

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CAMPUS SOROCABA

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE

DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

Gabriel Torres Cavalcante Barros

**Sobre a análise de livros didáticos para o ensino
de Física: uso da terminologia calor em um livro
didático do ensino médio**

Sorocaba

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

CAMPUS SOROCABA

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS PARA A SUSTENTABILIDADE

DEPARTAMENTO DE FÍSICA, QUÍMICA E MATEMÁTICA

Gabriel Torres Cavalcante Barros

**Sobre a análise de livros didáticos para o ensino de Física:
uso da terminologia calor em um livro didático do ensino
médio**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura Plena em Física da Universidade Federal de São Carlos, *Campus* Sorocaba, para obtenção do título de Licenciado em Física. Sorocaba, 28 de fevereiro de 2025.

Orientador: Prof. Dr. James Alves de Souza

Sorocaba

2025

Barros, Gabriel Torres Cavalcante

Sobre a análise de livros didáticos para o ensino de Física: uso da terminologia calor em um livro didático do ensino médio / Gabriel Torres Cavalcante Barros -- 2025. 46f.

TCC (Graduação) - Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba
Orientador (a): James Alves de Souza
Banca Examinadora: Rafael Henriques Longaresi, Letícia Estevão Moraes
Bibliografia

1. Calor. 2. Livro didático. 3. Ensino de Física. I. Barros, Gabriel Torres Cavalcante. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Aparecida de Lourdes Mariano -
CRB/8 6979



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA - SOROCABA - CCFL-So/CCTS

Rod. João Leme dos Santos km 110 - SP-264, s/n - Bairro Itinga, Sorocaba/SP, CEP 18052-780

Telefone: (15) 32298859 - <http://www.ufscar.br>

DP-TCC-FA nº 2/2025/CCFL-So/CCTS

Graduação: Defesa Pública de Trabalho de Conclusão de Curso

Folha Aprovação (GDP-TCC-FA)

FOLHA DE APROVAÇÃO

GABRIEL TORRES CAVALCANTE BARROS

**SOBRE A ANÁLISE DE LIVROS DIDÁTICOS PARA O ENSINO DE FÍSICA: USO DA TERMINOLOGIA
CALOR EM UM LIVRO DIDÁTICO DO ENSINO MÉDIO**

Trabalho de Conclusão de Curso

Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba

Sorocaba, 28 de fevereiro de 2025

ASSINATURAS E CIÊNCIAS

Cargo/Função	Nome Completo
Orientador	Prof. Dr. James Alves de Souza
Membro da Banca 1	Prof. Dra. Letícia Estevão Moraes
Membro da Banca 2	Prof. Dr. Rafael Henriques Longaresi



Documento assinado eletronicamente por **James Alves de Souza, Docente**, em 28/02/2025, às 19:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Henriques Longaresi, Docente**, em 04/03/2025, às 15:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufscar.br/autenticacao>, informando o código verificador **1742363** e o código CRC **0C183805**.

Referência: Caso responda a este documento, indicar expressamente o Processo nº 23112.003828/2025-14

SEI nº 1742363

Modelo de Documento: Grad: Defesa TCC: Folha Aprovação, versão de 02/Agosto/2019



Documento assinado digitalmente
LETICIA ESTEVAO MORAES
Data: 24/03/2025 16:10:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

COORDENAÇÃO DO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA - SOROCABA - CCFL-So/CCTS

Rod. João Leme dos Santos km 110 - SP-264, s/n - Bairro Itinga, Sorocaba/SP, CEP 18052-780

Telefone: (15) 32298859 - <http://www.ufscar.br>

DP-TCC-ADP nº 2/2025/CCFL-So/CCTS

Graduação: Defesa Pública de Trabalho de Conclusão de Curso

Ata da Defesa Pública (GDP-TCC-ADP)

Aos vinte e oito dias do mês de fevereiro de 2025, no campus Sorocaba, realizou-se a Defesa Pública do Trabalho de Conclusão de Curso do estudante Gabriel Torres Cavalcante Barros do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba, devidamente matriculado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, perante a Banca Examinadora, composta pelos Professores: Prof. Dr. James Alves de Souza, Profa. Dra. Letícia Estevão Moraes e Prof. Dr. Rafael Henriques Longaresi, segundo o estabelecido nas Normas para apresentação de Trabalho de Conclusão do Curso.

Após a apresentação e arguições, a Banca deliberou, segundo os critérios estabelecidos nas normas supracitadas:

Nome do Docente	Função	Nota
Prof. Dr. James Alves de Souza	Orientador	6,5
Prof. Dra. Letícia Estevão Moraes	Membro da Banca 1	8,0
Prof. Dr. Rafael Henriques Longaresi	Membro da Banca 2	6,5

Com isso, o Trabalho foi considerado **APROVADO**, com nota final **7,0 (SETE)**.

Sorocaba, 28 de fevereiro de 2025.

Documento assinado digitalmente
gov.br LETICIA ESTEVAO MORAES
Data: 24/03/2025 16:10:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>



Documento assinado eletronicamente por **James Alves de Souza, Docente**, em 28/02/2025, às 19:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rafael Henriques Longaresi, Docente**, em 04/03/2025, às 15:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufscar.br/autenticacao>, informando o código verificador **1742362** e o código CRC **040494B7**.

Agradecimentos

Primeiramente, expresso minha mais profunda gratidão à minha família, cujo apoio incondicional foi essencial em cada etapa da minha trajetória acadêmica. Em especial, dedico este momento à minha mãe, Aparecida, ao meu pai, Jacques, aos meus irmãos, Douglas e Rafael, e à minha tia, Jaqueline, por serem meus alicerces, sempre me incentivando com amor e encorajamento.

Aos amigos que tornaram essa jornada mais leve e significativa, meu sincero agradecimento. Em especial, ao meu grande amigo e colega de curso, Gustavo da Silva Rodrigues, com quem compartilhei desafios e conquistas ao longo dessa caminhada, sempre nos apoiando mutuamente. Minha gratidão também à minha amada namorada, Jennifer Schroder Gerlach, que esteve ao meu lado em todos os momentos, oferecendo apoio constante, incentivo e sendo um pilar fundamental para minha evolução pessoal e acadêmica.

Expresso também minha imensa gratidão aos docentes que, ao longo dessa caminhada, acreditaram no meu potencial e me inspiraram a seguir adiante. De modo especial, agradeço ao meu orientador, professor James Alves de Souza, por sua atenção, paciência e dedicação, cujas orientações foram fundamentais para a realização deste trabalho. Meu reconhecimento se estende ainda aos professores Rafael Henriques Longaresi, Letícia Estevão Moraes e Johnny Vilcarromero Lopez, por gentilmente aceitarem o convite para participar da minha defesa.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para este momento, meu mais sincero obrigado.

"O homem não é nada além daquilo que a educação faz dele."

Immanuel Kant

Resumo

O livro didático desempenha um papel fundamental no ensino brasileiro, servindo como uma ferramenta pedagógica essencial para estudantes e professores no processo de ensino-aprendizagem. No ensino de Física, este funciona como um importante guia e sua importância se destaca por permitir estruturar a introdução e a motivação de um problema, a explicação e discussão de teorias, bem como a realização e análise de experimentos. O Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) reforça o uso desses materiais ao avaliá-los e indicá-los para as escolas de nível básico. Dada a sua relevância, uma análise criteriosa dos livros didáticos de Física é essencial para garantir a precisão conceitual dos conteúdos e sua atualização em relação aos avanços científicos e tecnológicos. Neste trabalho, analisamos como a definição de calor e conceitos relacionados são apresentados no livro *Compreendendo a Física*, de Alberto Gaspar, aprovado no PNLD 2018. A pesquisa foi conduzida com base na metodologia de Análise de Conteúdo de Bardin, estruturada em três categorias: conceitual, epistemológica e representacional. A partir dessa análise, identificamos erros conceituais e representacionais significativos na abordagem do termo calor, muitos dos quais remetem à teoria do calórico. Essas imprecisões podem comprometer a compreensão e aplicação adequada dos conceitos e dificultar uma visão mais crítica e integradora do conhecimento. Esperamos que esta análise específica auxilie na reflexão sobre a qualidade dos conteúdos apresentados nos livros didáticos e seu impacto no ensino de Física, incentivando um aprendizado mais sólido, coerente e significativo.

Palavras-chave: Calor, calórico, livro didático, ensino de Física, ensino médio.

Abstract

Textbooks play a fundamental role in Brazilian education, serving as an essential pedagogical tool for students and teachers in the teaching-learning process. In Physics teaching, textbooks serve as important guides and are especially important for structuring the introduction and motivation of a problem, the explanation and discussion of theories, as well as the performance and analysis of experiments. The National Program of Textbooks and Teaching Materials (PNLD) reinforces the use of these materials by evaluating and recommending them for elementary schools. Given their relevance, a careful analysis of Physics textbooks is essential to ensure the conceptual accuracy of the content and its updating in relation to scientific and technological advances. In this work, we analyze how the definition of heat and related concepts are presented in the book “Compreendendo a Física”, by Alberto Gaspar, included in the PNLD 2018. The research was conducted based on Bardin’s Content Analysis methodology, structured into three categories: conceptual, epistemological and representational. From this analysis, we identified significant conceptual and representational errors in the approach to the term heat, many of which refer to the caloric theory. These inaccuracies can compromise the understanding and adequate application of concepts and hinder a more critical and integrated view of knowledge. We hope that this specific analysis will help in the reflection on the quality of the content presented in textbooks and its impact on the teaching of Physics, encouraging more solid, consistent and meaningful learning.

Keywords: Heat, caloric, textbook, physics teaching, high school.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Capa do livro didático “ <i>Compreendendo a Física - Ondas, Óptica e Termodinâmica</i> ”, Vol. 2, de Alberto Gaspar. Editora Ática, 3.a Edição, São Paulo, 2016. Manual do Professor.	20
Figura 2 – Figura 13.5 extraída da obra analisada.	41

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
2	A IMPORTÂNCIA DO LIVRO DIDÁTICO PARA O ENSINO DE FÍSICA	15
2.1	Programa Nacional do Livro Didático	17
2.1.1	Compreendendo a Física de Alberto Gaspar	18
3	REFERENCIAL TEÓRICO	21
3.1	Movimento Térmico e Temperatura	21
3.2	Evolução do Conceito de Calor e a Definição de Energia	22
4	METODOLOGIA	26
4.1	Procedimento de análise do livro didático	27
5	RESULTADOS	29
5.1	Nível 1: Conceitual	29
5.2	Nível 2: Epistemológico	35
5.3	Nível 3: Representacional	38
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
	REFERÊNCIAS	47

1 Introdução

O Ensino de Física no Brasil enfrenta desafios expressivos que evidenciam uma realidade preocupante no cenário educacional do país. De acordo com dados do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), conduzido pela Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), a maioria dos estudantes brasileiros de 15 anos apresenta desempenho insatisfatório em ciências, incluindo Física. Na edição mais recente do PISA, de 2022, a pontuação média dos alunos brasileiros em ciências foi de 403 pontos, com 55% dos estudantes abaixo do nível 2, o que demonstra dificuldades significativas em compreender conceitos básicos e aplicar conhecimentos científicos no dia a dia (BRASIL, 2023).

