaginar que o Universo seja um panetone. Quando a massa é preparada, as passas e frutas cristalizadas são misturadas na massa crua e o panetone é colocado numa fôrma. Durante o processo em que a massa é assada, temos a expansão do nosso "universo panetone".

Se você se posicionar no referencial de qualquer uva-passa ou pedacinho de fruta cristalizada, vai detectar afastamentos, não vai? Não é preciso estar no centro do panetone para dizer que o "universo panetone" está em expansão, concorda?

Então conforme-se: você mora num pequenino planeta que gira ao redor de uma insignificante estrela que está na periferia de uma galáxia que por sua vez está na periferia de um dos inúmeros aglomerados de galáxias...

Definitivamente, não somos o centro!

BRAZ JÚNIOR, Dulcídio. *Física moderna: tópicos para o Ensino Médio*. Campinas: Companhia da Escola, 2002. p. 84.

Fonte: C-06 (p. 264)

A coleção C-09 aparece como 4 — *Muito Relevante*, pois além de indicar os tópicos observados nas demais coleções, sugere exercícios finais do capítulo, atrelados a função instrumental do LD (MARTINS e GARCIA, 2017b). Um, em especial, tem como objetivo especular sobre o funcionamento da espectroscopia e como desvendar os elementos químicos presentes nas estrelas, evitando a compartimentalização dos conceitos (DE SOUZA e FAZENDA, 2017). Tais contribuições, mesmo que de forma individual e não muito extensa, podem despertar no estudante a reflexão sobre a formação da atmosfera terrestre e a vida e morte de estrelas, atrelando-a na profissão de um astrofísico e na valorização de aspectos internos do trabalho científico (MATTHEWS, 1995; ROCHA, 2017).

5.6 O livro didático apresenta uma abordagem do conhecimento com a valorização de uma visão interdisciplinar

Na perspectiva de se trabalhar com a interdisciplinaridade, de acordo com Japiassu (1994), é percebida como uma prática política, pois parte da negociação entre diferentes pontos de vista para propor uma representação mais adequada sobre determinado fenômeno. Ainda nessa perspectiva, o autor afirma:

O que se busca é produzir um discurso e uma representação práticos e particulares dizendo respeito aos problemas concretos. Diante desses problemas, confrontamos e fazemos interagir os pontos de vista ou os discursos das várias disciplinas: sociologia, medicina, antropologia, psicologia, etc. Nessas condições, as práticas interdisciplinaridades podem ser consideradas como negociações entre pontos de vista, entre projetos e interesses diferentes (JAPIASSU, 1994, p. 1).

Nessa direção, Fazenda (2015) também reconhece que a interdisciplinaridade escolar visa favorecer o processo de aprendizagem, respeitando os saberes trazidos

pelos alunos, decorrentes de suas experiências e fortalecendo as noções, habilidades e técnicas. Para essa autora, a prática da interdisciplinaridade no ambiente escolar possibilita a troca entre as disciplinas a partir de seus “pontos de intersecção”. De acordo com o PCN+, desenvolver a interdisciplinaridade significa que é preciso expandir os conhecimentos de cultura geral e prática, dando amplitude e profundidade entre cada área do conhecimento. No documento também consta:

Essa articulação interdisciplinar, promovida por um aprendizado com contexto, não deve ser vista como um produto suplementar a ser oferecido eventualmente se der tempo, porque sem ela o conhecimento desenvolvido pelo aluno estará fragmentado e será ineficaz. É neste contexto que dá efetiva unidade a linguagens e conceitos comuns às várias disciplinas (BRASIL, 2002, p. 31).

