



Ministério da  
**Ciência, Tecnologia  
e Inovação**

**Museu de Astronomia e Ciências Afins – MAST / MCTI**

**Mestrado Profissional em Preservação de Acervos de Ciência e Tecnologia – PPACT**

# **Os instrumentos científicos históricos nos livros de Ciências da Natureza e suas tecnologias do PNLD 2021**

**Paola Maciel Lacerda Silva**

**Orientação: Professor Doutor Douglas Falcão Silva**

Rio de Janeiro  
2023



*Os instrumentos  
científicos históricos  
nos livros de Ciências  
da Natureza e suas  
tecnologias do PNL D  
2021*

*por*

*Paola Maciel Lacerda Silva,  
Aluna do Mestrado Profissional em Preservação  
de Acervos de Ciência e Tecnologia*

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Preservação de Acervos de Ciência e Tecnologia, do Museu de Astronomia e Ciências Afins – MAST/MCTI, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre Profissional em Preservação de Acervos de Ciência e Tecnologia.

**Área de concentração:** Preservação de acervos de ciência e tecnologia

**Linha de Pesquisa:** Linha 1 – Acervos, História e Divulgação

**Orientador:** Professor Doutor Douglas Falcão Silva

MAST/MCTI - RJ, março de 2023.

CIP – Catalogação na Publicação

S586i

Silva, Paola Maciel Lacerda.

Os instrumentos científicos históricos nos livros de Ciências da Natureza e suas tecnologias do PNLD 2021 / Paola Maciel Lacerda Silva. – Rio de Janeiro, 2023.

165 f. : il.

Orientador: Douglas Falcão Silva.

Dissertação (Mestrado Profissional em Preservação de Acervos de Ciência e Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Preservação de Acervos de Ciência e Tecnologia, Museu de Astronomia e Ciências Afins, Rio de Janeiro, 2023.

1. História da Ciência. 2. Alfabetização científica. 3. Instrumentos científicos de medição de tempo. 4. Ensino das Ciências da Natureza. I. Silva, Douglas Falcão. II. Título.

CDU: 681(043)

Elaborada pela autora.

**Paola Maciel Lacerda Silva**

## Os instrumentos científicos históricos nos livros de Ciências da Natureza e suas tecnologias do PNL D 2021

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em Preservação de Acervos de Ciência e Tecnologia, do Museu de Astronomia e Ciências Afins – MAST/MCTI, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre Profissional em Preservação de Acervos de Ciência e Tecnologia.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

### **Banca Examinadora:**

**Orientador:** \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Douglas Falcão Silva  
PPACT/Museu de Astronomia e Ciências Afins

**Examinador Interno:** \_\_\_\_\_

Profa. Dra. Heloisa Meireles Gesteira  
PPACT/Museu de Astronomia e Ciências Afins

**Examinador Externo:** \_\_\_\_\_

Prof. Dr. Marcus Pinto Soares e Silva  
Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz)

**Suplente interno:** \_\_\_\_\_

Profa. Dra. Patricia Figueiró Spinelli  
Museu de Astronomia e Ciências Afins

**Suplente externo:** \_\_\_\_\_

Profa. Dra. Carla Mahomed Gomes Falcão Silva  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ)

*Para Clara Bela.*

## AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos os autores que impactaram de algum modo esta dissertação, seja de forma direta, tal como os teóricos citados ao longo deste trabalho, ou indireta, como foi o caso de Rick Riordan, Hank e John Green.

Agradeço também ao corpo docente do curso por todos os ensinamentos nestes dois anos de mestrado. Acrescento ainda um obrigado especial ao professor doutor Douglas Falcão Silva por ter me acolhido como orientanda.

À banca examinadora composta pelos professores Heloisa Gesteira e Marcus Soares, por toda a atenção e sugestões.

Aos álbuns que serviram de trilha sonora e inspiração no processo de escrita deste trabalho e, em especial, ao *All Distortions Are Intentional*, pela companhia e fonte inesgotável de motivação.

Às minhas bibliofadas, que se certificam de que o prefixo *biblio* jamais caia em desuso. Obrigada pela ajuda.