Os resultados do PISA 2022 mostram que as médias do Brasil permaneceram praticamente inalteradas em relação à edição anterior, sugerindo que o ensino no país não foi profundamente afetado pela pandemia de COVID-19. No entanto, o desempenho dos estudantes continua abaixo da média internacional, e, surpreendentemente, mesmo entre alunos de escolas privadas de maior poder aquisitivo, o desempenho se manteve aquém da média global (BRASIL, 2023). Esse panorama revela uma lacuna educacional significativa, tanto no ensino público quanto no privado.

No contexto das ciências, especialmente na Física, um dos maiores desafios é a dificuldade dos alunos em aprender de forma profunda e duradoura. Muitos se restringem à simples memorização de fórmulas e definições para os exames, esquecendo-os logo após a realização dos mesmos (MOREIRA, 2017). Esse problema é agravado ainda pelo entendimento incorreto de termos específicos da Física, comprometendo a assimilação dos conceitos fundamentais.

Ao analisar o uso cotidiano do termo “calor”, percebe-se que ele é frequentemente empregado de maneira imprecisa, assumindo múltiplos significados tanto nas interações interpessoais quanto nos meios de comunicação contemporâneos. Ao longo da história, diversas explicações foram propostas para justificar e descrever os fenômenos relacionados ao calor, evidenciando sua relevância não apenas na trajetória ontológica do conceito, mas também na construção social dos significados a ele atribuídos (JUNIOR, 2001).

No que diz respeito às dificuldades enfrentadas pelos estudantes no processo de ensino-aprendizagem, Niaz (2006) menciona dezoito pesquisas que corroboram essa análise, apontando que os adolescentes apresentam consideráveis dificuldades em diferenciar os conceitos de calor e temperatura.

Silva (2008) ainda ressalta que muitas pesquisas sobre o livro didático (LD) do ensino básico revelam que esses materiais frequentemente estabelecem princípios inadequados, tratando conceitos, como o calor, de maneira equivocada, o que resulta em explicações confusas e incoerentes com as teorias científicas contemporâneas. Essa incoerência no entendimento e na apresentação do conceito de calor compromete o sucesso instrucional, pois é essencial que o educador compreenda o conceito a ser ensinado.

Cindra e Teixeira (2004) também destacam que muitos livros didáticos, especialmente nas áreas de Química e Física introdutória, fazem uso de expressões inadequadas com relação ao conceito de calor. Os autores argumentam que essas explicações, em vez de refletirem o entendimento moderno do conceito, estão mais alinhadas com a teoria do calórico, superada desde o século XIX.

Os livros didáticos de ciências desempenham um papel crucial ao apresentar e refletir sobre as diferentes formas de compreensão do conceito de calor, permitindo que os alunos se envolvam com o tema de maneira mais ampla e profunda. No entanto, é importante destacar que essa pluralidade de interpretações não se manifesta de maneira uniforme em todas as obras. As variações na forma de apresentar o conceito são evidentes, por exemplo, nas imagens utilizadas, nos textos explicativos e nas atividades práticas propostas. Tais diferenças impactam diretamente a forma como os estudantes assimilam o conteúdo, sublinhando a necessidade de uma análise crítica dos materiais didáticos, como aponta Santos (2022).

Vale destacar ainda que o LD é uma das principais fontes de consulta e referência para professores e alunos, desempenhando um papel fundamental na construção do conhecimento e na organização do trabalho pedagógico em sala de aula (BRASIL, 2002). Sua relevância histórica e educativa é amplamente reconhecida, como destaca Martins (2016), que discute o impacto do LD na democratização do saber e na organização das práticas docentes, evidenciando sua influência nas metodologias de ensino e na formação do estudante.

Pesquisas apontam que algumas obras didáticas apresentam equívocos conceituais, o que pode comprometer tanto a construção do conhecimento quanto a qualidade do ensino (NETO; FRACALANZA, 2003; BAGANHA, 2010). Por essa razão, estudiosos da educação, como Mortimer (1988) e Pretto (1985), têm se dedicado a avaliar a qualidade desses materiais, que também passam por revisões periódicas dentro do próprio PNLD. O livro didático (LD), por sua ampla utilização no ensino de ciências e no contexto da educação básica, tornou-se um dos recursos mais tradicionais para o aprendizado (SANDRIN; PUORTO; NARDI, 2016). Sua distribuição no Brasil começou em 1937, beneficiando estudantes da rede pública em todo o país (SANTOS, 2022). Desde então, o processo de distribuição e avaliação dos LDs foi aperfeiçoado, originando o atual Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) (BRASIL, 1985).

Diante desse cenário e considerando a importância do Livro Didático para o ensino de Física, neste trabalho analisamos como a definição de calor e conceitos relacionados são empregados e representados em um dos livros didáticos aprovados no PNLD 2018: “*Compreendendo a Física*”, volume 2, de Alberto Gaspar (2016). A pesquisa foi conduzida com base na metodologia de Análise de Conteúdo proposta por Bardin (1977), utilizando um sistema de codificação estruturado em três níveis: conceitual, epistemológico e representacional. Os resultados indicam que, embora a obra seja bem estruturada e contextualize o tema historicamente, empregando diversas representações visuais e tecnológicas que podem despertar o interesse dos estudantes, ela apresenta erros conceituais e representacionais significativos. Essas imprecisões podem comprometer a compreensão e a aplicação adequada dos conceitos, dificultando uma abordagem mais crítica e integradora do conhecimento. Assim, espera-se que a nossa análise contribua para uma reflexão mais criteriosa sobre a importância e a qualidade dos materiais didáticos e sua efetividade na construção do conhecimento científico pelos alunos.

2 A importância do livro didático para o ensino de Física

O livro didático (LD) é um livro preparado pedagogicamente para os alunos trabalharem individualmente para apoiar o seu aprendizado e para os professores apoiarem o seu ensino, sendo, portanto, uma ferramenta essencial no processo de ensino-aprendizagem. No ensino de Física, o LD desempenha um papel central, pois, além de ser um livro utilizado para o aprendizado e como recurso para material didático, este oferece uma gama de possibilidades através de exercícios, projetos, experimentos e também é um importante guia para a Física (GRUSCHE; STRAHL; BARDY, 2023).

Apesar de alguns professores utilizarem vários livros e outros materiais didáticos, como artigos, manuais, etc., de maneira seletiva para o preparo de suas aulas, os elaboradores de currículos consideram os livros didáticos de Física como ferramentas essenciais para direcionar e reformar o ensino desta disciplina, lançando novas edições dos livros sempre que um novo currículo é oficialmente anunciado (MIKELSKIS-SEIFERT; RINGELBAND; BRÜCKMANN, 2008).

Apesar dos currículos escolares serem específicos em cada país, os livros didáticos de Física são compostos por elementos estruturais básicos, como orientação pedagógica, texto principal, texto destacado, figuras, tabelas, descrições e instruções de experimentos e listas de exercícios.

Os *elementos de orientação* incluem o sumário e o índice remissivo. O primeiro oferece ao leitor uma visão geral da estrutura do conteúdo do LD, apresentando os temas que são abordados em cada capítulo. Já o segundo fornece o significado de palavras que ocorrem com frequência no texto, sendo muito útil para familiarizar o leitor com a terminologia científica utilizada em tais temas e auxiliá-lo a localizar conteúdos específicos no livro. O *texto principal* apresenta todo o material de aprendizado em profundidade, configurando o texto básico do conteúdo. Este, usualmente, abrange observações, fenômenos, leis e teorias da Física, bem como disciplinas relacionadas. Espera-se que o texto principal descreva processos de raciocínio que levam às leis estudadas, conclusões e aplicações. O *texto destacado* pode aparecer no livro em boxes ou com fonte diferente daquela do texto

principal, com o objetivo de chamar a atenção do leitor para uma lei Física específica, a explicação de conceitos, aplicações cotidianas, para alertar sobre possíveis riscos ou apenas para resumir o texto principal. As *figuras* são utilizadas para auxiliar os estudantes em processos científicos mais abstratos e representações simbólicas, como diagramas de forças, dispositivos mais complexos, relações funcionais, modelos mentais ou ainda facilitar o entendimento e execução de experimentos em sala de aula. Estas também são muito úteis para correlacionar o conteúdo que está sendo discutido com situações cotidianas através de fotos e desenhos realistas. As *tabelas* aparecem quando é necessário fazer uma síntese ou comparação de dados ou informações de maneira organizada para facilitar a acessibilidade e entendimento dos mesmos. As *descrições experimentais* têm o papel importante de apresentar como leis e teorias foram comprovadas em contextos históricos limitados pela tecnologia de diferentes épocas. Estas podem ser apenas descritivas, devido à dificuldade de execução de certos experimentos em sala de aula, ou podem ser demonstrativas. Já as *instruções experimentais* têm a função de orientar os estudantes na metodologia da experimentação. As *listas de exercícios* aparecem usualmente no final de um capítulo e são muito importantes para que os estudantes apliquem o conhecimento adquirido para a consolidação do aprendizado (GRUSCHE; STRAHL; BARDY, 2023).

De maneira geral, os elementos estruturais básicos mencionados são organizados para que o conteúdo seja trabalhado em sala de aula em uma sequência que favoreça o processo de ensino-aprendizagem em ciências, começando com uma motivação e a formulação do problema, passando pela explicação e discussão de teorias e, sempre que possível, pela realização, análise e discussão de experimentos. Todo esse processo é concluído com aplicações e exercícios.

Um LD de Física, quando bem estruturado, pode desempenhar um papel fundamental no auxílio ao professor e aos estudantes, promovendo um engajamento mais profundo com a ciência. Dessa forma, ele possibilita um entendimento mais abrangente das metodologias científicas, interpretações teóricas e suas revisões, que são continuamente moldadas por contextos sociais, culturais e históricos.

2.1 Programa Nacional do Livro Didático

O LD é uma ferramenta pedagógica de grande importância no contexto brasileiro devido ao Programa Nacional do Livro Didático (PNLD). O PNLD foi oficialmente estabelecido pelo Decreto 91.542, de 19 de agosto de 1985 (BRASIL, 1985), que introduziu princípios inéditos para a aquisição e distribuição gratuita e universal de livros didáticos para os alunos da rede pública de ensino de 1º grau, configurando-se como “um projeto nacional a ser implementado na redemocratização do país, considerando que as políticas educacionais estão sempre inseridas em contextos de políticas mais amplas” (CASSIANO, 2007, p. 20). Com mais de 30 anos de existência, o PNLD abrange atualmente toda a Educação Básica Pública do Brasil, promovendo a distribuição de livros didáticos de quase todas as disciplinas curriculares para estudantes e professores.

