

A FÍSICA DE PARTÍCULAS EM LIVROS DIDÁTICOS APROVADOS NO PNLD 2018 E 2021: UMA ANÁLISE A PARTIR DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA

Particle Physics in Textbooks approved in PNLD 2018 and 2021: An analysis from the Didactic Transposition

Daniel Souza de Oliveira [daniersouza456@gmail.com]

Maxwell Siqueira [mrpsiqueira@uesc.br]

Universidade Estadual de Santa Cruz-UESC

Departamento de Ciências Exatas – Ilhéus – BA, 45662-900

Recebido em: 24/08/2023

Aceito em: 09/12/2023

Resumo

O desenvolvimento científico das décadas de 70 a 90 trouxe novas perspectivas ao fazer científico, especialmente na Física de Partículas Elementares (FPE), indicando a importância da introdução desses conhecimentos na educação básica. A pesquisa analisou os livros didáticos de física aprovados pelo PNLD de 2018 e 2021, usando a Transposição Didática e seus atributos. Em 2018, 3 coleções não abordavam a FPE, 5 descreviam uma breve introdução e apenas 4 dedicavam um capítulo exclusivo ao tema. Ao traçarmos uma relação comparativa das obras contidas em ambos os editais, percebemos que algumas coleções do PNLD de 2018 apresentam uma abordagem mais sistematizada da FPE, retratando com mais rigor os conceitos relacionados ao tópico. Já na edição do PNLD 2021, notamos que não há coleções que destinam um capítulo exclusivo para FPE, essa mudança no PNLD 2021 indica um retrocesso nas discussões sobre a inserção da FPE na educação básica, resultando em uma abordagem superficial do tema nas obras analisadas, o que pode distanciar os estudantes da ciência desenvolvida nos laboratórios e centros de pesquisa.

Palavras-chave: Física de Partículas; Livro Didático; Transposição Didática

Abstract

The scientific development of the 1970s to 1990s brought new perspectives to scientific practice, especially in Elementary Particle Physics (EPP), indicating the importance of introducing this knowledge in basic education. The research analyzed the physics textbooks approved by the PNLD of 2018 and 2021, using Didactic Transposition and its attributes. In 2018, 3 collections did not address PEF, 5 described a brief introduction and only 4 dedicated an exclusive chapter to the topic. When we draw a comparative relationship between the works contained in both notices, we realize that some collections of the 2018 PNLD present a more systematized approach to FPE, portraying more rigorously the concepts related to the topic. In the PNLD 2021 edition, we noticed that there are no collections that allocate an exclusive chapter to FPE, this change in the PNLD 2021 indicates a setback in the discussions on the insertion of FPE in basic education, resulting in a superficial approach to the theme in the works analyzed, which can distance students from the science developed in laboratories and research centers

Keywords: Particle Physics; Textbook; Didactic Transposition.

I Introdução

As décadas de 1980 e 1990 são marcadas pelas edições do International Symposium on the History of Particle Physics que, além de discutir o desenvolvimento da Física de Partículas Elementares (FPE), destaca a importância e relevância da temática no processo de formação dos estudantes. No Brasil, o estudo desenvolvido por Terrazan (1992) inicia a discussão sobre a inserção e relevância de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) na educação básica. Atualmente, dentre as pesquisas da área de ensino de física, já se tem um consenso da pertinência desses tópicos no contexto da educação básica (OSTERMANN; MOREIRA, 2000; MONTEIRO; NARDI; BASTOS FILHO, 2012; BARCELOS; GUERRA, 2015; PEREIRA; BATISTA, 2017; GUERINI; SÁ-SILVA, 2019; SILVA, 2020; MILNITSKY, 2021, 2022).

Alguns estudos têm indicado quais os tópicos despertam mais interesse entre os jovens (STARNAD, 1990; KALMUS, 1992; OSTERMANN; MOREIRA, 2000; PEREIRA; OSTERMANN, 2019). Dentre eles, pode-se destacar: Física de Partículas Elementares, Relatividade, Mecânica Quântica, Astrofísica e Cosmologia, nanotecnologia, radioatividade e física nuclear.

Dessa forma, percebe-se que há um consenso a respeito da relevância de inserir tópicos de FMC na educação básica, bem como a delimitação daqueles que são mais atrativos. Contudo, ainda é preciso investir em materiais de qualidade que contribuam para esse processo. Nessa direção, os livros didáticos, enquanto um dos principais recursos utilizados por professores de Física em sala de aula (NICIOLI JUNIOR; MATTOS, 2006; DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2011), podem ser considerados um importante meio para a inserção da FMC na educação Básica (DOMINGUINI, 2010; MAXIMIANO; CARDOSO, 2013). Além disso, Schivani et al. (2020) destacam que com o Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) o livro didático ganha uma posição de destaque no processo de educacional, principalmente pela sua abrangência, alcançando todos os estudantes da rede pública brasileira.

Assim, a partir de toda essa discussão, a presente pesquisa tem por objetivo analisar como o tópico de Física de Partículas Elementares é abordado nos livros didáticos de Física aprovados pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didáticos (PNLD) de 2018 e 2021, buscando compreender como o tópico é abordado nos livros das duas edições. Para tanto, parte-se da Teoria da Transposição Didática, que analisa o processo de transformação do saber, desde sua origem (saber sábio) até a sala de aula (saber ensinado). Contudo, como o objetivo é analisar o livro didático, a análise é focada no nível do saber a ensinar.