À Fabiana Kobayashi Angulo Lopez, pela paixão ao design gráfico não ser apenas um meme. Obrigada por me auxiliar com o produto técnico-científico.

Agradeço também à minha família pelo apoio.

À Clara Bela, *lilla älsklingen*.

E, por fim, conforme os anos de tradição pedem:

*Thank u, next.*

*“Quando criança, assim como imaginava que os avanços tecnológicos eram impulsionados principalmente pelas brilhantes descobertas de indivíduos heroicos trabalhando sozinhos, eu via a arte como uma história de gênios individuais [...] Mas, hoje, vejo a genialidade como um contínuo em vez de uma simples característica. Para ser mais específico, creio que a adoração do gênio individual na arte e em outras áreas é, em última análise, equivocada [...] Até mesmo o gênio mais extraordinário consegue realizar muito pouco sozinho.”*

– John Green, 2021, p. 345-346.

## RESUMO

Na área das Ciências da Natureza, o olhar voltado prioritariamente para o futuro ocasiona o surgimento de novas tecnologias em uma velocidade que amplifica o esquecimento dos objetos científicos e tecnológicos e, conseqüentemente, do Patrimônio Cultural de Ciência e Tecnologia, sendo necessária a criação de iniciativas que busquem a preservação dessa tipologia de patrimônio. Os objetos abarcados por essa categoria são fontes de informação enriquecedoras capazes de facilitar a aprendizagem das Ciências e sua história. Com base nessa perspectiva, surge o pensamento no que concerne à integração dos instrumentos científicos históricos ao ensino das Ciências nas escolas brasileiras. Esta dissertação teve então como objetivo analisar a presença e a ausência destes instrumentos nos livros didáticos de Ciências da Natureza e suas tecnologias do Ensino Médio, pertencentes ao Plano Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) 2021. Para isso, a partir da técnica de amostragem não-probabilística por tipicidade, foram escolhidas 3 coleções de livros do mencionado Plano para compor a amostra desta pesquisa, que contou com a técnica de análise de conteúdo de Bardin (2016) para obtenção dos resultados. A partir disso, foi observado que apesar dos instrumentos científicos contemporâneos estarem presentes ao longo das coleções analisadas, os instrumentos científicos históricos, quando mencionados, carecem em aprofundamento. Essa predominância de conteúdos históricos superficiais não se restringe apenas a tais aparatos, envolvendo também as demais temáticas que compõem a História da Ciência, tal como a descrição de experimentos históricos. Acima disso, constatou-se ainda uma omissão dos instrumentos científicos históricos em certos experimentos e do papel que estes exerciam. Foi possível identificar também um apagamento no que concerne aos instrumentos científicos históricos de medição de tempo. Frente a isso, esta dissertação teve como produto técnico-científico a elaboração de uma lista de sugestões de como integrar esta tipologia de instrumentos aos livros didáticos de Ciência da Natureza e suas tecnologias.

Palavras-chave: História da Ciência; alfabetização científica; instrumentos científicos históricos de medição de tempo; ensino das Ciências da Natureza.

## ABSTRACT

In the field of Natural Sciences, the primary focus on the future induces the development of new technologies at a rate that amplifies the oblivion of scientific and technological objects (and, consequently, the Cultural Heritage of Science and Technology), which justifies the need for a handful of initiatives that seek to preserve this particular type of Heritage. The sets of objects covered by this terminology are enriching sources of information capable of facilitating the understanding of science and its history. On account of this, one starts to wonder about the inclusion of historical scientific instruments in science curricula in Brazilian schools. That being so, the main goal of this thesis was to analyze the presence and absence of the mentioned instruments in high school science textbooks that take part in the Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD), a Brazilian government initiative that gives out free textbooks and school materials to public school students. In order to achieve these results, three high school science textbook series were chosen through a non-probability sampling and reviewed by applying Laurence Bardin's (2016) content analysis method. Under those circumstances, it was possible to observe that even though contemporary scientific instruments are detectable throughout the chosen sample of textbooks, they lack historical depth. This predominance of superficial historical content doesn't apply only to these apparatuses, being also apparent in other themes that constitute the History of Science, such as the description of historical experiments. In addition, the findings also indicate an omission of historical scientific instruments and the role they performed in several scientific experiments. Furthermore, it was also possible to identify the erasure of historical scientific instruments for measuring time. As a direct consequence of that, this thesis had as an educational product the elaboration of a list of suggestions on how to integrate this particular type of instrument into high school science textbooks.