Segundo estatísticas fornecidas pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE) (BRASIL, 2019), o PNLD de 2019 recebeu um investimento de mais de um bilhão de reais (R\$ 1.102.571.912,18), destinado à aquisição de mais de 126 milhões de exemplares provenientes de 25 editoras distintas. Com esse recurso, foi possível atender os professores da Educação Infantil e a todos os estudantes e professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental. Adicionalmente, foi feita a reposição de livros consumíveis para os anos finais do Ensino Fundamental e Ensino Médio, além da aquisição de livros adicionais, tanto consumíveis quanto reutilizáveis, para atender ao aumento de matrículas em todas as séries do Ensino Fundamental e Ensino Médio.

Em cada edição do PNLD, é produzido um Guia de Livros Didáticos que apresenta resenhas detalhadas de todas as obras aprovadas. Este guia tem como principal finalidade auxiliar professores e equipes pedagógicas na seleção do livro didático que será utilizado na escola por um período de três anos.

Na edição mais recente do Guia de Livros Didáticos de Física, foram incluídas análises de 12 coleções aprovadas, representando o segundo maior número de obras aprovadas entre as quatro edições do PNLD de Física. Em 2015, o PNLD registrou 14 coleções aprovadas, enquanto as edições de 2009 e 2012 apresentaram 6 e 10 coleções aprovadas, respectivamente (BRASIL, 2011; BRASIL, 2014).

Na primeira edição do programa voltado ao Ensino Médio, apenas 27% das obras de Física submetidas foram aprovadas. No entanto, esse índice cresceu significativamente

na edição mais recente, alcançando 75% de aprovação das coleções submetidas (BRASIL, 2019).

O funcionamento do PNLD, que vai desde a inscrição das editoras até a distribuição dos livros, foi descrito e analisado por Di Giorgi e colaboradores (20140), além de Britto (2011). Esse processo tem se mantido relativamente estável nas últimas edições. Uma das etapas centrais do programa é a triagem e avaliação da qualidade técnica e pedagógica dos livros enviados ao Ministério da Educação e Cultura (MEC). A atualização dos conteúdos e métodos utilizados nas obras constitui um dos principais critérios avaliativos.

Isso significa que, além de fornecer os livros, o PNLD é responsável por avaliá-los e indicá-los às escolas. Estabelecido por meio de edital, o requisito de analisar cuidadosamente os livros didáticos contribui para melhorar os conteúdos, buscando eliminar erros conceituais e, na medida do possível, trazer tópicos relevantes da pesquisa em educação e no ensino de Física desses materiais no país (LANGHI; NARDI, 2007). Essa atenção é necessária, porque avanços científicos e tecnológicos podem gerar mudanças rápidas e profundas nas relações humanas, dinâmicas sociais, economia e meio ambiente, entre outros aspectos.

O livro analisado neste trabalho é uma das obras aprovadas pelo PNLD 2018, intitulado “*Compreendendo a Física*”, volume 2, de Alberto Gaspar (2016). Na próxima seção, apresentamos os elementos estruturais básicos deste livro didático, bem como a justificativa para a escolha desse material na análise sobre o uso da terminologia “calor”.

2.1.1 Compreendendo a Física de Alberto Gaspar

A coleção “*Compreendendo a Física*”, de Alberto Gaspar, foi elaborada para atender às necessidades dos professores e estudantes, com foco no ensino de Física de maneira clara, acessível e está, de certa forma, alinhada com os objetivos da Base Nacional Comum Curricular - BNCC (BRASIL, 2018). Ela se destaca pelo compromisso em proporcionar uma abordagem didática que combina teoria, prática e contexto, promovendo um ensino mais envolvente e conectado com o cotidiano dos estudantes.

A coleção é composta por três volumes que cobrem diferentes áreas da Física, com ênfase no desenvolvimento de conceitos fundamentais e em como esses conceitos se aplicam ao mundo real. Como elementos estruturais básicos, os livros possuem, além daqueles mencionados no início da seção 2, uma *Abertura de Unidade*, contendo a ilustração de algum

fenômeno natural ou construção humana para mostrar a importância do conteúdo que será trabalhado no volume; uma *Abertura de Capítulo* com uma imagem contextualizada, com a função de ser o ponto de partida para o estudo do conteúdo proposto; *Questões do Enem e de Vestibulares* atualizadas, para auxiliar os estudantes a se prepararem para os testes nacionais; uma seção em cada unidade dos livros intitulada como *Seção Conexões*, com o objetivo de aprofundar os assuntos abordados de maneira interdisciplinar, fornecendo contextos, perguntas e promovendo discussões para ampliar a visão do estudante sobre a Física e como esta ciência se conecta com outras áreas do conhecimento; um *Glossário* no final dos livros para auxiliar na busca dos significados de palavras destacadas no texto principal, além de leituras complementares e significados de siglas.

Nosso interesse em analisar esta obra surgiu pelo fato de o autor ser amplamente reconhecido como uma das figuras mais influentes na história dos livros didáticos de Física no Brasil (SCHIVANI; SOUZA; LIRA, 2020). Além disso, sua obra se caracteriza pela proposta de desafios, questões de reflexão e atividades experimentais que incentivam os estudantes a se engajar criticamente com os conceitos. Ao promover a participação ativa dos alunos na construção do conhecimento, a coleção também se destaca por apresentar a Física como uma ciência em constante evolução, abordando seu impacto em diversos contextos sociais, culturais e históricos (BRASIL, 2017). Nesse contexto, a análise da terminologia “calor” se torna particularmente relevante, dado que seu conceito científico passou por diversas abordagens históricas, mudanças de paradigmas, conflitos com conceitos relacionados, como energia e temperatura, e pela dificuldade geral de estabelecer conexões entre o uso científico do termo e sua aplicação no cotidiano.

O volume 2 desta coleção é composto por três unidades (GASPAR, 2016):

- **Unidade 1:** Ondas Mecânicas;
- **Unidade 2:** Óptica;
- **Unidade 3:** Termodinâmica.

Nossa análise foi focada exclusivamente na **Unidade 3**, uma vez que o calor e os conceitos relacionados são temas predominantemente abordados na Termodinâmica. Na figura 1 apresentamos uma imagem da capa do livro didático mencionado.

Figura 1 – Capa do livro didático “*Compreendendo a Física - Ondas, Óptica e Termodinâmica*”, Vol. 2, de Alberto Gaspar. Editora Ática, 3.a Edição, São Paulo, 2016. Manual do Professor.



Fonte: Gaspar, 2016.

3 Referencial Teórico

Para estabelecermos a definição cientificamente aceita de calor, abordaremos nesta seção alguns conceitos relacionados, como movimento térmico, temperatura e energia, com o objetivo de esclarecer o entendimento sobre o tema e identificar os problemas que surgiram ao longo da história na busca por uma definição precisa. Isso nos permitirá analisar o uso inadequado dessa terminologia tanto no cotidiano quanto em livros didáticos. Para distinguir as duas abordagens, adotaremos o termo “*calor termodinâmico*” para a definição científica moderna e “*calor cultural*” para destacar o aspecto social e cultural da confusão sobre o conceito de calor, sugerindo que essa visão errônea se espalhou amplamente na sociedade, incluindo livros didáticos e no discurso cotidiano.

3.1 Movimento Térmico e Temperatura

Embora a medição de temperatura estivesse bem estabelecida no final do século XVIII, por meio de várias escalas termométricas como a de Fahrenheit e Celsius, ainda não estava claro para os estudiosos da época o que exatamente estava sendo mensurado com os termômetros, pois calor e temperatura eram frequentemente confundidos como sendo o mesmo fenômeno. Mesmo com a ampla aceitação das escalas termométricas no meio científico, não havia uma teoria que explicasse de maneira satisfatória o que acontecia fisicamente com a matéria quando a temperatura variava.

Toda matéria ordinária que está a nossa volta, que é aquela que possui massa de repouso diferente de zero, é composta por um número muito grande de pequenas partículas se movendo continuamente de maneira coletiva e desordenada. Esse movimento é conhecido como *movimento térmico* e é o objeto de estudo da Termodinâmica e da Mecânica Estatística.

O movimento térmico ocorre mesmo em sistemas completamente isolados. Nessa configuração, qualquer sistema é caracterizado por um estado de equilíbrio conhecido como *equilíbrio termodinâmico*, que envolve o equilíbrio mecânico, químico e térmico do sistema. O equilíbrio mecânico é alcançado quando o sistema não sofre deformações, mantendo seu volume e geometria; o equilíbrio químico ocorre quando não há transformações químicas

no sistema que possam alterar sua composição; e o equilíbrio térmico é atingido quando a *temperatura* do sistema permanece constante ao longo do tempo. Mas o que, de fato, mede a temperatura?

A temperatura é uma função especial do estado de equilíbrio de um sistema e quantifica a intensidade do movimento térmico do mesmo. Ela possui um único valor em todas as partes de um sistema complexo em equilíbrio térmico e é independente do seu número de partículas.

Os livros didáticos usualmente associam a temperatura à agitação térmica de um sistema. Essa agitação térmica é o movimento térmico propriamente dito. Quanto maior for a velocidade ou a amplitude de oscilação das partículas de um sistema, maior será a sua temperatura.

3.2 Evolução do Conceito de Calor e a Definição de Energia

Na antiguidade, o calor era considerado como uma substância que fluía de corpos quentes para corpos frios. Tanto Robert Hooke quanto Isaac Newton sugeriram que o calor de um corpo estava relacionado com o movimento e vibrações de suas partes. Em 1697, o médico alemão Georg Ernst Stahl propôs a teoria do flogístico, como sendo uma substância que seria responsável pela combustão. Esta possuía massa e estaria presente em todos os materiais combustíveis, sendo liberada durante a queima. Na segunda metade do século XVIII, a teoria do flogístico foi refutada por Antoine Lavoisier, que, junto com outros cientistas como Joseph Black, ajudou a formalizar a ideia de um fluido imponderável responsável pela “causa” do efeito conhecido como calor, ao qual se deu o nome de *calórico* (PIRES, 2008).

Joseph Black fez contribuições significativas para o estudo do calor ao identificar propriedades como a *capacidade térmica*, o *calor específico* e o *calor latente* de diferentes materiais (PIRES, 2008). O desenvolvimento destes conceitos foi crucial para estabelecer o estudo do calor sobre fundamentos teóricos e experimentais sólidos. No entanto, os mesmos foram formulados por um dos principais defensores da teoria do calórico, de maneira que, embora as terminologias ainda sejam utilizadas, estas não têm uma correspondência consistente com a definição moderna de calor.

É importante ressaltar que o “calor” como fenômeno térmico foi usado muito antes

da introdução do conceito de “calórico”. Na teoria do calórico, o calor era a manifestação do movimento do fluido calórico. Ele era o efeito da transferência de calórico entre os corpos com diferentes temperaturas, o qual fluía do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura. Quando se dizia que um corpo “recebia calor”, isso significava que ele estava absorvendo calórico e quando um corpo “perdia calor”, significava que ele estava liberando calórico. Em outras palavras, o calórico era considerado como uma quantidade mensurável do calor, capaz de penetrar todo o espaço e fluir para dentro e para fora de todas as substâncias, enquanto o calor era o efeito dessa transferência (LAVOISIER, 1790; BROWN, 1950).