II Transposição Didática: O Processo de Didatização do Sabres

Os processos aos quais os mais diversos conhecimentos passam até chegarem no âmbito de sala de aula são destacados por Chevallard (1991) como Transposição Didática, que tem por características os estudos e processos pelos quais os conhecimentos perpassam desde o meio acadêmico até a materialização e abordagem nas salas de aulas da educação básica. O conceito de Transposição Didática foi originalmente criado pelo matemático francês, Michael Verret em 1975 e posteriormente sistematizado por Yves Chevallard e Marie-Alberte Joshua (1982). Nesse sentido, a Transposição Nesse sentido, a Transposição Didática é destacada por Chevallard (1991) como:¹

Um conteúdo de saber que tenha sido definido como saber a ensinar, sofre, a partir de então, um conjunto de transformações adaptativas que irão torná-lo apto a ocupar um lugar entre os objetos de ensino. O ‘trabalho’ que faz de um objeto de saber a ensinar, um objeto de ensino, é chamado de transposição didática. (CHEVALLARD, 1991, p.39, tradução nossa).

No processo de transformação, a Transposição Didática, desenvolvida ao transpor um saber de

uma esfera para outra, pressupõe a existência de três níveis ou esferas do saber: o Saber sábio, onde se inicia a construção de conhecimentos, tendo como um dos seus principais agentes os cientistas em seus grandes centros de pesquisa. Os saberes desenvolvidos nessa esfera passam por diversos processos até serem aceitos como conhecimentos confiáveis e publicáveis na comunidade científica, sendo estas revistas específicas do conhecimento construído. Ao ser publicado, o conhecimento está desprovido de qualquer ligação pessoal ou influência dos cientistas por trás deste conhecimento, evidenciando assim uma linguagem impessoal, que não retrata características de sua construção.

Neste processo de transformação do saber sábio em saber a ensinar, é destacado o processo de materialização desses conhecimentos em livros didáticos, manuais de ensino para formação universitária, programas escolares que tem como alvo os alunos universitários e professores. Neste patamar o conhecimento é reestruturado de maneira lógica e atemporal, desvinculando qualquer aspecto externo a esses conhecimentos. Nesse sentido, Chevallard (1991) destaca que, algumas vezes, o saber a ensinar são verdadeiras criações didáticas (p.45), que são construídas a partir das necessidades de ensino.

Chevallard (1991) destaca que, no processo de transposição do saber sábio para o saber ensinar, o conhecimento sofre o que o autor descreve como descontextualização, que é o processo de perda de contexto ao qual o conhecimento está envolto, ou seja, a desvinculação do contexto original do saber. Nessa perspectiva, os conhecimentos são desvinculados das problemáticas às quais deram origem a esse saber. A descontextualização está ligada diretamente com a desconexão dos problemas e contextos aos quais esses conhecimentos estiveram envolvidos no seu processo de construção, indicando assim uma abordagem a-histórica e a-problemática.

Outra característica que o saber apresenta nesse processo, segundo Chevallard (1991), é a despersonalização. Aqui, o conhecimento é apresentado de maneira desvinculada das personalidades científicas que participaram da construção desse conhecimento, ou seja, nestes dois processos descritos o conhecimento passa por uma espécie de “desmontagem” sendo este fragmentado e posteriormente reorganizado de maneira lógica, cronológica, cumulativa e ordenada, e, de certa maneira, linearizada, tornando-se um saber com uma sequência lógica.

A terceira característica apresentada por Chevallard (1991) é a dessincretização. Aqui o conhecimento científico perde do seu nicho epistemológico original, passando a atender um novo nicho, que é a epistemologia escolar. Neste processo, nota-se uma perda dos problemas e dificuldades descritas pelos cientistas no desenvolvimento desses saberes, tornando, assim, estes conhecimentos fragmentados e, posteriormente, organizados para torná-lo ensináveis. Desse modo, pode-se destacar que tanto a descontextualização e dessincretização caminham juntas, tendo em vista que, ao realizar a análise nos livros didáticos, ambas podem destacar aspectos similares

Com a perda do seu contexto de origem, o conhecimento passa a ter um novo contexto (contexto escolar), levando ao que Chevallard (1991) descreve como dessincretização, ou seja, uma perda do seu nicho epistemológico, passando a atender a uma epistemologia escolar. Nesse sentido, Alves Filhos (2000) destaca:

Os processos de despersonalização, dessincretização e de descontextualização, aos quais o saber é submetido, faz com que ele seja despido de seu contexto epistemológico, histórico e linguagem própria. Como saber a ensinar, é obtido um saber com uma nova roupagem, uma organização a-histórica, um novo nicho epistemológico e de validade dogmatizada (ALVES FILHO, 2000, p.227).

O último patamar é o *Saber Ensinado*, segundo processo de transposição do saber, sendo este o processo ao qual o conhecimento ganha sequenciamento e tempo didático do saber. Assim, nessa etapa, a transformação do saber visa o contexto de sala de aula. Nesse estágio o principal agente do desenvolvimento dos conhecimentos transposto é o professor, sendo ele responsável pela apresentação dos conhecimentos aos estudantes. Contudo, vale destacar que, assim como professor, os estudantes

juntamente com todo corpo administrativo escolar (diretor, orientadores, pedagogas, entre outros), desempenham papel vital nessa etapa da transposição

Todo esse processo de transformação do saber tem uma única finalidade, a textualização do saber, objetivando tornar o saber escolarizável (CHEVALLARD, 1991).

III O Procedimentos Metodológicos

A presente investigação desenvolveu-se com base nos pressupostos da pesquisa qualitativa, uma vez que buscou-se entender a subjetividade das experiências humanas, tendo como foco as ações e as intenções dos atores envolvidos na pesquisa e privilegiando os procedimentos de natureza indutiva no processo de análise e interpretação dos dados (YIN, 2019).