Diante dessa introdução ao item seis, com o objetivo principal de caracterizar a representação da interdisciplinaridade dentro dos LD analisados, as coleções classificadas como 2 — *Pouco Relevante* foram C-03, C-06, C-07, C-09 e C-12. Alguns aspectos podem ser discutidos, por exemplo, a coleção C-03 apresenta um projeto de entrevista (C-03, p. 272) com uma possível interdisciplinaridade, trazendo comparações entre a FMC e a Física Clássica, não especificando apenas a Lei de Hubble. Nesse caso, a interdisciplinaridade se encontra nos diversos profissionais que contribuem na entrevista, quais são: professor de Física, de Filosofia e de Literatura. Dessa forma, corrobora-se a perspectiva de Carvalho e Garcia (2007) ao defenderem que o LD deve destacar o desenvolvimento do conhecimento como um trabalho colaborativo, coletivo e de comunicação.

A coleção C-09, capítulo sete, sugere uma atividade sobre o Astrônomo Mirim (C-09, p. 172), contemplando noções que favorecem a interdisciplinaridade, trazendo uma perspectiva de trabalho de um astrônomo e introduz o uso da espectroscopia como instrumento para determinar a composição de estrelas. Esse aspecto pode induzir ao desenvolvimento do espírito crítico do estudante, o qual está sujeito a realizar experimentações e observações com a valorização do trabalho científico (CARVALHO e GARCIA, 2015).

Em contrapartida, a coleção C-08 teve uma discrepância quando comparada com as demais coleções para este item, sendo classificada como 1 — *Irrelevante*. Tal classificação se deu pelo fato de, ao tratar questão sobre Cosmologia e Astrofísica, é abordado a Lei de Hubble de forma abrupta, apenas mencionando o estudo do

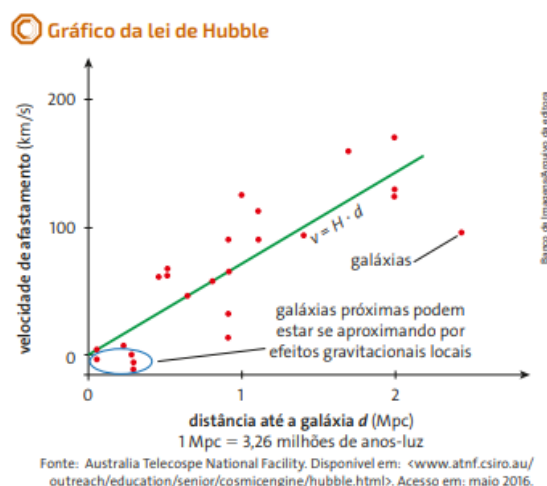
astrônomo, sem expressar a formulação matemática que descreve a lei, dando a entender que as conclusões a respeito da Expansão do Universo surgiram atreladas como consequência dos postulados da Relatividade de Einstein.

Esse fato remete a uma visão da ciência errônea, sem considerar o progresso científico ocorrido no decorrer da história, além de direcionar descobertas científicas a outras pessoas. Como relatado no aporte teórico deste trabalho, conforme Picazzio (2011) e Batista *et al.* (2022), o desenvolvimento da Lei de Hubble e, conseqüentemente, da interpretação da Expansão do Universo é proveniente do estudo da Espectroscopia e do Efeito Doppler para a luz e trazem contribuições de diversos cientistas no decorrer de sua estruturação.

De modo geral, indicações de interdisciplinaridade entre a Física e a Química ou a Física e a Matemática são expressas em todas as seis das coleções analisadas. Em relação a conceitos químicos, a coleção C-06, no decorrer do capítulo 12, traz menções sobre a transição eletrônica de maneira mais aprofundada se comparada à abordagem de outras coleções.

Ademais, a utilização de linguagem matemática é comum para descrever e interpretar a Expansão do Universo, desenvolvida pelo astrofísico Hubble na forma de expressão algébrica e gráficos, conforme a Figura 2.