Neste sentido, podemos pensar no calor como *calórico em trânsito*. Note que, com o calórico, o calor passa a ser encarado como uma entidade física independente da matéria, pois este poderia ser transmitido de um corpo para outro. A partir dessa circunstância, os cientistas da época passaram a acreditar que era possível mensurar o calor através do calórico (FRIEDMAN, 1977). Para a medição do calor foi atribuída a unidade *caloria* (cal).

Todavia, foi demonstrado em vários trabalhos, com destaque para o conde de Rumford, Benjamim Thompson (1753-1814), em seu experimento de perfuração de canhão, que isso não era possível e que o calor estava associado a uma nova modalidade de energia. Com a ascensão da Termodinâmica na década de 1840 e da teoria cinética dos gases na década seguinte, Rumford passou a ser reconhecido como um importante filósofo natural. James Prescott Joule afirmou, em 1850, que o experimento de perfuração de canhão de Rumford foi uma tentativa inicial de medir o equivalente mecânico do calor (GOLDFARB, 1977).

Os defensores da teoria do calórico também acreditavam na conservação do calórico, ou seja, a quantidade de calórico cedida por um corpo de maior temperatura deveria ser exatamente a mesma quantidade recebida por um corpo de menor temperatura.

Observe como o calórico era tratado de maneira semelhante ao conceito moderno de energia, como uma quantidade transferível através de interações e que se conserva. Mas o que é energia?

De acordo com a definição moderna de energia, ela é uma medida escalar conservada que representa a capacidade da matéria de interagir com outra matéria para produzir

mudanças físicas (HECHT, 2019). Mas o que isso significa?

A energia total de qualquer sistema físico é dada pela sua energia de repouso ($E_0 = mc^2$), usualmente associada a uma energia potencial, como algo que pode ser “armazenado”, e sua energia de movimento, comumente conhecida como energia cinética. A capacidade da matéria interagir só é verificada quando há troca de energia entre corpos. Quando isso acontece, estes são chamados de corpos interagentes. A consequência imediata de uma interação é que mudanças físicas podem ser observadas e medidas através do monitoramento de propriedades físicas, como alterações no volume de um material, na sua temperatura, massa, velocidade, posição, entre outras. Dizer que essa medida é conservada significa que, se dois corpos interagem isoladamente, esta interação pode ser quantificada tanto em um dos corpos quanto no outro. Ou seja, a quantidade de energia que um deles ganha, e que é responsável por provocar alterações em uma determinada propriedade, é exatamente a mesma daquele corpo que perdeu, podendo ser caracterizada por uma propriedade diferente do primeiro.

Como podemos então associar o conceito de energia com calor? O que é calor termodinâmico?

Para que a matéria possa interagir e transferir ou receber energia no processo, é necessário que existam métodos de transmissão de energia para viabilizar a interação. Estes são classificados de acordo com a natureza da interação. Quando empurramos uma cadeira em uma sala de aula, por exemplo, energia é transferida do nosso corpo para a cadeira, de maneira que a alteração física provocada na cadeira é dada pela mudança na sua posição. A ação de empurrar a cadeira é classificada como a aplicação de uma força. Ou seja, energia é transferida no processo através da aplicação de uma força. Esse método de transmissão de energia é conhecido como trabalho de uma força, ou simplesmente como *trabalho*.

Assim como o trabalho, o calor é um método de transmissão de energia que viabiliza a interação entre dois corpos, ou partes de um corpo, mas este se manifesta quando existe uma diferença de temperatura entre os mesmos. Ou seja, o conceito termodinâmico de calor não se refere a uma substância ou a uma modalidade de energia.

Este configura o método ou o mecanismo pelo qual energia é transferida de um ponto a outro de um sistema, ou entre dois sistemas diferentes, quando existe uma diferença de

temperatura entre eles. (BAZAROV, 1964; HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007).

Isso significa que o calor está relacionado a um processo, que é inerente à matéria e ao seu movimento térmico, e não a uma substância ou entidade. Dizer que “calor é energia em trânsito”, por exemplo, é associar o mesmo a uma modalidade de energia. Energia é uma propriedade da matéria mensurável e pode existir em diferentes modalidades, enquanto que o calor é um processo e não pode ser medido. Quando colocado dessa forma, calor não pode ser confundido com energia, uma vez que são definições completamente diferentes.

Da mesma forma, calor não deve ser confundido com temperatura, pois a temperatura é um parâmetro físico que mede a intensidade do movimento térmico do sistema, enquanto que o calor é um processo que tem como mecanismo de transmissão de energia a interação entre as partículas constituintes do sistema. Contudo, essa interação é o que qualifica o movimento térmico, mas se não há diferenças de temperatura em toda a extensão de um material, não é possível haver propagação ou transmissão de energia de um ponto a outro através de calor, uma vez que o sistema está em equilíbrio térmico.

Na apresentação dos resultados deste trabalho, demonstramos que os preceitos da teoria do calórico são preservados e amplamente aplicados no livro didático analisado. O contexto atual do calor cultural é estabelecido ao substituir a palavra “calórico” por “energia”. Além disso, discutimos outras inconsistências no uso da terminologia do calor cultural, abordando conceitos como energia interna e quantidade de calor, por exemplo, à medida que analisamos o conteúdo do livro do Gaspar.

4 Metodologia

Esta pesquisa fundamentou-se em uma abordagem qualitativa, na qual o objeto de estudo foi analisado sob essa perspectiva investigativa. A escolha dessa abordagem justifica-se pela natureza da pesquisa, que se insere no campo da análise de livros didáticos de Física. Esse método é mais adequado aos objetivos propostos, pois valoriza um olhar interpretativo e descritivo, permitindo abranger as diversas nuances das práticas sociais. Conforme Flick (2009), a abordagem qualitativa emerge da construção social do objeto investigado, focando na compreensão dos sujeitos, de suas ações cotidianas e do conhecimento relacionado ao estudo, detalhando e descrevendo informações sobre pessoas, situações e processos.

A pesquisa também se caracteriza como documental, conforme a definição de Severino (2007), que descreve esse tipo de investigação como fundamentada na análise de documentos em um sentido amplo. Esses documentos podem incluir diversas fontes, como jornais, filmes, gravações, fotografias e registros legais. Nessa abordagem, o material que compõe o corpus de análise geralmente não passa por tratamento prévio, sendo utilizado como matéria-prima para a investigação e construção analítica (SEVERINO, 2007). No presente estudo, o documento analisado é um livro didático de Física aprovado no PNLD 2018.

A pesquisa documental é amplamente utilizada nas ciências sociais e apresenta semelhanças com a pesquisa bibliográfica, dado que ambas exploram dados já disponíveis em fontes específicas. No entanto, Gil (2017) destaca uma distinção fundamental: enquanto o material bibliográfico é frequentemente produzido para um público-alvo específico, o material documental possui uma aplicação mais abrangente, atendendo a diferentes públicos. Além disso, a pesquisa documental possibilita ao pesquisador acessar informações diretamente da fonte primária, o que nem sempre ocorre na pesquisa bibliográfica, onde os dados costumam ser apresentados sob a ótica de outros autores (MENEZES, 2019).

Outra diferença mencionada por Gil (2017) é a localização das fontes: materiais bibliográficos são comumente encontrados em bibliotecas e bases de dados, enquanto as fontes documentais estão geralmente associadas a organizações. No contexto deste estudo, a fonte documental analisada está vinculada ao PNLD, regulamentado pelo MEC. Essa

escolha é estratégica, pois permite uma avaliação direta de uma das obras aprovadas, oferecendo uma compreensão aprofundada sobre como o conceito de calor é tratado em um dos livros utilizados em escolas brasileiras.

Adicionalmente, foi adotado um caráter exploratório na pesquisa, buscando familiarizar o pesquisador com o objeto de estudo e ampliar a compreensão sobre o tema. Essa abordagem, segundo Gil (2017) e Menezes *et al.* (2019), é essencial para aprofundar o entendimento inicial sobre o assunto e pode orientar investigações futuras mais detalhadas. Por meio das pesquisas exploratórias, é possível identificar diferentes perspectivas e aspectos do tema, fornecendo uma base sólida para análises subsequentes e contribuindo para um conhecimento mais contextualizado.

4.1 Procedimento de análise do livro didático

A análise do livro didático foi conduzida com base na metodologia de Análise de Conteúdo proposta por Bardin (1977). Amplamente utilizada em investigações qualitativas, essa abordagem compreende um conjunto de técnicas sistemáticas para examinar dados, permitindo identificar padrões, significados e categorias relevantes. O processo se estrutura em três etapas principais. A primeira, denominada pré-análise, consiste na organização do material a ser estudado, envolvendo a escolha dos documentos, a formulação de hipóteses e a definição das categorias de análise. Em seguida, na fase de exploração do material, procede-se à codificação dos dados, que podem ser agrupados de acordo com critérios previamente estabelecidos. Por fim, na etapa de tratamento dos resultados, os dados são interpretados à luz do referencial teórico (BARDIN, 2011).

A aplicação dessa metodologia envolve a codificação dos dados em categorias analíticas, transformando informações brutas em elementos organizados e estruturados. Bardin (1977) enfatiza que a categorização funciona como um instrumento analítico que facilita a interpretação sistemática dos conteúdos. No contexto desta pesquisa, adotou-se um sistema de codificação estruturado em três níveis para a análise da terminologia “calor” no livro didático selecionado:

- **Nível Conceitual:** Refere-se à definição e aplicação do conceito de calor, considerando a terminologia científica, os princípios e teorias envolvidas, além dos contextos de aprendizagem nos quais é apresentado;

- **Nível Epistemológico:** Engloba aspectos históricos, filosóficos e epistemológicos da evolução do conceito de calor, destacando a construção do conhecimento e os desafios metodológicos associados.
- **Nível Representacional:** Analisa as representações verbais, visuais e matemáticas do conceito de calor, avaliando a clareza das figuras, a precisão das definições e a consistência das equações apresentadas.

Adotando uma abordagem indutiva, a categorização emergiu a partir dos dados presentes na Unidade 3 do Volume 2 do livro *Compreendendo a Física*, de Alberto Gaspar (2016). Isso significa que não houve imposição prévia de hipóteses rígidas. Esse processo possibilitou uma interpretação mais flexível e abrangente dos conteúdos, permitindo identificar padrões de uso do termo “calor”, eventuais ambiguidades conceituais e a coerência entre definições, representações e abordagens epistemológicas.

5 Resultados

Ao analisar os conteúdos da unidade selecionada, buscou-se compreender como o conceito de calor é apresentado, se há alinhamento com a terminologia científica adequada e se as representações utilizadas favorecem ou dificultam a aprendizagem do estudante.