Assim, a pesquisa desenvolveu em 4 etapas, sendo elas: 1ª) – estudos e levantamento da literatura relacionada ao tópico de FPE com os Livros Didáticos, sendo esses o processo de apropriação dos processos de pesquisas realizadas em LD; 2ª) – escolha do *corpus* de pesquisa, sendo esses os livros didáticos de Física selecionados pelo PNLD de 2018 e de Ciências da Natureza e suas Tecnologias 2021; 3ª) – análise do tópico abordado nas coleções; e 4ª) investigação do processo de transposição do saber da FPE.

O corpus de análise considerado são as 12 coleções de física selecionadas pelo PNLD de 2018 e 7 coleções de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT) do PNLD de 2021. Ao total foram analisados 78 livros (36 do PNLD 2018 e 42 PNLD 2021). Os Quadros 01 e 02 indicam as obras de cada edital e seus respectivos volumes.

Quadro 01– Obras aprovadas pelo PNLD 2018 em ordem decrescente de distribuição.

código	livro	editora	autores	Volumes
Col.1	Física	FTD	Bonjorno e outros	3
Col.2	Física aula por aula	FTD	Benigno Barreto e outros	3
Col.3	Ser Protagonista – Física	SM	Adriana Válio e outros	3
Col.4	Conexões com a Física	Modern a	Blaidi Sant’anna e outros	3
Col.5	Física para o Ensino Médio	Saraiva	Kazuhito Yamamoto	3
Col.6	Física	Saraiva	Ricardo Helou Doca	3
Col.7	Física - Ciência e Tecnologia	Modern a	Carlos Torres e outros	3
Col.8	Física: Contexto & Aplicações	Scipione	Antônio Máximo e outros	3
Col.9	Física em Contextos	E. do Brasil	Alexander Pogibin	3
Col.10	Física: Interação e Tecnologia	Leya	Aurelio G. Filho e outros	3
Col.11	Compreendendo a Física	Ática	Alberto Gaspar	3
Col.12	Física	Ática	Carron e outros	3

Fonte: elaborado pelos autores

No quadro, as obras foram organizadas segundo a ordem decrescente do número de livros distribuídos. Assim a Col.1 é aquela com maior número de livros distribuídos, enquanto a Col.12 é a menor. Destaca-se, também, que as obras analisadas das coleções indicadas no quadro 1 foram aquelas do 3º volume, pois, ao longo da pesquisa, identificamos que os conteúdos de Física de Partículas Elementares estão presentes somente no último volume das coleções. Já no quadro 02, as obras estão ordenadas seguindo a ordem do guia do livro didático de Física (PNLD 2021).

Na primeira etapa do desenvolvimento da pesquisa, olhamos para a construção dos conhecimentos do modelo padrão de partículas pois é nessa teoria que a Física de Partículas se consolida enquanto uma das áreas mais pesquisadas da Física Moderna e Contemporânea, olhando assim para as fontes secundárias, como o livro *Dos Raios X aos quarks* (SEGRE, 1980). Assim com embasamento adquirido no processo, construímos um entendimento histórico dos conteúdos envolvendo a teórica.

Quadro 02– Obras aprovadas pelo PNLD 2021 em ordem decrescente de distribuição.

código	Livro	Editora	Autores	volumes
CNT-01	Ser protagonista	SM	Ana Fukui; Ana Luiza P. Nery; Elisa Garcia e outros	6
CNT-02	Multiversos	FTD	Leandro Godoy; Rosana Agnolo e outros	6
CNT-03	Moderna Plus	Moderna	José M. Amabis; Gilberto R. Martho; Nicolau G. Ferraro e outros	6
CNT-04	Matéria energia e vida	Scipione	Eduardo Mortimer; Andréa Horta; Alfredo Mateus e outros	6
CNT-05	Diálogo	Moderna	Kelly Cristina dos S; Éverton A. Chinellato; Rafael Aguiar e outros	6
CNT-06	Conexões	Moderna	Miguel Thompson; Eloc Peres rios; Walter Spinelli e outros	6
CNT-07	Lopes e Rosso	Moderna	Sônia Lopes; Sergio Rosso	6

Fonte: elaborado pelos autores

A segunda etapa constitui-se pela construção de indicadores quantitativos encontrados nos livros didáticos envolvendo os tópicos de Física de Partículas Elementares. Sendo eles: o volume da coleção com tópico do Modelo Padrão de Partículas (MPP), capítulos destinados a FPE, páginas totais, páginas destinadas a FPE e páginas destinadas a MPP. Esse processo foi realizado de maneira manual, iniciando-se pela leitura dos sumários, e, posteriormente, página por página de cada coleção.

Na terceira etapa, os livros didáticos de Física foram analisados à luz da *Análise de Conteúdo* de Bardin (1995), que, a partir de análise qualitativa e quantitativa, possibilitou-nos descrever e identificar mensagem que estão além de leituras tradicionais. Assim, a presente teoria conta com algumas etapas no seu processo de investigação, sendo elas: a *pré-análise* como a fase de organização, tornando possível as intuições iniciais objetivas, possibilitando a operacionalidade e sistematização das ideias iniciais e conduzindo a um esquema preciso do desenvolvimento das operações sucessivas, num

plano de análise; a *exploração do material*, descrita como o processo de operação das medidas desenvolvidas ao longo da pré-análise, ou seja, a condução do processo de análise. Consiste essencialmente em operar, codificar, enumerar de acordo com as regras pré-estabelecidas; o *tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação*, etapa que se realiza a inferência e interpretação dos dados obtidos ao longo da análise, atribuindo, assim, significado aos dados brutos desenvolvidos ao longo da pesquisa.

Na quarta e última etapa da investigação, iniciamos nossa análise fundamentados na Transposição Didática e seus atributos tais como: Despersonalização, Dessincretização, Descontextualização, Programabilidade e Publicidade, que nos possibilitara analisar como a FPE tem sido abordada nas 12 coleções de Física selecionadas no PNLD de 2018 e nas 7 coleções de Ciências da Natureza e suas Tecnologias do PNLD 2021.