**Keywords:** History of Science; scientific literacy; historical scientific instruments for measuring time; science learning.

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 – Evolução da média brasileira de Ciências no PISA, 2000/2018.....	22
Gráfico 2 – Evolução do faturamento real – Mercado + Governo.....	64

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cartão comercial de James Simons, fabricante de instrumentos matemáticos, filosóficos e ópticos.....	41
Figura 2 – Cartão comercial de Benjamin Martin (1704-1782), fabricante de instrumentos matemáticos, filosóficos e ópticos.....	42
Figura 3 – Giroscópio de Léon Foucault produzido em 1852.....	51
Figura 4 – Piões de madeira.....	52
Figura 5 – Telescópios refratores de Galileu Galilei datados de 1609/1610.....	54
Figura 6 – Modelos de telescópios refratores dos séculos XVII e XVIII.....	55
Figura 7 – Telescópio refletor de William Herschel (1738-1822).....	55
Figura 8 – Réplicas do telescópio refrator de Galileu e do telescópio refletor de Newton.....	56
Figura 9 – Telescópios espaciais Hubble e James Webb.....	57
Figura 10 – Menções ao telescópio micro-ondas e à balança de torção.....	76
Figura 11 – Bússola.....	78
Figura 12 – Bússola histórica.....	78
Figura 13 – Menção ao trabalho de Robert Hooke com os microscópios.....	79
Figura 14 – Telescópios de Galileu Galilei.....	80
Figura 15 – Atividade prática de construção de um espectroscópio.....	82
Figura 16 – Termômetro.....	83
Figura 17 – Calorímetro.....	84
Figura 18 – Trecho acerca da Ampola de Crookes.....	85
Figura 19 – Balança de torção utilizada por Coulomb.....	86
Figura 20 – Dínamo presente em uma bicicleta.....	87
Figura 21 – Contadores Geiger.....	88
Figura 22 – Peagâmetro.....	89
Figura 23 – Osciloscópio.....	90
Figura 24 – Modelo de motor a vapor de James Watt.....	91
Figura 25 – Representação de um manômetro e termômetro.....	91
Figura 26 – Compasso de proporção de Galileu.....	96
Figura 27 – Alicate amperímetro.....	98
Figura 28 – A lenda do inventor da bússola.....	100
Figura 29 – Máquina térmica de Thomas Savery.....	106

Figura 30 – Termoscópio.....	107
Figura 31 – Interferômetro de Michelson e Morley.....	110
Figura 32 – Letramento científico.....	114
Figura 33 – Cromatógrafo.....	116
Figura 34 – Efeito fotoelétrico.....	117
Figura 35 – Equipamentos e sala de experimentos de Joseph Priestley.....	119
Figura 36 – Experimento de Ørsted.....	121
Figura 37 – Calorímetro.....	122
Figura 38 – Máquinas térmicas.....	123
Figura 39 – Telescópio newtoniano.....	125
Figura 40 – Sismógrafo.....	126
Figura 41 – Representação do experimento de Torricelli.....	128