5.1 Nível 1: Conceitual

Como já exposto, o nível conceitual foca na análise da conceituação de calor apresentada no livro, considerando as definições, explicações e teorias adotadas pelo autor para abordar o tema. Nesta categoria, foram examinados os trechos que tratam da definição de calor, esclarecendo o que é o calor, como ele é compreendido e de que forma é aplicado ao longo do texto principal.

Nos trechos categorizados neste nível observa-se ambiguidades que podem comprometer a compreensão dos estudantes sobre o conceito de calor termodinâmico. Em um trecho do texto principal, calor é definido como:

A essa energia que se transfere de um corpo a outro, por conta apenas da diferença de temperatura entre eles, chamamos de calor ou energia térmica. (GASPAR, 2016, p. 201, grifo nosso).

Nota-se que, além do autor cometer o erro grave de definir calor como energia, ele considera que o mesmo é a energia térmica do sistema.

Se analisarmos um sistema físico de maneira geral, precisamos considerar o movimento do seu centro de massa, descrito pela Mecânica Clássica (MC), e o seu movimento térmico, responsável por propriedades físicas descritas pela Termodinâmica e Mecânica Estatística. O movimento ordinário de qualquer objeto, como uma bolinha caindo, é analisado na MC sem fazer qualquer referência ao seu movimento térmico. Para a MC, este nem existe, é como se todas as partículas que compõem o objeto estivessem paradas, ou seja, no zero absoluto (0 K). Nesta situação a energia total do sistema é caracterizada pela sua *energia externa*. Esta consiste na energia de movimento do sistema como um todo,

caracterizado pelo seu centro de massa, e de sua interação com outros sistemas através da aplicação de forças ou pelo seu movimento em campos de força (SOUZA, 2024).

Quando analisamos o movimento térmico de um sistema em repouso, é necessário considerar todas as formas de movimento e interação das partículas que o compõem, o que inclui a energia associada aos movimentos de vibração, translação e rotação de moléculas, interações moleculares, energia interatômica, etc. Neste caso, a energia total do sistema é caracterizada pela sua *energia interna*, também conhecida como *energia térmica*. Em Termodinâmica, quando falamos sobre a energia de um sistema em repouso, estamos nos referindo a essa modalidade de energia, usualmente caracterizada pelo parâmetro U (SOUZA, 2024).

Portanto, a energia interna de qualquer sistema é uma modalidade de energia muito bem definida e não pode ser confundida, em hipótese alguma, com calor. A energia é uma propriedade física do sistema e sua variação pode ser medida através das mudanças físicas observadas no mesmo, enquanto que o calor é um processo de transferência de energia que só ocorre quando há diferença de temperatura entre os corpos interagentes.

Esse tipo de abordagem provavelmente resultará em imprecisões e dificuldades para os estudantes compreenderem o que é calor, energia e a diferença entre ambos. O autor vai além, ao considerar, de maneira completamente equivocada, que o parâmetro conhecido como “*quantidade de calor Q* ” é uma unidade de calor:

Calor não é uma nova grandeza; calor é energia. Portanto, no SI, a unidade de calor ou de quantidade de calor, cujo símbolo é Q , é a própria unidade de energia — o joule. Outra unidade prática e mais familiar — a caloria — tende a ser abandonada; no entanto, como ainda é muito usada, será definida mais adiante. (GASPAR, 2016, p. 202, grifo nosso).

Primeiramente, o parâmetro Q fornece a quantidade de energia que um sistema ganha ou perde através de calor. Como se trata de energia, Q é naturalmente expresso em joules (J) no Sistema Internacional de Unidades (SI). Em outras palavras, o parâmetro Q não é a medida de calor e muito menos a sua unidade. Esta terminologia para o calor não existe no contexto científico. O calor termodinâmico é um processo e não pode ser aferido por nenhum instrumento de medida, enquanto o parâmetro Q fornece a

energia transferida ao sistema ou pelo sistema através do método calor (SOUZA, 2024). A terminologia utilizada para o parâmetro Q , mantida atualmente de maneira equivocada como “*quantidade de calor*”, é uma herança da teoria do calórico.

O fato de Q ser nomeado como quantidade de calor e ser expresso em joules é uma das principais fontes de confusão entre os estudantes, pois frequentemente eles perguntam: “Professor, se calor não é energia, por que o parâmetro Q é expresso em joules?” Essa pergunta revela que, muitas vezes, os alunos entendem que Q é o calor, e não como a quantidade de energia transferida por esse processo. Esse equívoco, infelizmente, também é propagado entre os professores, incluindo o autor do livro analisado. Nota-se com isso, que o autor adota o calor cultural como conceito predominante em sua obra e não o calor termodinâmico, utilizado em Física.

Com relação à unidade *caloria* (cal) o autor despreza o equivalente mecânico do calor obtido por Joule. Em 1845, Joule mostrou que esta é uma unidade de energia e não de calor, como acreditava-se naquela época. Se a terminologia utilizada fosse atualizada, os livros didáticos e nós mesmos deveríamos nos referir ao resultado obtido por Joule, atualmente dado por $1 \text{ cal} = 4,1868 \text{ J}$, como o *equivalente mecânico da caloria*, e não do calor. A caloria é só mais uma unidade de energia, assim como o *erg* (erg), o *eletronvolt* (eV) o *kilowatt-hora* (kWh) e a unidade térmica britânica (*British thermal unit* - BTU).

Nos trechos do manual do professor, a discussão sobre a redundância da expressão “*transferência de calor*” ilustra o esforço do autor em equilibrar precisão científica e acessibilidade pedagógica.

A expressão transferência de calor pode ser considerada redundante, pois, como foi definido no capítulo anterior, calor é energia transferida. Dizer ‘transferência de calor’ é o mesmo que dizer ‘transferência de energia transferida’. No entanto, a empregamos aqui por duas razões: primeiro porque ela está consagrada pelo uso; segundo porque não há uma expressão alternativa adequada.
(GASPAR, 2016, p. 218, grifo nosso).

No trecho acima, o autor não só apresenta uma definição incorreta para o calor e termos relacionados, como “transferência de calor”, mas também faz uma afirmação que

contradiz o próprio conceito de ciência ao afirmar que a “terminologia está consagrada”. A ciência, junto aos conceitos que a sustentam, não é algo fixo e definitivo; pelo contrário, ela é um campo dinâmico de conhecimento, influenciado por contextos culturais, sociais, políticos e econômicos, que moldam a forma como as questões científicas são formuladas e investigadas (KUHN, 1970; MORIN, 2005). Isso implica que os conceitos fundamentais da ciência evoluem e precisam ser constantemente atualizados para proporcionar um melhor entendimento e maior clareza às futuras gerações. Infelizmente, isso não tem ocorrido com a terminologia calor e conceitos relacionados, de modo que os livros didáticos apresentam uma defasagem de quase 200 anos sobre o tema.

Com base nas definições apresentadas, dizer “*transferência de calor*” é considerar o calor como uma substância que pode ser transferida de um corpo para outro. Esta também é uma herança da teoria do calórico. Portanto, não cabe buscarmos uma expressão alternativa para “*transferência de calor*”, porque ela é completamente inconsistente com a definição de calor termodinâmico. A expressão correta, do ponto de vista científico, neste caso é “*transferência de energia através de calor*” ou “*transferência de energia por meio de calor*”, de maneira que a definição de calor como um método ou processo de transferência de energia é claramente destacada.

Essa questão deveria ser abordada de maneira mais crítica e reflexiva, especialmente em um manual voltado para educadores. O reconhecimento da inadequação do termo deveria ser acompanhado por uma proposta pedagógica que auxilie os professores a compreender e ensinar o conceito com maior precisão, promovendo a superação de vícios linguísticos que não refletem a realidade científica.

O autor persiste nos erros mencionados ao longo do texto principal, fazendo o comentário adicional de que calor e quantidade de calor possuem a mesma definição:

Não há diferença entre calor e energia térmica. Elas são expressões sinônimas. [...] o termo quantidade de calor poderia ter sido dispensado; bastaria apenas calor. (GASPAR, 2016, p. 380, grifo nosso);

Para verificarmos que a energia térmica U de um sistema e a quantidade de calor Q não são a mesma grandeza, basta utilizarmos a Primeira Lei da Termodinâmica, que estabelece o princípio de conservação de energia:

$$\Delta U = Q - W, \quad (5.1)$$

em que W é a quantidade de energia que o sistema ganha ou perde através de trabalho.

Pela equação (5.1), percebe-se diretamente que essas grandezas não são equivalentes, pois são naturalmente representadas por parâmetros distintos. Além disso, a energia interna U é uma função de único valor que define o estado termodinâmico de um sistema, enquanto a energia Q representa a quantidade de energia transferida através de calor durante um processo de aquecimento ou resfriamento, promovendo a evolução do sistema de um estado para outro.

Isso implica que, para que toda a energia Q fornecida através de calor resulte no aumento da energia interna $\Delta U = Q$ do sistema, nenhuma parcela dessa energia deve ser dissipada através de trabalho ($W = 0$). Esse cenário ocorre, por exemplo, em processos isovolumétricos (ou isocóricos), onde não há variação de volume e, conseqüentemente, nenhum trabalho é realizado.

Um exemplo prático que pode ser compreendido pelos estudantes é o caso de uma panela de pressão com a válvula entupida. Nesse caso, a energia interna da substância em seu interior, e conseqüentemente sua temperatura, aumenta exclusivamente devido à quantidade de energia Q fornecida através de calor pela chama de um fogão (fonte térmica). Como não há possibilidade de expansão do gás para realizar trabalho, já que a válvula está bloqueada, a pressão no interior da panela aumenta continuamente. Se esse aumento de pressão for excessivo, pode levar à explosão da panela, um evento que, de fato, pode ocorrer.

Esse exemplo ilustra como um contexto cotidiano pode ser utilizado para facilitar a compreensão da diferença entre os conceitos de energia interna (U), a quantidade de calor (Q) e o próprio processo de troca de energia através de calor em um sistema termodinâmico.

Ainda nesse contexto, a equação (5.1) estabelece que a variação da energia interna de um sistema termodinâmico ocorre exclusivamente por meio de interações com a vizinhança, ou seja, é necessário que o sistema troque energia com o meio externo para que haja transferência de energia através de calor ou de trabalho, resultando em $\Delta U \neq 0$. Isso significa que a energia interna (ou térmica) de um sistema sempre existe enquanto o sistema existir, pois é uma propriedade intrínseca de seu estado termodinâmico. Em contrapartida, as quantidades de energia Q transferidas através de calor, e W , transferida através de trabalho, responsáveis por provocar variações na energia interna do sistema, não são

propriedades do sistema, ocorrem apenas durante os processos de interação.

O autor também correlaciona o tema *radiação térmica* como uma necessidade para entender o que é equilíbrio térmico e o conceito de calor nos seguintes trechos:

Quando dizemos que o calor é a energia transferida de um corpo mais quente para um corpo mais frio devido à diferença de temperatura entre eles, não estamos nos referindo ao total da energia trocada, mas ao saldo resultante da energia trocada através dos fótons térmicos.