Figura 2: Gráfico da Lei de Hubble que expressa a Expansão do Universo



Fonte: C-12 (p. 265)

6 Considerações finais

Com o objetivo de identificar como os aspectos históricos e a construção do conhecimento físico sobre o tema *Lei de Hubble* são apresentados nos LD aprovados pelo PNLD de 2018, foi possível observar que:

i — As coleções C-06, C-12 e C-09, situadas nos índices 3 — *Relevante* e 4 — *Muito Relevante*, valorizam a evolução das ideias para construção dos conhecimentos físicos, expõem em seus textos centrais e/ou atividades as contribuições anteriores e os contextos que se tornaram essenciais na descoberta da Lei de Hubble. Para a coleção situada no índice 4 — *Muito Relevante* há um detalhamento sobre os desvios observados em consequência do movimento relativo entre emissor e fonte, conforme Picazzio (2011) e Batista *et al.* (2022) indicam em seus trabalhos.

ii — Em relação às comparações entre as concepções prévias dos alunos com as concepções vigentes em determinadas épocas históricas, é possível perceber uma escassez presente nos LD analisados, sendo que em C-07 e C-08 esse item se apresenta como 1 — *Irrelevante*, e as demais 2 — *Pouco Relevantes*. Destaca-se que C-03, C-06, C-07, C-08 e C-12 não incitam as comparações entre as concepções prévias dos alunos com as vigentes em atividades ou mesmo no decorrer do texto.

iii — O item referente à demonstração do caráter hipotético das ciências e as limitações de suas teorias e seus problemas pendentes de soluções, observou-se que as coleções C-03, C-06 e C-07 e, principalmente, C-09 e C-12 auxiliam os estudantes a perceberem que o saber científico não tem sua construção de modo pontual, há o desenvolvimento de uma articulação entre as teorias estabelecidas (CARVALHO e SASSERON, 2010). Portanto, a maioria das seis coleções apresenta-se 3 — *Relevante* em relação a esse item.

iv — Para a representação de modelos e discussões sobre o caráter transitório das ciências, todas as coleções apresentam este item de forma satisfatória: nas coleções C-03; C-06; C-07; C-12 há indicação das observações feitas com base nos desvios espectrais que levou ao modelo de Universo em Expansão, mas sem mencionar modelos anteriores, deixando ao professor a opção de maior aprofundamento. Já na coleção C-09, há um aprofundamento sobre espectros de fontes em repouso, em aproximação ou afastamento, bem como a indicação da importância dos estudos de Hubble para o desenvolvimento de novos modelos.

v — Na busca por LD que “evitem a compartimentalização dos conceitos, abordando-os em diferentes contextos e/ou situações do cotidiano”, foi possível averiguar que coleções (C-07, C-08 e C-12) apresentaram abordagens que associa a vivência no cotidiano, mas sem relações específicas à Lei de Hubble. Coleções avaliadas como 3 — *Relevante* (C-03 e C-06) trouxeram aplicações cotidianas

envolvendo a Lei de Hubble e, além disso, atividades que possibilitaram a comparação entre o conhecimento apresentado no LD e os resultados alcançados pelos próprios estudantes no decorrer de atividades sugeridas (CARVALHO e SASSERON, 2010). Por fim, a coleção C-09 destacou-se dentre as outras devido às proposições no texto central e em atividades sugeridas, que despertam nos estudantes a valorização do trabalho científico (MATHEWS, 1995; ROCHA, 2015).

vi — Em relação ao item de análise sobre a “*valorização de uma visão interdisciplinar*” do LD, a maioria das coleções (C-03, C-06, C-07, C-09 e C-12) apresentaram pequenas intervenções de caráter interdisciplinar, de maneira opcional, sem enfatizar o trabalho dentro do contexto de sala de aula. Além disso, a coleção C-08 tratou sobre a Lei de Hubble de forma abrupta, apenas mencionando o estudo do astrônomo, sem expressar a formulação matemática que descreve a lei. Ademais, indicações de interdisciplinaridades entre Física e Química ou Física e Matemática são expressas em todas as seis coleções analisadas.