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 –	Classes de instrumentos matemáticos segundo J.F. Heather (1853).....	45
Quadro 2 –	Categorias de instrumentos do Observatório Nacional em 1882.....	46
Quadro 3 –	Categorias de instrumentos científicos segundo Gerard Turner (1983).....	47
Quadro 4 –	Competências específicas de Ciências da Natureza e suas tecnologias para o Ensino Médio.....	61
Quadro 5 –	Objetos integrantes do PNLD 2021.....	65
Quadro 6 –	Coleções de livros de Ciências da Natureza e suas tecnologias aprovados pelo PNLD 2021.....	69
Quadro 7 –	Categorização utilizada na análise de dados.....	71
Quadro 8 –	Descrição das categorias.....	72
Quadro 9 –	Volumes presentes na coleção Diálogo.....	74
Quadro 10 –	Fundamentos teórico-metodológicos da coleção Diálogo.....	75
Quadro 11 –	Análise do livro 1 da coleção Diálogo.....	77
Quadro 12 –	Análise do livro 2 da coleção Diálogo.....	81
Quadro 13 –	Análise do livro 3 da coleção Diálogo.....	85
Quadro 14 –	Análise do livro 4 da coleção Diálogo.....	88
Quadro 15 –	Análise do livro 5 da coleção Diálogo.....	89
Quadro 16 –	Análise do livro 6 da coleção Diálogo.....	92
Quadro 17 –	Análise da coleção Diálogo.....	93
Quadro 18 –	Volumes presentes na coleção Multiversos.....	95
Quadro 19 –	Análise do livro 1 da coleção Multiversos.....	96
Quadro 20 –	Análise do livro 2 da coleção Multiversos.....	97
Quadro 21 –	Análise do livro 3 da coleção Multiversos.....	100
Quadro 22 –	Análise do livro 4 da coleção Multiversos.....	104
Quadro 23 –	Análise do livro 5 da coleção Multiversos.....	108
Quadro 24 –	Análise do livro 6 da coleção Multiversos.....	112
Quadro 25 –	Análise da coleção Multiversos.....	112
Quadro 26 –	Volumes presentes na coleção Ser Protagonista.....	114
Quadro 27 –	Análise do livro 1 da coleção Ser Protagonista.....	118
Quadro 28 –	Análise do livro 2 da coleção Ser Protagonista.....	119
Quadro 29 –	Análise do livro 3 da coleção Ser Protagonista.....	124
Quadro 30 –	Análise do livro 4 da coleção Ser Protagonista.....	127

Quadro 31 –	Análise do livro 5 da coleção Ser Protagonista.....	127
Quadro 32 –	Análise do livro 6 da coleção Ser Protagonista.....	128
Quadro 33 –	Análise da coleção Ser Protagonista.....	129
Quadro 34 –	Instrumentos científicos históricos presentes nas coleções didáticas.....	130

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BDTD	Biblioteca Digital de Teses e Dissertações
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
COLTED	Comissão do Livro Técnico e Didático
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Meio-Ambiente
GPS	Sistema de Posicionamento Global
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
ICTS	Impacto da Ciência e Tecnologia sobre a Sociedade
INL	Instituto Nacional do Livro
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MAST	Museu de Astronomia e Ciências Afins
MEC	Ministério da Educação
MET	Microscópio Eletrônico de Transmissão
MEV	Microscópio Eletrônico de Varredura
MIT	<i>Massachussets Institute of Technology</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PCNEM	Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
PNBE	Programa Nacional Biblioteca da Escola
PNLD	Programa Nacional do Livro e do Material Didático
REDs	Recursos Educacionais Digitais
SEB	Secretaria de Educação Básica
STEAM	Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática
TDIC	Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação
TE	Termos Específicos
TG	Termo Geral
UFAL	Universidade Federal de Alagoas
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
1.1	PROBLEMA.....	19
1.2	OBJETIVOS.....	19
1.3	JUSTIFICATIVA.....	20
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	21
<b>2</b>	<b>O ENSINO DAS CIÊNCIAS DA NATUREZA NAS ESCOLAS.....</b>	<b>22</b>
2.1	A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA.....	24
2.1.1	A Alfabetização Científica no Brasil.....	29
2.2	O ENSINO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA.....	32
<b>3</b>	<b>OS INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS.....</b>	<b>39</b>
3.1	A CATEGORIZAÇÃO E O USO ESCOLAR DOS INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS.....	45
3.2	A IMPORTÂNCIA DOS INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS COMO FERRAMENTA DE ENSINO.....	50
<b>4</b>	<b>O ENSINO NA EDUCAÇÃO BÁSICA.....</b>	<b>59</b>
4.1	BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC).....	59
4.2	PLANO NACIONAL DO LIVRO E DO MATERIAL DIDÁTICO (PNLD).....	63
<b>5</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....</b>	<b>68</b>
<b>6</b>	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>73</b>
6.1	COLEÇÃO DIÁLOGO.....	73
6.2	COLEÇÃO MULTIVERSOS.....	93
6.3	COLEÇÃO SER PROTAGONISTA.....	113
<b>7</b>	<b>PRODUTO TÉCNICO-CIENTÍFICO.....</b>	<b>132</b>
<b>8</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>134</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>137</b>
	<b>APÊNDICE A – PRODUTO TÉCNICO-CIENTÍFICO.....</b>	<b>151</b>
	<b>ANEXO A – HABILIDADES DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS PARA O ENSINO MÉDIO.....</b>	<b>162</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em outubro de 2019, um artigo publicado pela revista *Science Advances* revelou que grupos humanos no período Paleolítico preservavam a medula óssea dos animais para consumo futuro. A descoberta foi feita a partir das marcas de corte nos ossos dos animais, que indicavam que a remoção da pele não havia sido realizada de imediato. Desse modo, a partir de um experimento controlado, os pesquisadores puderam constatar que os indivíduos na Caverna Qesem, em Israel, entre 420.000 e 200.000 a.C., utilizavam os ossos como latas que preservavam a medula óssea por um período de até nove semanas, até chegada a hora de remover a pele seca do animal, quebrar o osso e comer a medula (BLASCO *et al*, 2019). Tal estudo proporcionou um novo olhar a respeito da inteligência e do estilo de vida dos seres humanos do período Pré-Histórico. E muito além, permitiu que obtivéssemos a evidência mais antiga da realização da prática de preservação de alimentos, exercida ainda como uma forma de sobrevivência. Há muito o que refletir sobre o contraste dos objetivos da preservação ao longo da história. Se hoje preservamos para não esquecer, há quem preservasse para sobreviver.