(GASPAR, 2016, p. 381, grifo nosso);

Para entender o conceito de calor e principalmente de equilíbrio térmico, é essencial entender que todo corpo irradia e absorve calor, sempre; não existem corpos que só cedem calor e outros que só recebem calor. (GASPAR, 2016, p. 381, grifo nosso).

No primeiro trecho, o autor comete novamente o equívoco de afirmar que calor é energia, além de tentar correlacionar o processo de transferência de energia através de calor à produção de fótons térmicos. Esses fótons constituem a radiação térmica de um corpo e são emitidos devido à sua temperatura, ou seja, são provenientes de seu movimento térmico.

A radiação térmica ocorre em qualquer temperatura acima do zero absoluto, mesmo quando o corpo está em equilíbrio térmico, e sua distribuição espectral é descrita pela Lei de Planck (EISBERG; RESNICK, 1979). Nesse contexto, não faz sentido falar em calor, uma vez que o conceito de calor se aplica exclusivamente a processos de transferência de energia entre corpos com temperaturas diferentes.

No segundo trecho, o autor novamente trata, de forma inadequada, o calor como uma substância inerente a um corpo, ao afirmar que este pode “irradiar” ou “absorver calor”. No entanto, por se tratar de um processo de transferência de energia, o calor não é uma propriedade intrínseca da matéria, mas sim um fenômeno que ocorre entre corpos interagentes, desde que haja diferença de temperatura entre eles.

Para que as expressões destacadas tornem-se cientificamente corretas, a palavra calor deve ser substituída por energia, de maneira que: “*todo corpo perde e absorve energia através de calor*” e “*não existem corpos que apenas perdem energia e outros que apenas*

recebem energia através de calor”.

Além disso, a radiação térmica é um mecanismo independente de transmissão de energia, não estando diretamente ligado ao conceito de calor (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2007).

A análise dos trechos selecionados revela uma série de equívocos conceituais na abordagem do autor sobre o calor, refletindo uma compreensão desatualizada e inconsistências terminológicas que podem comprometer a aprendizagem dos estudantes. O autor trata o calor ora como energia interna, ora como uma substância presente nos corpos, reforçando concepções ultrapassadas que remontam à teoria do calórico. Além disso, a confusão entre a quantidade de calor, dada pelo parâmetro Q , e o próprio conceito de calor, assim como a equivocada interpretação de Q como uma unidade de calor, evidencia uma falta de rigor na distinção entre grandezas físicas fundamentais. Essas imprecisões não apenas dificultam a compreensão do conceito de calor como um processo de transferência de energia, mas também perpetuam concepções errôneas entre professores e estudantes. Dado o papel central dos livros didáticos na formação conceitual dos alunos, é essencial que tais obras apresentem definições coerentes e alinhadas com a ciência contemporânea, garantindo maior clareza e precisão na exposição dos conceitos termodinâmicos.

5.2 Nível 2: Epistemológico

O nível epistemológico abrange a análise dos trechos em que a obra didática explora a evolução histórica do conceito de calor, desde suas origens até os avanços que levaram à compreensão moderna baseada na energia. Nossa análise busca compreender como o livro organiza e apresenta essa trajetória histórica, considerando as limitações e os paradigmas específicos de cada período, além das contribuições relevantes para o ensino da Física.

Em relação aos aspectos históricos, o autor do livro didático descreve de maneira abrangente e cronológica as diferentes teorias sobre o calor, começando com a teoria mecanicista de Francis Bacon e a teoria do calórico proposta por Lavoisier. Esse histórico proporciona uma compreensão geral da evolução das concepções sobre o calor, mas o autor poderia dar mais ênfase à crítica e ao refinamento dos modelos, à medida que a ciência evolui, para tornar mais claro o processo de refutação e substituição das antigas ideias por novas.

Embora o autor mencione o calórico como fluido e a evolução para uma visão moderna do calor, ele não aprofunda suficientemente as limitações epistemológicas dessas teorias. O conceito de calórico, por exemplo, foi uma tentativa de modelar o calor, mas, como qualquer teoria científica, esta foi questionada e analisada com base em evidências empíricas. Nesse ponto, a análise poderia destacar melhor o papel das experimentações de figuras como Benjamin Thompson e James Joule, que contribuíram para refutar ou modificar essas concepções.

O livro expõe de maneira ampla a transição paradigmática do calor como substância para a sua interpretação relacionada à energia, apesar do autor considerar insistentemente que calor é “energia” ou uma “forma de energia”. A partir da epistemologia, pode-se observar que essa mudança está atrelada a uma redefinição mais robusta do que é considerado “evidência” científica, passando da especulação para experimentos controlados e medições objetivas, como as realizadas por Joule. Nesse contexto, o autor enfatiza de uma forma interessante que, ao longo da história, as ideias sobre calor foram guiadas pela necessidade de interpretar observações experimentais e da mudança nas ferramentas científicas disponíveis, refletindo o caráter dinâmico da ciência.

Apesar do autor apresentar uma sequência cronológica interessante, que retrata de fato como o conceito de calor evoluiu, dizendo por exemplo como a teoria do calórico foi aceita e depois abandonada, ele poderia explorar melhor a ideia de que as teorias científicas não são estáticas ou imutáveis, mas sim sujeitas a revisões e substituições à medida que novos dados e conceitos surgem. Esse movimento epistemológico é central para a ciência, pois a verdade científica é construída através de um processo contínuo de questionamento, refutação e reformulação.

É interessante observar também a importância que o autor fornece à contribuição de Joule para o fechamento do ciclo epistemológico do conceito de calor, descrevendo com detalhes como o experimento para obtenção do equivalente mecânico da caloria foi desenvolvido, as conclusões e os resultados obtidos por ele. Os experimentos de Joule, além de refutarem a teoria do calórico, permitiram relacionar o calor com uma nova modalidade de energia. Contudo, o autor poderia detalhar melhor a importância de suas contribuições para o entendimento moderno de calor, energia e o conceito de conservação de energia, assim como seu impacto para o desenvolvimento da Termodinâmica.

Outra figura muito importante nesse processo e também apresentada no livro didático foi Rudolf Clausius. A contribuição de Clausius para a compreensão do calor e da Termodinâmica foi fundamental, principalmente no que diz respeito à evolução epistemológica do conceito de calor como um processo de transferência de energia. Vale ressaltar que o autor não adota essa terminologia, ele considera de maneira reiterada que calor é energia.

Embora o autor tenha reconhecido a importância da contribuição de Clausius no livro didático, a abordagem apresentada peca pela falta de profundidade e clareza. O autor menciona a mudança crucial no entendimento do calor com base no conceito de energia e destaca que Clausius, junto com Joule, ajudou a consolidar a relação entre temperatura e energia cinética das partículas. No entanto, a explicação não vai além dessa relação inicial e não enfatiza o impacto profundo de Clausius no desenvolvimento da Termodinâmica.

A contribuição de Clausius foi fundamental não apenas por afirmar que o calor é um processo de transferência de energia, mas também por suas inovações conceituais que transformaram a compreensão do calor. Ele formulou a Segunda Lei da Termodinâmica, introduzindo o conceito de entropia e explicando como a energia se dispersa de forma irreversível em processos naturais. Com isso, foi possível esclarecer que a transferência de energia através de calor ocorre de forma espontânea somente de um corpo mais quente para um corpo mais frio, estabelecendo uma direção para o processo. Ele também descreveu que a energia obtida de uma fonte térmica através de calor não pode ser convertida inteiramente em outra modalidade através de trabalho, o que também refina a compreensão do calor, não como uma “substância”, mas como um fluxo de energia que depende das condições do sistema. A simplificação da abordagem no livro didático não faz jus à importância dessas contribuições, que forneceu a base para uma teoria unificada da Termodinâmica, ligada à ideia de irreversibilidade e à definição da direção dos processos térmicos.

Além disso, o autor do livro parece se concentrar em aspectos muito gerais da teoria cinética dos gases e das implicações da ideia de fluxo de energia, mencionado por ele como “fluxo de calor”, mas não menciona diretamente como a formulação de Clausius sobre a entropia e sua abordagem sobre a irreversibilidade dos processos térmicos são essenciais para a evolução do conceito termodinâmico de calor. A abordagem do autor neste sentido é puramente técnica e utiliza o calor como um conceito secundário, com os mesmos problemas etimológicos citados anteriormente.

Portanto, o autor poderia ter se aprofundado mais nos aspectos filosóficos da contribuição de Clausius, explicando com mais clareza a importância de suas teorias para o entendimento do calor e da energia, especialmente em um contexto termodinâmico mais amplo. O livro oferece uma visão parcial da contribuição de Clausius, que, apesar de ser um ponto importante na evolução do conceito de calor, não é tratado com a devida abrangência e profundidade epistemológica.

Embora a obra apresente os marcos históricos com clareza, sua abordagem se limita a uma linha do tempo cronológica e descritiva, sem explorar de maneira mais profunda as implicações pedagógicas e contemporâneas das teorias abordadas. A dimensão epistemológica, embora presente nos capítulos iniciais, não é desenvolvida de forma consistente ao longo do texto, o que restringe a articulação entre os fundamentos históricos e os conteúdos atuais. Essa lacuna indica que o livro prioriza uma narrativa histórica introdutória, em detrimento de uma análise crítica e integrada que poderia enriquecer o ensino científico e promover uma compreensão mais reflexiva dos conceitos.

5.3 Nível 3: Representacional

Neste nível analisamos como o conceito de calor é expresso no livro didático por meio de diferentes formas de representação. Essa análise abrange elementos textuais, visuais e matemáticos, avaliando a maneira que essas representações auxiliam na construção do conhecimento, sua coerência com os princípios científicos, sua adequação ao contexto pedagógico e ao público-alvo.

Uma das principais estratégias observadas no material é a contextualização do calor e de conceitos relacionados por meio da exploração do espectro eletromagnético e de suas aplicações tecnológicas. No entanto, antes de prosseguir com a análise representacional do livro didático, é fundamental realizar uma digressão conceitual para avaliar criticamente a abordagem adotada, como a apresentada abaixo:

Na verdade, como já vimos em *Óptica*, a única diferença entre calor e luz é a frequência da radiação que os olhos humanos conseguem detectar. As radiações de calor (infravermelhas) estão entre as frequências de 10^{11} Hz a 4×10^{14} Hz, enquanto no curto intervalo de 4×10^{14} Hz a 8×10^{14} Hz estão as radiações luminosas. Na verdade, o que chamamos de luz são as radiações que os olhos humanos podem ver. (GASPAR, 2016, p. 218, grifo nosso).

Neste fragmento de texto é sugerido que calor e luz são fenômenos essencialmente iguais, diferenciando-se apenas pela frequência da radiação. No entanto, calor não é uma radiação ou uma forma específica de energia, mas sim um processo de transferência de energia estabelecido em decorrência de diferenças de temperatura entre os corpos interagentes. A radiação é outro mecanismo de transferência de energia completamente independente do calor e é um processo que não depende da diferença de temperatura entre o sistema que está irradiando e sua vizinhança. Portanto, este não deve ser confundido com o próprio conceito de calor.