De modo geral, partir da análise, foi possível perceber que as questões históricas sobre a Lei de Hubble são apresentadas como introdução ao estudo do assunto, mas sem promover discussões sobre o desenvolvimento histórico-científico em atividades sugeridas. Destaca-se que as coleções apresentam os temas e estão aptas para uso em sala de aula, a escolha irá depender da preparação do professor.

Referências

AGUIAR, Camila Ferreira; GARCIA, Nilson Marcos Dias. O livro didático no planejamento curricular do professor. In: Nilson Marcos Dias Garcia (Org.). **O livro didático de Física e de Ciências em foco: dez anos de pesquisa**. São Paulo: Livraria da Física, 2017. p. 177-187.

ASSUNÇÃO, Thiago Vicente de; NASCIMENTO, Robson Raabi do. Alfabetização científica e a academia: um olhar sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea na Educação Básica. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 10, n. 3, p. 1-17, abr./jun. 2019.

BATISTA, Lincon; THIARA, Ana Carolina; OLIVEIRA, Daniel; SIQUEIRA, Maxwell. Lei de Hubble em livros didáticos de Física: uma análise a partir da Transposição didática. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, 2022. PRELO.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria aos métodos**. Porto Editora, Porto, 1994.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares**

Nacionais do Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEB, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Programa Nacional do Livro Didático: Guia Digital**. Brasília: MEC/SEC, 2017.

CANHETE, Marcus Vinicius Urbinatti; GARCIA, Nilson Marcos Dias. A presença de inovações nos livros didáticos de Ciências do PNL D. In: Nilson Marcos Dias Garcia (Org.). **O livro didático de Física e de Ciências em foco: dez anos de pesquisa**. São Paulo: Livraria da Física, 2017, p. 237-248.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa; SASSERON, Lúcia Helena. Abordagens histórico-filosóficas em sala de aula: questões e propostas. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. (Org.). **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010, p. 107-140.

CARVALHO, Cristiano; GARCIA, Nilson Marcos Dias. A História da Ciência nos Livros Didáticos de Física. In: EDUCERE Congresso Nacional da Educação, XII, 2015, Curitiba, **Anais...** Curitiba: UFPR, 2015.

CHOPPIN, Alain. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 549-566, set./dez. 2004.

CLEMENT, Luiz; DUARTE, Diego; FISSMER, Sara. Concepções Espontâneas em Física: Calouros de um Curso de Licenciatura. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 3, n. 2, maio/ago. 2010.

COHEN, Louis; MANION, Lawrence; MORRISON, Keith. **Research methods in education**. London: RoutledgeFalmer, 2001.

DA SILVA, Bruno Gomes; PIRES, Maria Delmina; MANZKE, Vitor Hugo Borba. História da Ciência nos Livros Didáticos de Física. **Revista Thema**, Pelotas, v. 15, n. 1, p. 34-43, 2018.

DE SOUZA, Mariana Aranha; FAZENDA, Ivani Catarina Arantes. Interdisciplinaridade, Currículo e Tecnologia: um estudo sobre práticas pedagógicas no Ensino Fundamental. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 12, n. 2, p. 708-721, abr./jun. 2017.

FAZENDA, Ivani Catarina Arantes. Interdisciplinaridade: didática e prática de ensino. **Interdisciplinaridade**, São Paulo, n. 6, p. 9-17, 2015.

FLORENTINO, Adilson. **Fundamentos da Educação I**. Rio de Janeiro: Fundação CECIERJ, 2004.

GARCIA, Tânia Maria Figueiredo Braga; GARCIA, Nilson Marcos Dias. Livros didáticos de Física no Brasil: das políticas nacionais de distribuição gratuita às salas de aula. In: GARCIA, Nilson Marcos. (Org.). **O livro didático de Física e de Ciências em foco: dez anos de pesquisa**. São Paulo: Livraria da Física, 2017, p. 21-34.