A análise foi desenvolvida elencando os aspectos e relações das problemáticas envolvendo a FPE e os cientistas que contribuíram com a construção dos conhecimentos envolvendo a temática e as diversas mudanças de paradigmas como ressalta Kuhn (2003). A exemplo disso podemos destacar as proposições de Dirac, quando o cientista descreve a possibilidade de haver uma infinidade de partículas, ou como conhecemos “*o mar de Dirac*”. Após elencarmos os processos metodológicos atribuídos na presente investigação, analisou-se os Livros Didáticos a partir dos aspectos da TD, o que nos possibilitou dividir os livros em grupos aos quais tivessem características semelhantes no que diz respeito à abordagem do modelo padrão de partículas

IV Análise dos Livros

A primeira parte da análise consistiu no levantamento numérico de aspectos dos livros como capítulo, seção e páginas. Esses aspectos estão descritos no quadro 03 e 04 a seguir.

Quadro-03: Levantamento dos indicadores numéricos

Indicadores /livro	Col-01	Col-02	Col-03	Col-04	Col-05	Col-06	Col-07	Col-08	Col-09	Col-10	Col-11	Col-12
Volume	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Seção	4	5	3	4	4	4	2	4	3	5	4	4
Capítulos totais	13	15	9	17	19	13	8	9	10	5	11	14
Páginas totais	272	256	288	280	288	288	288	280	288	239	288	288
Capítulo do TEMA	não há	não há	não há	1	não há	não há	não há	não há	1	não há	1	1
Páginas do TEMA	não há	2	3	14	3	não há	3	não há	38	12	19	12

Fonte: elaborado pelos autores

No quadro 04, é possível verificar o espaço que cada coleção do PNLD 2021 destinou à Física de Partículas Elementares, porém nesse edital já podemos notar que, devido às mudanças, temos 6 volumes em cada coleção. Dessa forma, podemos traçar uma relação de comparação entre o quadro 03 e o 04 e analisar suas semelhanças e diferenças

Quadro-04: Levantamento dos indicadores numéricos

Indicadore s/livro	CNT-01		CNT-02			CNT-03			CNT-04		CNT-05		CNT- 06	CNT-07		
	1	4	1	4	6	1	6	5	3	1	1	4		6	1	3
Volume	1	4	1	4	6	1	6	5	3	1	1	4	6	1	3	4
Seção	3		4	4	4	13	12	12	3	2	3	2	6	2	2	2
Capítulos totais	10	9	15	15	13	13	12	12	8	4	12	12	6	12	11	11
Páginas totais	160	162	156	156	156	162	161	162	159	158	16	162	162	16	162	16
Capítulo do TEMA	1	não há	não há	Não há	não há	1	não há	não há	não há	não há	1	não há	não há	nã o há	nã o há	nã o há
Páginas do TEMA	11	não há	5	não há	não há	10	3	não há	9	não há	14	não há	não há	nã o há	nã o há	8

Fonte: elaborado pelos autores

Ao traçarmos uma relação comparativa das obras contidas em ambos os editais, evidenciaremos como a FPE se comporta em dois editais diferentes e, se o saber sobrevive a diferentes propostas de abordagem, tendo em vista que os livros de Física de 2018 estão amparados pelos Parâmetros Curriculares Nacionais PCN e PCN+, e o de 2021 pela Base Nacional Curricular Comum (BNCC), o que evidencia abordagens e propostas diferentes.

Assim, a partir desses dados, podemos analisar como essa temática se comporta em momentos diferentes, sendo eles: políticos, sociais, econômicos, culturais e educacionais. No quadro 03, é possível verificar o espaço que cada coleção do PNLD 2018 destinou à Física de Partículas Elementares, salientando que todos os livros listados no quadro 03 são do volume 3 de cada coleção.

Assim, pode-se notar que três coleções **Col.1; Col.6 e Col.8** não abordam a temática ao longo dos seus livros, compondo o Grupo 1 (G1). Vale ressaltar que, no estudo quantitativo realizado, percebeu-se que cerca de 35,05% de um total de 10.813.428 de livros distribuído no edital 2018 não abordam a temática de Física de Partículas Elementares (FPE), indicando que o tópico não chegou a um percentual considerável dos alunos da 3ª série do Ensino Médio.

Dessa forma, de acordo com os atributos da Transposição Didática, o processo de **Publicidade** nas coleções desse grupo não ocorre, impossibilitando a análise a respeito da temática da FPE. Esse dado indica que mais de 1/3 dos livros didáticos do PNLD de 2018 não aborda o tópico.