A confusão em considerar a radiação como um “processo de transferência de calor”, conforme mencionado pelo autor na página 218 do livro didático, tem raízes históricas, uma vez que, no passado, acreditava-se que calor e radiação compartilhavam a mesma natureza. Isso é mencionado pelo próprio autor:

No entanto, por volta de 1830, ela [teoria do calórico] já estava praticamente abandonada, sobretudo por causa da convicção da maior parte dos cientistas da época de que luz e calor seriam radiações originadas de vibrações do éter (fluido que permearia todo o Universo). Em outras palavras, se o calor tinha a mesma origem da luz e se propagava como ela, transferindo-se de um corpo a outro a distância, por radiação, não podia estar contido em um fluido material, como Lavoisier propôs. (GASPAR, 2016, p. 200, grifo nosso).

A radiação infravermelha é gerada pelo movimento térmico de um corpo e, ao ser absorvida por outro, pode estimular seus graus de liberdade vibracionais. No entanto, isso não configura, por si só, um processo de transmissão de energia através de calor. O aquecimento resultante da absorção dessa radiação não está diretamente vinculado

ao conceito de calor, pois um corpo pode emitir ou absorver radiação infravermelha independentemente de estar em equilíbrio térmico com seu ambiente. Em contraste, o calor, como processo, requer fundamentalmente uma diferença de temperatura entre os corpos interagentes para ocorrer.

O autor ainda diz que “A radiação é o processo mais importante de propagação de calor. Sem ela não haveria vida em nosso planeta; é por radiação que o calor do Sol chega até a Terra.” (GASPAR, 2016, p. 218, grifo nosso). A forma correta dessa frase é: “é por radiação que a energia do sol chega até a Terra.”

Se calor fosse uma radiação, todos os processos térmicos dependeriam da emissão e absorção de ondas eletromagnéticas e não da diferença de temperatura entre os corpos interagentes. O método do calor manifesta-se nos sólidos através do processo conhecido como condução, sem que haja movimentação de matéria, e nos fluidos por meio da convecção, com a movimentação de matéria em um campo gravitacional, desde que haja diferença de temperatura entre as partes do sistema considerado ou entre diferentes sistemas interagentes.

A radiação infravermelha faz parte do espectro eletromagnético e está associada à emissão de energia por corpos com temperatura acima do zero absoluto ($T > 0$). No entanto, a transferência de energia por radiação não se limita ao infravermelho, outras faixas do espectro, como a luz visível e os raios X, também transportam energia. Um exemplo notável é a radiação solar, que abrange uma ampla faixa de frequências, incluindo ultravioleta, visível e infravermelho. Enquanto a radiação infravermelha contribui significativamente para o aquecimento da superfície terrestre, a radiação visível desempenha um papel fundamental em processos como a fotossíntese, essencial para a manutenção da biosfera e a regulação do ciclo do carbono, ajudando, assim, a mitigar o aquecimento global.

A energia transportada pela luz visível pode ser absorvida e convertida em energia térmica, mas isso não significa que luz e calor sejam a mesma coisa. Esta concepção, como o autor mesmo retrata na página 200, é de 1830. Novamente, o calor é um processo de transferência de energia associado à diferença de temperatura entre os corpos interagentes, enquanto a luz é uma onda eletromagnética que pode interagir com a matéria de diferentes maneiras, como reflexão, refração e absorção.

O livro didático apresenta uma explicação conceitualmente inadequada e ultrapas-

sada há quase 200 anos ao tratar calor e luz como equivalentes, o que pode induzir os estudantes a uma compreensão equivocada. Uma abordagem mais precisa seria esclarecer que a radiação infravermelha é um mecanismo de transferência de energia que pode provocar variações de temperatura em um sistema que a absorve, mas que calor e luz são conceitos distintos. Essa imprecisão compromete a clareza da explicação e pode gerar dificuldades no aprendizado de temas fundamentais da Termodinâmica e do Eletromagnetismo.

Apesar das imprecisões conceituais identificadas ao longo da obra, o livro didático se destaca ao apresentar diversas tecnologias e aplicações práticas relacionadas ao calor. Essas abordagens permitem que os estudantes reconheçam a presença e a importância da Física em seu cotidiano, conectando os conceitos estudados a fenômenos reais, como o funcionamento de termômetros, fornos de micro-ondas, painéis solares e câmeras de infravermelho. Dessa forma, mesmo que a fundamentação teórica apresente limitações, a contextualização tecnológica pode despertar o interesse dos alunos e favorecer uma aprendizagem mais significativa.

Um exemplo interessante é a termografia de um elefante, mostrada na figura 2, em que é possível verificar as variações de temperatura na superfície da pele do animal.

Figura 2 – Figura 13.5 extraída da obra analisada.



◆ Figura 13.5. Termografia do calor irradiado pelo corpo de um elefante.

Fonte: Figura extraída de Gaspar (2016, p. 219).

A descrição dessa figura é feita em um box onde o autor faz uma conexão muito

interessante da Física com a Biologia:

As grandes orelhas dos elefantes são resultado de sua evolução, ajudando-os a diminuir a temperatura de seu enorme corpo, visto que são animais que habitam regiões muito quentes (Ásia e África) e que têm a pele muito grossa (o que dificulta a perda de calor para o ambiente). As orelhas desses animais são bem finas e cheias de vasos sanguíneos. Quando o sangue chega até elas, ele perde calor para o ambiente, voltando resfriado para o resto do organismo do animal. Por esse motivo, os elefantes costumam estar sempre abanando as orelhas, o que acelera a troca de calor. (GASPAR, 2016, p. 219, grifo nosso).

Note nas sentenças grifadas que o autor trata o calor como uma substância trocada ou perdida durante uma interação. O contexto ficaria excelente, do ponto de vista científico, bastando trocar a palavra calor por energia.

Além das fotos, o livro didático faz uso de diversas outras representações visuais para complementar a abordagem conceitual, incluindo ilustrações realistas de sistemas macroscópicos e microscópicos, como redes cristalinas, gráficos, tabelas e esquemas de processos físicos. Essas representações desempenham um papel fundamental na construção do conhecimento dos estudantes, pois permitem a apreciação de fenômenos que, muitas vezes, não podem ser diretamente observados. Além disso, o uso de diagramas e ilustrações detalhadas contribui para a articulação entre os modelos teóricos e suas aplicações práticas, tornando os conceitos mais acessíveis. Apesar das limitações conceituais identificadas no material, esses recursos gráficos representam um ponto positivo da obra, pois enriquecem a experiência de aprendizado ao oferecer múltiplas formas de representação do conhecimento, favorecendo diferentes estilos de aprendizagem.

Em relação ao uso de equações, o autor as apresenta de maneira pontual, sem numerá-las, o que pode dificultar a realização de conexões entre os temas abordados ao longo do livro. A ausência de uma numeração padronizada compromete a referência cruzada entre diferentes seções, tornando trabalhoso para o leitor identificar e retomar equações previamente discutidas. Apesar dessa limitação estrutural, as equações são, em sua maioria, apresentadas corretamente tanto no corpo do texto quanto nas listas de

exercícios. No entanto, sua integração ao desenvolvimento conceitual poderia ser mais elaborada, explorando com maior profundidade a relação entre a formulação matemática e a interpretação física dos fenômenos, o que contribuiria para uma compreensão mais sólida por parte dos estudantes.

Dentre os problemas representacionais observados, na página 220, o autor apresenta a expressão matemática para o fluxo de energia através de calor, equivocadamente referido como “fluxo de calor”, na forma $\Delta Q/\Delta t$, em que Δt é o intervalo de tempo que a energia ΔQ flui de um ponto a outro do sistema através de calor.

Esse tipo de abordagem também aparece no capítulo 15, ao introduzir a variação da entropia ΔS do sistema por meio da equação:

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T}. \quad (5.2)$$

Neste contexto, o autor afirma que “ ΔS é a variação de entropia quando a esse sistema ou corpo é cedida (ou absorvida) a quantidade de calor ΔQ à temperatura absoluta T .” (GASPAR, 2016, p. 263, grifo nosso).

Em ambas as situações, o autor utiliza a notação ΔQ para se referir à quantidade de calor transferida, o que é conceitualmente incorreto. A energia transferida através de calor é representada por uma diferencial inexata, denotada por δQ , e não pode ser escrita como uma variação entre estados termodinâmicos ΔQ . Essa distinção é fundamental porque Q não é uma propriedade de estado do sistema.

As propriedades termodinâmicas de estado, como temperatura T , entropia S , pressão P e volume V , são descritas por diferenciais exatas, como dT , dS , dP e dV . Para essas grandezas, a variação entre dois estados definidos pode ser expressa como:

$$\int_{T_1}^{T_2} dT = T_2 - T_1 = \Delta T. \quad (5.3)$$

No entanto, para a quantidade de energia Q ou mesmo W , transferidas através de calor e trabalho, respectivamente, não podemos escrever expressões análogas, uma vez que as diferenciais δQ e δW correspondentes não são exatas para fornecer ΔQ ou ΔW . Isso ocorre porque estas quantidades estão associadas a processos específicos que levam o sistema de um estado a outro, e não a funções de estado do próprio sistema (OLIVEIRA, 2020). Esse erro conceitual pode levar a dificuldades na compreensão da

Termodinâmica, especialmente no entendimento da diferença entre funções de estado e quantidades que dependem do processo. Portanto, a terminologia correta nesse contexto deve ser sempre Q e W , e nunca ΔQ ou ΔW . Essa distinção não é apenas uma questão de formalismo matemático, mas um aspecto essencial para a representação conceitual correta da Termodinâmica.

Nos exemplos apresentados pelo autor do livro didático, a taxa de transferência de energia através de calor deve ser corretamente expressa como $Q/\Delta t$, enquanto a equação (5.2) para a variação da entropia deve ser reescrita como:

$$\Delta S = \frac{Q}{T}. \quad (5.4)$$

É importante destacar que a formulação correta das equações é um aspecto fundamental para o ensino eficaz da Física, para garantir que os alunos desenvolvam uma compreensão rigorosa dos fenômenos estudados, evitando interpretações equivocadas. Um livro didático que emprega equações de forma clara, coerente e acessível contribui significativamente para a construção do raciocínio físico, no que se refere à capacidade de interpretar, formular e resolver problemas da Física, tornando a aprendizagem mais estruturada e significativa.

6 Considerações Finais

A análise realizada na Unidade 3 do volume 2 do livro didático intitulado “Compreendendo a Física” de Alberto Gaspar (GASPAR, 2016) revelou tanto pontos positivos quanto aspectos que necessitam de uma ampla revisão no que se refere à apresentação e explicação do conceito de calor termodinâmico. Embora o autor tenha feito um bom trabalho ao contextualizar o tema através da história da ciência, utilizando diversas representações visuais e tecnológicas que podem contribuir para o interesse dos estudantes, observamos que ele comete alguns erros conceituais e representacionais importantes, dando grande ênfase e destaque à terminologia do calor cultural.