Podemos afirmar então que as atividades de preservação permitem a sobrevivência e a evolução humana, sendo fundamentais para conhecer o passado e desbravar o futuro. De um modo geral, o conceito de preservar tem uma abrangência significativa. É possível afirmar que esse ato não se refere apenas às atividades de salvaguarda de um material. A preservação inclui, sim, toda e qualquer iniciativa relacionada à prolongação da vida útil de um bem, mas ela não se resume apenas aos seus cuidados físicos. A respeito disso, Pinheiro e Granato (2012) afirmam:

[A preservação] consiste em qualquer ação que se relacione à manutenção física desse bem cultural, mas também a qualquer iniciativa que esteja relacionada ao maior conhecimento sobre o mesmo e sobre as melhores condições de como resguardá-lo para as futuras gerações. Inclui, portanto, a documentação, a pesquisa em todas as dimensões, a conservação e a própria restauração, aqui entendida como uma das possíveis ações para a conservação de um bem.

É concebível concluir, então, como a preservação é uma área interdisciplinar que dialoga com os mais variados campos do conhecimento. A descoberta da prática pré-histórica demonstrada aqui não seria possível sem a pesquisa e a divulgação de tais resultados. De maneira similar, o estudo a respeito da história dos objetos museológicos é fundamental para estabelecer o significado de cada item e elaborar a metodologia de tratamento mais adequada. Nesse mesmo sentido, a história, divulgação e o acesso a estes bens culturais permitem que a

população obtenha compreensão das práticas do passado e desenvolva um melhor raciocínio no que se refere aos hábitos do presente. Seguindo essa linha de pensamento, esta pesquisa planeja explorar a presença dos instrumentos científicos históricos no ensino escolar a partir dos vieses da História e Divulgação da Ciência, que aqui se encontram abarcados pela área da Preservação.

Sabe-se que é fisicamente impossível preservar tudo o que foi gerado pela humanidade. Por causa disso, é preciso que existam critérios que determinem o que deve ser preservado. Essa escolha subjetiva baseada na atribuição de valores e critérios está diretamente relacionada à noção de patrimônio. O artigo 216 da Constituição Federal de 1988 define o patrimônio cultural brasileiro como:

[...] os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência à identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos formadores da sociedade brasileira, nos quais se incluem:

- I - as formas de expressão;
- II - os modos de criar, fazer e viver;
- III - as criações científicas, artísticas e tecnológicas;
- IV - as obras, objetos, documentos, edificações e demais espaços destinados às manifestações artístico-culturais;
- V - os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico (BRASIL, 1988).