JAPIASSU, Hilton. A questão da interdisciplinaridade. **Seminário internacional sobre reestruturação curricular**. Secretaria Municipal de Educação, Porto Alegre, 1994.

KOEPSEL, Raica. **CTS no Ensino Médio: aproximando a escola da sociedade**. 2003. 132f. Dissertação (Mestrado em Educação) — Centro de Ciências da Educação. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

MACEDO, Aline de Alencar; ALVES, Francisco Régis Vieira; BARROSO, Maria Cleide da Silva. Uma análise das categorias da história e filosofia das ciências nos periódicos de Ensino de Ciências. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 11, n. 6, p. 741-760, out./dez. 2020.

MARTINS, Alisson Antônio; GARCIA, Nilson Marcos Dias. Livros Didáticos de Física: políticas públicas, legislação educacional e produção cultural. In: Nilson Marcos Dias Garcia. (Org.). **O livro didático de Física e de Ciências em foco: dez anos de pesquisa**. São Paulo: Livraria da Física, 2017a, p. 35-45.

MARTINS, Alisson Antônio; GARCIA, Nilson Marcos Dias. Livros Didáticos: elementos da cultura escolar, produtos culturais e mercadorias. In: Nilson Marcos Dias Garcia (Org.). **O livro didático de Física e de Ciências em foco: dez anos de pesquisa** São Paulo: Livraria da Física, 2017b, p. 47-55.

MARTINS, Roberto de Andrade. A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, Cibelle Celestino. (Org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para aplicação no Ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006, p. 21-34.

MATTHEWS, Michael. História, filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.

MENDES, Henri Maximiliano; CARDOSO Sheila Pressentim. Análise das concepções prévias dos alunos do 1º ano do Ensino Médio da Rede Pública acerca do Meio Ambiente e Saúde. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, VII, 2009, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFPR, 2009.

MENESTRINA, Tatiana Comiotto. **Concepção de Ciência, Tecnologia e Sociedade na formação de engenheiros: um estudo de caso das engenharias da UDESC Joinville**. 2008. 237f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) — Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

MORTIMER, Eduardo Fleury. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? **Investigações em Ensino de Ciências**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

NUNES, Ricardo Capiberibe; QUEIRÓS, Wellington Pereira; DA CUNHA, Jefferson Adriany Ribeiro. Análise Histórica do Conteúdo de Relatividade Especial nos Livros Didáticos de Física do PNL D 2018. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, São Paulo, v. 24, p. 112-153, 2021.

NÚÑEZ, Isauro Beltrán; NEVES, L. S.; RAMALHO, Betânia Leite. Uma reflexão em Relação ao Estudo da Mecânica Quântica: o Caso do Princípio da Incerteza. **Revista Iberoamericana de Educación**, Madrid, v. 31. P. 9-10, 2003.

PICAZZIO, Enos. **O céu que nos envolve: introdução à astronomia para educadores e iniciantes**. São Paulo: Odysseus, 2011.

ROCHA, Tiago Ungericht; História de Ciência no Livro Didático de Física: Considerações a partir do estudo da Física Quântica. In: Nilson Marcos Dias Garcia. (Org.). **O livro didático de Física e de Ciências em foco: dez anos de pesquisa.** São Paulo: Livraria da Física, 2017, p. 249-265.

SANTOS, Sandra Maria de Oliveira. **Critérios para avaliação de livros didáticos de Química para o Ensino Médio.** 2006. 234f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) — Universidade de Brasília. Brasília.

SOARES, Cíntia Mendonça; ALVIM, Marcia Helena. Reflexões sobre a potencialidade da inserção da História das Ciências no ensino de Ciências através da temática da Revolução Científica. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 478-493, jan./mar. 2020.

TACLA, Lucas Arruda *et al.* Análise de livro didático: Caracterização geral e enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade. In: SIMPÓSIO NACIONAL De ENSINO DE FÍSICA, XXI, 2015, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2015.