Do ponto de vista conceitual, o autor sugere de maneira inadequada em várias partes do texto que calor, energia interna e quantidade de calor são equivalentes. Tal confusão pode levar os estudantes a uma compreensão superficial e equivocada dos processos térmicos, desconsiderando a natureza distinta de cada um desses conceitos. Além disso, ao tratar o calor e a luz como entidades equivalentes, o autor ignora as diferenças fundamentais entre esses dois fenômenos físicos, o que pode induzir uma visão incorreta de que ambos são apenas formas de radiação. Essa abordagem pode dificultar o entendimento da natureza dos diferentes mecanismos de transferência de energia, comprometendo o aprendizado adequado sobre Termodinâmica e Eletromagnetismo.

Em termos epistemológicos, o livro apresenta uma narrativa histórica dos conceitos, mas de maneira predominantemente descritiva e cronológica, sem uma reflexão mais profunda sobre as implicações dessas teorias no contexto contemporâneo da Física. A obra poderia explorar melhor a conexão entre o desenvolvimento histórico dos conceitos e suas aplicações modernas, proporcionando uma perspectiva mais crítica e integradora, que favorece a formação de um conhecimento mais reflexivo por parte dos estudantes.

No aspecto representacional, o livro se destaca pelo uso de recursos visuais e gráficos que ajudam a contextualizar os conceitos de maneira clara. A utilização do espectro eletromagnético para explicar a radiação infravermelha, por exemplo, é uma boa estratégia para aproximar o conteúdo das tecnologias contemporâneas e do cotidiano dos alunos. Contudo, algumas imprecisões conceituais e a falta de numeração das equações

dificultam a compreensão e a referência cruzada entre os temas, o que poderia ser corrigido para tornar o material mais didático e acessível.

Adicionalmente, a utilização inadequada da terminologia, como o uso de ΔQ para representar a quantidade de calor, também compromete a clareza dos conceitos. A importância de uma nomenclatura rigorosa, que faça a distinção entre diferenciais exatas e inexatas, é fundamental para evitar mal-entendidos em tópicos mais complexos, como a diferença entre funções de estado, como a temperatura e a entropia, e as quantidades de energia Q e W , que dependem do processo realizado para evoluir o sistema de um estado para outro.

Em suma, o conteúdo apresentado na Unidade 3 do volume 2 do livro didático analisado precisa ser melhorado significativamente para oferecer uma base sólida para o ensino de Física e, conseqüentemente, ampliar a sua eficácia pedagógica. Uma revisão na explicação de conceitos fundamentais, aliada a um tratamento mais rigoroso da terminologia e à exploração crítica das descobertas históricas, permitiria que os estudantes construíssem um conhecimento mais profundo e consistente, alinhado tanto com as teorias clássicas quanto com as aplicações modernas da Física. Dessa forma, o material poderia se tornar uma ferramenta ainda mais poderosa para o processo de ensino-aprendizagem, promovendo uma abordagem mais integrada e reflexiva do conteúdo científico.

A partir deste trabalho foi possível entender que a análise detalhada de um livro didático, considerando suas dimensões conceituais, epistemológicas e representacionais, é fundamental para identificar pontos de melhoria e assegurar que os conteúdos ofereçam uma compreensão precisa e alinhada com os avanços históricos e teóricos da Física. Ao identificar e corrigir equívocos conceituais, avaliar a maneira como o conhecimento é apresentado e verificar a clareza e a adequação das representações utilizadas, podemos melhorar a qualidade do ensino e evitar a propagação de ideias errôneas que dificultem o aprendizado dos estudantes, como a insistente utilização da terminologia do calor cultural, que remonta à teoria do calórico, no ensino da Termodinâmica. Uma análise cuidadosa do material didático, portanto, não só contribui para uma formação científica mais robusta, mas também auxilia na construção de uma abordagem pedagógica mais eficaz, alinhada aos desafios do ensino de Física no contexto contemporâneo.

Referências

- BAGANHA, D. E. *O papel e o uso do livro didático de ciências nos anos finais do ensino fundamental*. 2010.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. [S.l.]: Edições 70, 2011.
- BAZAROV, I. P. *Termodinâmica*. 2. ed. ed. Moscou: Mir, 1964.
- BRASIL. *Decreto nº 91.542, de 19 de Agosto de 1985. Institui o Programa Nacional do Livro Didático, dispõe sobre sua execução e dá outras providências*. [S.l.]: Brasília, DF: Diário Oficial da União, Seção 1 - 20/8/1985, Página 12178., 1985.
- BRASIL. *PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. [S.l.]: Ministério da Educação, 2002.
- BRASIL. *Guia de livros didáticos: PNLD 2012 - Física (Ensino Médio)*. Brasília: Ministério da Educação, 2011.
- BRASIL. *Guia de livros didáticos: PNLD 2015 - Física (Ensino Médio)*. Brasília: Ministério da Educação, 2014.
- BRASIL. *Guia de livros didáticos: PNLD 2018 - Física (Ensino Médio)*. Brasília: Ministério da Educação, 2017.
- BRASIL. *Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular*. [S.l.]: Brasília., 2018.
- BRASIL. *Dados estatísticos - PNLD 2019*. Brasília: Ministério da Educação, 2019.
- BRASIL. *PISA 2022. Relatório Nacional*. Brasília, DF: INEP/MEC, 2023.
- BRITTO, T. *O Livro Didático, o Mercado Editorial e os Sistemas de Ensino Apostilados*. Brasília: Centro de Estudos da Consultoria do Senado, 2011.
- BROWN, S. C. The caloric theory. *American Journal of Physics*, n. 18, p. 367–373, 1950.
- CASSIANO, C. C. F. *O mercado do livro didático no Brasil: da criação do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) à entrada do capital internacional espanhol (1985-2007)*. Tese (Tese de Doutorado) — Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2007.
- CINDRA, J. L.; TEIXEIRA, O. P. B. Uma discussão conceitual para o equilíbrio térmico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 21, n. 2, p. 176–193, ago 2004.
- EISBERG, R.; RESNICK, R. *Física Quântica: átomo, moléculas, sólidos, núcleos e partículas*. 4th. ed. [S.l.]: Editora Campus, 1979.

- FLICK, U. *Introdução à pesquisa qualitativa*. 3. ed. Porto Alegre, RS: Editora Artmed, 2009.
- FRIEDMAN, R. M. Creation of a new science: Joseph Fourier's analytical theory of heat. *Historical Studies in the Physical Sciences*, v. 8, p. 73–99, 1977.
- GASPAR, A. *Compreendendo a Física: Ondas, Óptica e Termodinâmica*. 3. ed. São Paulo: Ática, 2016.
- GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.
- GIORGI, C. D. et al. Ensaio: Avaliação de políticas públicas em educação. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, v. 22, p. 1027, 2014.
- GOLDFARB, S. J. Theory of heat: A reassessment. *The British Journal for the History of Science*, v. 10, n. 1, p. 25–36, 1977.
- GRUSCHE, S.; STRAHL, A.; BARDY, K. B. Physics textbooks, expectations on physics textbooks. In: _____. *The International Handbook of Physics Education Research: Special Topics*. Melville, New York: AIP Publishing, 2023. cap. 14, p. 1–39.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentals of Physics*. Extended 8th edition. [S.l.]: Wiley, 2007.
- HECHT, E. Understanding energy as a subtle concept: A model for teaching and learning energy. *American Journal of Physics*, v. 87, n. 7, p. 495–503, 2019.
- JUNIOR, O. A. *Modelo de ensino para mudanças cognitivas: um instrumento para o planejamento de ensino e a avaliação da aprendizagem em Ciências*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Minas Gerais - Faculdade de Educação, 2001.
- KUHN, T. S. *The Structure of Scientific Revolutions*. 2nd. ed. [S.l.]: Chicago: University of Chicago Press, 1970.
- LANGHI, R.; NARDI, R. Ensino de astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 1, n. 24, p. 87–111, 2007.
- LAVOISIER, A. L. *Elements of Chemistry: in a New Systematic Order, Containing All the Modern Discoveries*. [S.l.]: Edinburgh: W. Creech, 1790.
- MARTINS, I. Analisando livros didáticos na perspectiva dos estudos do discurso: compartilhando reflexões e sugerindo uma agenda para a pesquisa. *Pro-Posições*, v. 17, n. 1, p. 117–136, 2016.
- MENEZES, A. H. N. *Metodologia Científica: Teoria e aplicação na educação à distância*. Pernambuco: Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2019.
- MIKELSKIS-SEIFERT, S.; RINGELBAND, U.; BRÜCKMANN, M. *Four Decades of Research in Science Education – from Curriculum Development to Quality Improvement*. [S.l.]: Münster: Waxmann, 2008.
- MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. *Revista do Professor de Física*, v. 1, n. 1, p. 1–13, 2017.

- MORIN, E. *Introdução ao Pensamento Complexo*. [S.l.]: Porto Alegre: Editora Sulina, 2005.
- MORTIMER, E. F. A evolução dos livros didáticos de química destinados ao ensino secundário. *Em Aberto*, v. 7, n. 40, p. 24–41, out 1988.
- NETO, J. M.; FRACALANZA, H. O livro didático de ciências: problemas e soluções. *Ciência & Educação (Bauru)*, v. 9, n. 2, p. 147–157, 2003.
- NIAZ, M. Can the study of thermochemistry facilitate students differentiation between heat energy and temperature? *Journal of Science Education and Technology*, v. 15, n. 3, out 2006.
- OLIVEIRA, M. J. Exact and inexact differentials in the early development of mechanics and thermodynamics. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 42, p. e20190192, 2020.
- PIRES, A. S. T. *Evolução das ideias da Física*. [S.l.]: São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008.
- PRETTO, N. de L. *A ciência nos livros didáticos*. Campinas-SP: Ed. Da UNICAMP, 1985.
- SANDRIN, M. de F. N.; PUORTO, G.; NARDI, R. Serpentes e acidentes ofídicos: um estudo sobre erros conceituais em livros didáticos. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 10, n. 3, p. 281–298, 2016.
- SANTOS, C. M. dos. *Análise do conceito de calor em livros de ciências (PNLD 2020) a partir da Teoria dos Perfis Conceituais*. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2022.
- SCHIVANI, M.; SOUZA, G. F. de; LIRA, N. Programa nacional do livro didático de física: subsídios para pesquisas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 42, p. e20200011, 2020.
- SEVERINO, J. S. *Metodologia do trabalho científico*. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007.
- SILVA, O. H. M. D.; LABURÚ, C. E.; NARDI, R. Reflexões para subsidiar discussões sobre o conceito de calor na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 25, n. 3, p. 383–396, 2008.
- SOUZA, J. A. de. *Primeira Lei da Termodinâmica*. 2024. Notas de Aula.