Na definição apresentada acima, é possível observar menções aos bens científicos e tecnológicos nos incisos III e V. Todavia, ainda que a legislação brasileira reconheça essa tipologia de patrimônio que engloba os instrumentos científicos, há uma notável falta de debates e pesquisas a respeito do assunto.

Entende-se que as práticas de preservação são abordadas de diferentes modos pelas áreas das Ciências. No caso das Ciências Humanas e Sociais, notamos a valorização histórica dos objetos e a busca pela perpetuação de certos momentos na memória coletiva da população, o que favorece a preservação. Em contraste, na área das Ciências da Natureza, o olhar voltado prioritariamente para o futuro ocasiona o surgimento de novas tecnologias em uma velocidade que amplifica o esquecimento dos objetos tecnológicos então obsoletos, que deixam de ser preservados. Nesse cenário, há a necessidade de criação de iniciativas voltadas para a preservação do Patrimônio de Ciência e Tecnologia, afinal, a falta de cuidado, de trabalhos realizados e de políticas criadas para protegê-lo podem ocasionar o descarte e o esquecimento de boa parte dos objetos de Ciência e Tecnologia.

É possível afirmar que a definição do conceito de Patrimônio Cultural de Ciência e Tecnologia ainda está em construção e já passou por diversas ampliações ao longo dos anos, como as adições de patrimônios intangíveis, as inclusões de todas as áreas do conhecimento e

a determinação de que materiais sem valorização no presente podem vir a passar por uma ressignificação no futuro. Com base nisso, apresenta-se aqui a definição mais recente e completa, conforme apresentado na Carta do Rio de Janeiro sobre o Patrimônio Cultural da Ciência e Tecnologia (2017, p. 3):

O Patrimônio Cultural da Ciência e Tecnologia constitui-se do legado tangível e intangível relacionado ao conhecimento científico e tecnológico produzido pela humanidade, em todas as áreas do conhecimento, que faz referência às dinâmicas científicas, de desenvolvimento tecnológico e de ensino, e à memória e ação dos indivíduos em espaços de produção de conhecimento científico. Estes bens, em sua historicidade, podem se transformar e, de forma seletiva, são atribuídos valores, significados e sentidos, possibilitando sua emergência como bens de valor cultural (CARTA..., 2017, p. 3).

No Brasil, o Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST) é responsável por salvar cerca de 2500 objetos científicos e tecnológicos dos quais compõem as seguintes áreas do conhecimento: Astronomia; Cálculo e Desenho; Cosmografia; Eletricidade e Magnetismo; Energia Nuclear; Fotografia; Geodésia e Topografia; Geofísica e Oceanografia; Medição do Tempo; Meteorologia; Metrologia; Navegação; Óptica; Química; Tecnologia Mineral; e Termologia (MAST, 2011). Estas coleções de objetos são provenientes de instituições como o Observatório Nacional<sup>1</sup>, o Instituto de Engenharia Nuclear, o Centro de Tecnologia Mineral e o Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, assim como de doações particulares (MAST, [20--a]).

Criado em 1985, o MAST “[...] foi pioneiro ao aglutinar a história da ciência, a preservação de bens do patrimônio da ciência e tecnologia, e a divulgação da ciência.” (MAST, [201-]). Como parte do Programa de Pós-Graduação em Preservação de Acervos de Ciência e Tecnologia, esta dissertação planeja concatenar aspectos similares aos apontados acima. O mencionado Patrimônio Cultural da Ciência e Tecnologia será trabalhado a partir da temática de instrumentos científicos históricos, considerada fundamental para o ensino da História e do funcionamento da Ciência, assim como para a alfabetização científica da população. É sob esta perspectiva que surge o pensamento no que concerne à integração de tais instrumentos ao ensino das Ciências nas escolas brasileiras como uma ferramenta de aprendizagem, afinal, conforme