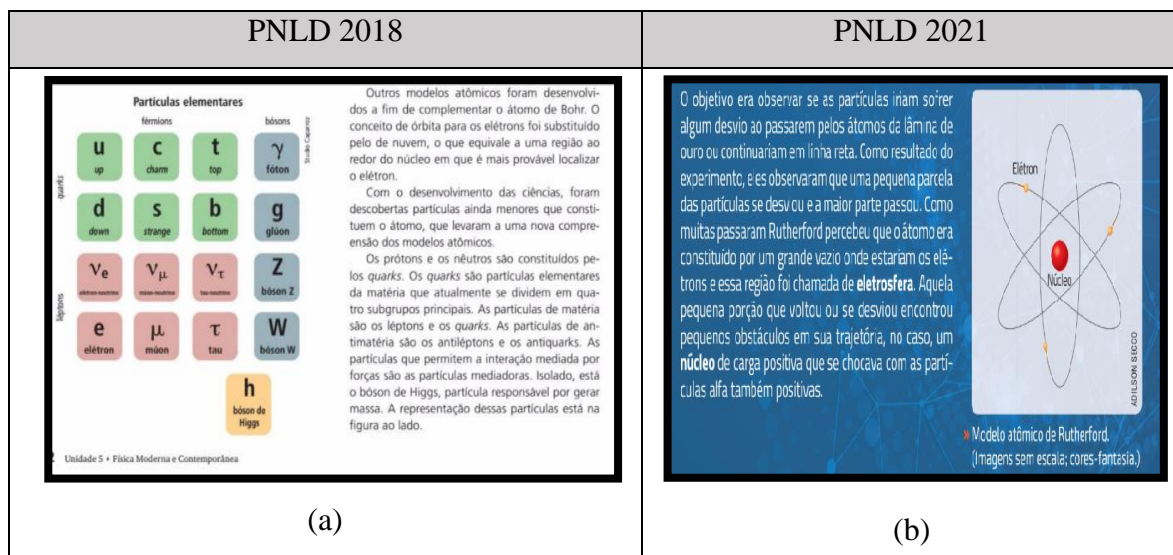
No segundo grupo 2 (G2), destacamos 5 coleções que retratam a FPE e de maneira introdutória, é o caso da **Col.2, Col.3, Col.5, Col.7 e Col.10**. Essas obras somam 4.763.723, de um total de 10.813.428, ou seja, G2 corresponde a de 44,05% dos livros distribuídos. Isso indica que quase metade dos estudantes que receberam os livros podem ter um contato com a FPE de maneira simplificada e superficial, visto que as coleções apresentam o tópico em poucas páginas, não possibilitando qualquer tipo de aprofundamento na discussão das partículas elementares.

A mesma investigação foi realizada para as obras do PNLD 2021, e logo de início percebemos que nesse edital temos dois grupos sendo eles: (G1) que não aborda a FPE e é constituído pelas obras: **CNT-02; CNT-04; CNT-06 e CNT-07**; que tem 4/7 coleções o que corresponde a 57,14%, dos livros didáticos de CNT. Já o que aborda FPE (G2) é constituído pelas obras **CNT-01; CNT-03 e CNT-05** e tem 3/7 das obras que apresentam a Física de Partículas correspondendo a 43% dos livros.

Portanto, ao compararmos os dados do grupo G1 que não aborda FPE juntamente ao G2, coleções que retratam a FPE e de maneira introdutória, entre os editais percebemos que o PNLD de 2018 têm um percentual maior; porém, ao olharmos para fatores como quantidade de página por coleção, podemos perceber que isso não é tão simples assim. Ao investigar a quantidade de páginas de cada obra, percebemos que, em 2018, há cerca de 835 páginas divididas em 3 volumes. Já no PNLD 2021, temos 972 páginas para cada obra, porém vale destacar que nessa edição temos três áreas dos conhecimentos, sendo elas: Física, Química e Biologia, que juntas formam os livros de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT). Ao dividir esse valor chegamos a um valor próximo de 324 páginas para cada área do conhecimento.

Tendo em vista que algumas obras não retratam a FPE em ambos os editais, iniciamos nossa análise a partir da Transposição Didática e seus atributos, pelos livros do G2 que são aqueles que abordam a temática de maneira introdutória. Assim, a **Publicidade** se apresenta, mas de maneira introdutória e resumida. Ao analisarmos as obras pertencentes a esse grupo, percebemos que muitos dos conhecimentos relacionados ao Modelo Padrão, que descreve as interações entre partículas subatômicas e seus grupos, tais como os quarks e léptons, que são considerados as partículas fundamentais da matéria, até mesmo aos bósons que são partículas intermediadoras das forças fundamentais da natureza, não estão presentes nas obras, levando a um caráter de **Descontextualização** do saber, exemplo disso pode-se destacar a falta de abordagem dos conhecimentos e dos problemas discutidos no processo de construção do modelo padrão de partículas, como podemos observar, na figura 01(a) (b), duas obras que evidenciam esse processo, sendo elas: **Col-02** do PNLD 2018 e **CNT-02** (volume1) do PNLD 2021.

Figura 01: Modelo Padrão das Partículas Elementares e o modelo atômico.



Fonte: - recorte das obras: Física Aula por Aula, (BARRETO FILHO; SILVA, 2016. p. 222); e Multiverso (CNT) (LEANDRO GODOY; ROSANA AGNOLO WOLNEY C. MELO, v1, 2019. p.62)

O processo de construção do modelo padrão de partículas, que teve diversas discussões de cunho filosófico na quebra de seus paradigmas, tais como a proposição feita por Dirac, ao afirmar que assim como as partículas como elétrons e prótons, existiam partículas iguais, mas de sinais opostos, surgindo assim a ideia de antipartícula. Outro ponto importante a se destacar é a construção do modelo atômico, que, ao ser abordado nessas obras, chega-se até o modelo de Rutherford-Bohr, que é descrito como modelo orbital onde existem elétrons envolta do seu núcleo, composto por prótons e nêutrons, deixando de lado os modelos posteriores a esses e os quarks, que formam as partículas do seu núcleo. Assim, ao negligenciar aspectos relacionados ao contexto da descoberta e evolução do saber, percebemos a **Descontextualização**

Assim como o processo de descontextualização, outro atributo destacado nas coleções desse grupo foi a *Despersonalização*, que desvincula os cientistas e colaboradores que contribuíram com a construção dos conhecimentos destacados. Nesse sentido, as obras desse grupo não abordam os cientistas que colaboraram com a descrição de Dirac, por exemplo. Isso indica que os conhecimentos científicos são atribuídos a uma única pessoa, podendo levar a uma concepção de ciência construída por um único indivíduo, fortalecendo assim a ideia de que apenas “gênios” podem construir conhecimento científico.


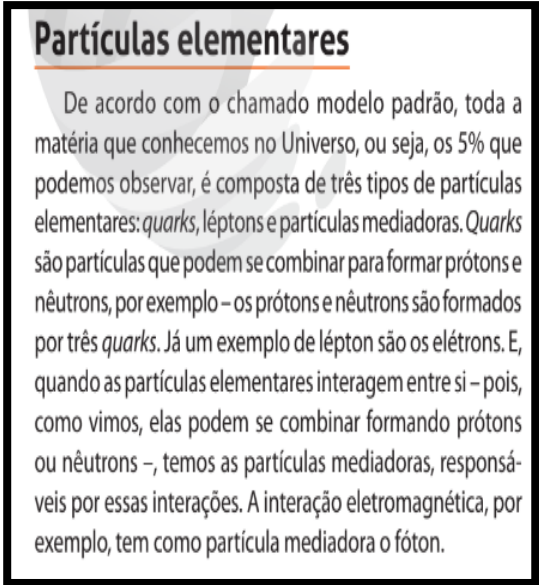
A *Dessincretização* está ligada ao processo de perda do nicho epistemológico dos conhecimentos do modelo padrão de partículas, onde percebemos que, ao serem transpostos para as coleções do G2, esses conhecimentos desvinculam-se totalmente do nicho aos quais foram desenvolvidos e descobertos. Como exemplo destacamos o processo ao qual o Físico César Lattes detectou o méson π ou pión, que, após ser detectado em campo, foi reproduzido em laboratório. Fatos como esse são deixados de lado no processo de abordagem dos conhecimentos da FPE.

Vale destacar que a *Programabilidade* nessas coleções, devido a quantidade de páginas destinadas na abordagem da temática, apresenta os conteúdos referentes ao Modelo Padrão de Partículas (MPP) entre 1 e 3 páginas indicando que não há uma abordagem mais aprofundada dos conhecimentos envolvendo a temática, dando a entender que os conhecimentos referentes ao MPP não passam de pequenos tópicos ao decorrer da inserção da Física de Partículas Elementares.

Já no terceiro e último grupo o G3, é composto pelas seguintes obras: **Col.4; Col.9; Col.11 e Col. 12**. Percebemos que essas obras destinam um capítulo exclusivo para a abordagem da FPE, contemplando desde os modelos atômicos, modelo padrão das partículas até os grandes aceleradores de partículas, indicando assim todo um processo evolutivo. Essas obras totalizam 2.259.456, de um total de 10.813.428, ou seja, G3 corresponde a de 20,89% dos livros distribuídos.

Vale salientar que, mesmo destinando um capítulo exclusivo para os conteúdos de Física de Partículas Elementares, o que já destaca a *Publicidade*, as obras que compõem o G3 também apresentam aspectos da dessincretização, despersonalização e descontextualização, porém nesses livros destacamos que esse processo acontece de maneira parcial. Portanto, ao destacarmos que as obras desse grupo apresentam os aspectos destacados na Transposição Didática, notamos que esse processo acontece de maneira distinta nos editais. Assim, para fins comparativos em nossa análise, evidenciamos, na Figura 02 a e b, como esse processo e destaca em ambos os editais a partir de recorte em páginas de livros dessa categoria

Figura 02: As contribuições de César Lattes para Ciência e abordagem da FPE no PNLD 2018 e 2021.

PNLD 2018	PNLD 2021
 <p>CÉSAR LATTES</p> <p>Cesare Mansueto Giulio Lattes, conhecido como César Lattes, nasceu em Curitiba, Paraná, em 1924. Fez seus estudos primários na Escola Americana de Curitiba, entre 1929 e 1933, e o secundário no Instituto Médio Dante Alighieri, em São Paulo, de 1934 a 1938. Ingressou no curso de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP (atual Instituto de Física da USP), concluindo o bacharelado em 1943. Sua carreira científica teve início em meados dos anos 1940, no então Departamento de Física da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras da USP, sob a orientação de Gleb Wataghin, destacando-se com a publicação de um trabalho sobre a abundância de núcleos no Universo. A partir daí, teve seu nome ligado a resultados científicos de grande repercussão e a iniciativas das mais fecundas para o progresso da ciência no Brasil e na América do Sul.</p> <p>Em 1947, esteve nos Andes bolivianos, onde expôs emulsões fotográficas à ação de raios cósmicos. A análise dos traços obtidos dessas emulsões, feita por ele e o físico italiano Giuseppe Occhialini (1907-1993) e o físico inglês Cecil Frank Powell (1903-1969), permitiu a identificação do píon. Em 1948, em colaboração com o físico norte-americano Eugene Gardner (1913-1950), conseguiu obter píons artificialmente no ciclotron da Universidade de Berkeley, Califórnia, Estados Unidos.</p> <p>No Brasil, fundou o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas – CBPF, no Rio de Janeiro, e fez parte do corpo docente do Instituto de Física Gleb Wataghin, da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), São Paulo, onde se aposentou em 1986. Dono de rara versatilidade, seus trabalhos incluem grandes contribuições em variados campos da Física moderna, desde pesquisas teóricas sobre as origens e abundância de espécies nucleares no Universo e eletrodinâmica clássica até o desenvolvimento de técnicas instrumentais na área das emulsões nucleares, que tornaram essas emulsões, antes precários dispositivos de registro iconográficos, eficientes instrumentos de medição que não só viabilizaram a descoberta do píon, como também muitas outras descobertas.</p> <p>Recebeu inúmeros prêmios, medalhas e comendas, no Brasil e no exterior (Bolívia, Venezuela), e da Organização dos Estados Americanos, mas não conseguiu o prêmio mais cobiçado pelos cientistas: o Nobel. Espera-se que Lattes esteve próximo de ganhar o prêmio em duas ocasiões: na primeira, quando Powell foi agraciado, em 1950 – o método de emulsão fotográfica foi citado explicitamente pela Fundação Nobel como justificativa para a premiação (“pelo desenvolvimento do método fotográfico de estudo dos processos nucleares e suas descobertas examinando mésons com esse método”), mas apenas como obra de Powell. Na segunda, com Gardner, pela obtenção de píons em aceleradores – a premiação não teria ocorrido por causa da morte precoce do físico norte-americano (a Academia não premia cientistas falecidos).</p> <p>César Lattes faleceu em 8 de março de 2005, em Campinas.</p> <p>CAPÍTULO 14 – A NOVA FÍSICA 26</p>	 <p>Partículas elementares</p> <p>De acordo com o chamado modelo padrão, toda a matéria que conhecemos no Universo, ou seja, os 5% que podemos observar, é composta de três tipos de partículas elementares: <i>quarks</i>, léptons e partículas mediadoras. <i>Quarks</i> são partículas que podem se combinar para formar prótons e nêutrons, por exemplo – os prótons e nêutrons são formados por três <i>quarks</i>. Já um exemplo de lépton são os elétrons. E, quando as partículas elementares interagem entre si – pois, como vimos, elas podem se combinar formando prótons ou nêutrons –, temos as partículas mediadoras, responsáveis por essas interações. A interação eletromagnética, por exemplo, tem como partícula mediadora o fóton.</p>
(a)	(b)

Fonte: recorte da obra compreendendo a Física (GASPAR. 2016. p.265) e Ciências da Natureza (Lopes e Rosso 2019, v.4, p14)

A figura 2(a) do PNLD 2018 destaca os feitos e contribuições de um dos maiores cientistas da Ciência nacional, o físico brasileiro Cesar Lattes; a **Col.11** destina uma página exclusiva para a valorização do cientista e da ciência nacional. Já na figura 2 (b) temos um recorte feito na obra **CNT-07** do PNLD 2021: no capítulo destinado à abordagem da temática, há um único trecho que descreve a FPE. Isso demonstra que a obra não realiza uma construção mais desencadeada, destinando boa parte de suas páginas para os modelos atômicos, e o modelo cosmológico. Isso indica que a FPE sofreu perdas no PNLD 2021 no que tange à contextualização do tópico e à abordagem e valorização dos cientistas brasileiros.

Nesse sentido, notamos que, no processo de transição do PNLD 2018 para 2021, a FPE perdeu espaço nos LD, indicando assim um retrocesso das discussões trazidas pelas investigações sobre a inserção desse tópico na educação básica. Além disso, uma abordagem superficial do tópico de FPE nas coleções de 2021 evidencia que, mesmo havendo coleções que destinam um capítulo exclusivo para a temática, as construções realizadas nessas obras são introdutórias e não desenvolvem de maneira sistematizada os seus saberes, indicando assim um tratamento epitomado desses conhecimentos. As obras CNT-01, CNT-03 e CNT-05 são indicativos desse retrato introdutório do modelo padrão de partículas como observar na Figura-01.

Vale salientar que, mesmo com a mudança dos livros didáticos, a obra Ser protagonista está presente em ambos os editais. A obra aprovada em 2018 destinava 3 páginas para os conhecimentos de FPE, fazendo parte do grupo que realizava uma breve introdução. Entretanto, em 2021 a obra destina um capítulo de 11 páginas para destacar os conhecimentos da FPE.

Nesse sentido, notamos que o processo de Transposição Didática realizado nas obras selecionadas pelo PNLD 2018 apresenta uma construção mais sistematizada desses conhecimentos e aborda uma gama maior dos conceitos e cientistas que colaboraram e colaboram com e desenvolvimento dessa área, indicando, assim, que aspectos da **descontextualização**, **despersonalização** e **dessincretização** são apresentados de maneira parcial. A **Programabilidade**

destacada nestes livros é evidenciada de maneira sistemática, tendo em vista que as obras que compõem o G3 destinam um capítulo exclusivo para a inserção dos tópicos da FPE, o qual, mesmo seguindo uma vertente linear dos fatos e acontecimento dos conhecimentos, destaca, de maneira cronológica, o desenvolvimento desses conhecimentos que compõem a área.

Entretanto, o processo de Transposição Didática ocorrido nas obras selecionadas no PNL D 2021 destaca atributos da *descontextualização*, *despersonalização* e *dessincretização* com mais profundidade do que a edição anterior, pois essas obras potencializam o distanciamento da ciência desenvolvida nos grandes laboratórios com aquela que chega à escola, apresentando lacunas históricas, descontextualização e imagens deformadas da construção do conhecimento científico.

V Considerações Finais

Ao realizar o presente estudo, percebeu-se que, a partir da Transposição Didática e seus atributos, os conhecimentos envolvendo a Física de Partículas Elementares, em especial os tópicos que destacam a construção do Modelo Padrão de Partículas, estão presentes em alguns livros dos editais de 2018 e 2021 Programa Nacional do Livro e do Material Didáticos (PNLD), destacando assim as coleções do G3, que, ao destinarem um capítulo exclusivo para abordagem da FPE, conseguem explorar uma quantidade maior dos conteúdos que corroboram com a construção da referente área.

Assim a TD destacada por Chevallard (1991) e seus atributos apontam: a programabilidade, que é evidenciada nos LD a partir da construção dos conhecimentos desenvolvidos ao longo da história da FPE, perpassando desde os modelos atômicos até a desenvolvimento do modelo padrão de partículas; a descontextualização presentes nas obras, ressaltada pelos fatores descartados ao longo da construções dos LD, evidenciando que fatores sociais, econômicos e políticos não interferem na construção dos conhecimentos científicos, levando a um caráter de “ciência neutra”; a despersonalização presentes nos livros analisados que está intimamente interligados ao cientista que se debruçaram sobre os tópicos da Física de Partículas ao longo de sua evolução, mas, ao analisarmos os LD, percebemos que muitos dos cientistas que colaboraram para o desenvolvimento da FPE são omitidos, contribuindo para a ideia de uma ciência construída por poucos e de modo individual; a dessincretização é destacada no geral dos livros didáticos, tendo em vista que o processo de perda do nicho epistemológico é evidenciada no processo de textualização dos conhecimentos referente à matematização dos conhecimentos de FPE.

Ao traçarmos uma relação comparativa das obras contidas em ambos os editais, percebemos que algumas coleções do PNL D de 2018 apresentam uma abordagem mais sistematizada da FPE, retratando com mais rigor os conceitos relacionados ao tópico. Já na edição do PNL D 2021, notamos que não há coleções que destinam um capítulo exclusivo para FPE. Além disso, uma abordagem superficial do tópico de FPE nas coleções de 2021 indica o distanciamento da ciência desenvolvida nos grandes laboratórios com aquela que chega à escola, apresentando lacunas históricas, descontextualização e imagens deformadas da construção do conhecimento científico.

Agradecimento

Os autores agradecem ao apoio do CNPq e a UESC pelo fomento do projeto e da bolsa.

Referências bibliográficas

- ALVES, A. D. (2019). Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: o livro didático e as representações sociais de docentes. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ALVES, G.; CARUSO, F.; MOTTA, H. & SANTORO, A. (2000). O Mundo das Partículas de hoje e de ontem. AIAFEX. Rio de Janeiro: CBPF.

- ASTOLFI, J. P. & DEVELAY, M. (2006). *A Didática das Ciências*. 10ª ed. Campinas: Papirus.
- BARDIN, L. (1995). *Análise de Conteúdo*. Lisboa: Edições 70.
- BATISTA, C. A.; SIQUEIRA, M. (2017). A inserção da Física Moderna e Contemporânea em ambientes reais de sala de aula: uma sequência de ensino-aprendizagem sobre radioatividade. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v.34, n.3, p.880-902.
- BERTO, J. A.; LORENZETTI, L. (2023). O desenvolvimento da educação CTS com o tema energia elétrica nos livros didáticos de física do ensino médio: possibilidades e desafios. *Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar*, Mossoró, v. 9, n. 29.
- BRENNAN, R. (2000). *Gigantes da Física. Uma História da Física Moderna Através de Oito Biografias*. Jorge Zahar Editor, Rio de Janeiro.
- BROCKINGTON, G. (2005). *A Realidade escondida: a dualidade onda-partícula para alunos do Ensino Médio*. São Paulo, curso de pós-graduação em ensino de Ciências – USP. Dissertação de mestrado.
- CARUSO, F.; OUGURI, V. & SANTORO. (2009). *O que são Quarks, Glúons, Higgs, Buracos Negros e outras coisas estranhas*. AIAFEX. São Paulo: Editora Livraria da Física.
- CHEVALLARD, Y. (1991). *La Transposição Didática: Del saber sábio al saber enseñado*. 1ª ed. Argentina: La Pensée Sauvage.
- DARROZ, L. M.; ROSA, C. T. W.; SILVA, J. C. (2017). Análise da abordagem de Física Nuclear nos livros didáticos de Física. *Revista de Educação, Ciências e Matemática*, Rio de Janeiro, v. 7, n. 3, pp. 56-72.
- DOMINGUINI, L. (2010). *o Conteúdo Física Moderna Nos Livros Didáticos do PNLEM: Dissertação de Mestrado*. Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade do Extremo Sul Catarinense (PPGE-UNESC). Criciúma.
- ERROBIDART, N. C. G; GOBORA, S. T. (2011). Aspectos da Transposição Didática de ondas sonoras em Livros Didáticos de Física (PNLEM). In: *VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, São Paulo.
- FAGUNDES, M. B. (1997). *Ensinando a dualidade onda-partícula sob uma nova óptica*. São Paulo, curso de pós-graduação em ensino de Ciências – USP. Dissertação de Mestrado.
- KUHN, T. S. (2003). *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: 8ª ed. Perspectiva.
- MILNITSKY, R. (2018). *Epistemologia e Currículo: Reflexões sobre a Ciência Contemporânea em Busca de um novo olhar para a Física de Partículas Elementares*. São Paulo, curso de pós-graduação em ensino de Ciências – USP. Dissertação de mestrado.
- MILNITSKY, R., MUNHOZ, M.G. & GURGEL, I. (2021). O quark como objeto de análise histórica e epistemológica: a Física de Partículas Elementares em uma perspectiva bachelardiana. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 38, n. 2, p. 1309-1338.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. (2018). *Base Nacional Curricular Comum*. Brasília.

- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. (2017). Guia de Livros Didáticos PNLD 2018: Física – Ensino Médio. Brasília.
- MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. (2021). Guia Digital PNLD 2021: obras didáticas por área de conhecimento e específicas. Brasília.
- MOREIRA, M. & VALADARES, E. C. (1998). Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, V.15, n. 2, p. 121-135.
- OSTERMANN, F., MOREIRA, M. A. (2000). Física contemporânea em la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. *Enseñanza de las ciencias*, Barcelona, v.18, n.3, p.391-404.
- PINTO, A.C., ZANETIC, J. (1999). É possível levar a física quântica para o ensino médio? *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, V.16, n.1, p.7-34.
- RODRIGUES, C. D. O. (2001). Inserção da Teoria da relatividade no ensino médio: Uma nova proposta. Florianópolis, curso de pós-graduação em educação – UFSC. Dissertação de Mestrado.
- TERRAZZAN, E. A. (1992). A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2º grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, V.9, n.3, p.209-214