---

<sup>1</sup> “A coleção procedente do Observatório Nacional é uma das mais importantes do gênero. É composta de instrumentos científicos que foram utilizados em serviços e pesquisas de grande importância para o país como a determinação e a transmissão da hora oficial do país, a previsão do tempo, o cálculo de efemérides astronômicas, a demarcação das fronteiras brasileiras, o mapeamento magnético do solo brasileiro, nas comissões contra os efeitos das secas e nas de melhoramentos dos portos. Estes instrumentos foram adquiridos de relevantes fabricantes estrangeiros e, em sua maioria, foram fabricados entre o século XIX e o início do XX.” (MAST, [20--a]).

apontado por Cavicchi e Heering (c2022), a aplicação desta temática no ambiente escolar facilita o discernimento dos estudantes e favorece a aprendizagem do conhecimento científico.

A fim de trabalhar esta questão, a presente dissertação optou por utilizar os livros didáticos como campo de coleta de dados. Esta escolha teve como base a perspectiva de que

[...] os livros didáticos são a principal fonte de informação impressa utilizada por parte significativa de alunos e professores brasileiros e que essa utilização intensiva ocorre quanto mais as populações escolares (docentes e discentes) têm menor acesso a bens econômicos e culturais (BATISTA, 2002, p. 531).

Nesse sentido, o livro didático é a ferramenta de ensino escolar de maior alcance, sendo vital para a Educação Básica em localidades do país em que há a dificuldade de acesso a outros meios físicos e eletrônicos, como o acesso a equipamentos culturais e à internet. No Brasil, apenas no ano de 2020, mais de 32 milhões de alunos da Educação Básica foram beneficiados com livros escolares como parte do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD), somatizando um total de 123 mil escolas beneficiadas ao redor do país (BRASIL, [2021a]). No que diz respeito ao Ensino Médio, apenas na área de Ciências da Natureza e suas tecnologias, foram distribuídos mais de 4 milhões de exemplares, totalizando 50 milhões de reais investidos na educação científica (BRASIL, [2021b]). Dada essa extensiva distribuição ao redor do país, torna-se interessante verificar o conteúdo presente nestes livros e sua dedicação à temática dos instrumentos científicos históricos.

## 1.1 PROBLEMA

Com base no que foi discursado até o momento, aponta-se como problemática de pesquisa o seguinte questionamento: os livros didáticos de Ciências da Natureza e suas tecnologias do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) 2021 fazem uso dos instrumentos científicos históricos como ferramenta para o ensino da História e do funcionamento da Ciência?

## 1.2 OBJETIVOS

A fim de responder à pergunta acima elaborada, este estudo tem como objetivo geral analisar a presença e a ausência dos instrumentos científicos históricos nos livros didáticos de Ciências da Natureza e suas tecnologias do PNLD 2021. A repartição deste objetivo pode ser feita a partir de três objetivos específicos que intencionam:

- a) avaliar a abordagem de ensino da História da Ciência nos livros didáticos do PNLD 2021 a partir da perspectiva dos instrumentos científicos históricos;
- b) investigar a apresentação dos instrumentos científicos históricos nestes livros como ferramenta de ensino das Ciências;
- c) elaborar uma lista de sugestões de como integrar os instrumentos científicos históricos de medição de tempo aos materiais didáticos e ao ensino escolar.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

A ideia para este trabalho surgiu a partir das aulas de História e Divulgação da Ciência, disciplina obrigatória neste programa de mestrado. Este primeiro contato com a História da Ciência despertou o interesse em saber mais sobre o assunto e, a partir disso, notou-se a falta de disciplinas como esta nas grades curriculares dos cursos de graduação e pós-graduação, assim como a falta de profissionais qualificados para lecionar tais aulas, conforme evidenciado por pesquisadores como Rossi (2020).

Como bibliotecária, o interesse pessoal por livros e pelo mercado editorial resultou na ideia de analisar livros didáticos como parte da pesquisa. A princípio, refletiu-se primeiramente em como a História da Ciência está repleta de narrativas históricas ramificadas, que resultam nos chamados mitos de narrativa. A desmitificação da Ciência é o objeto de estudo de diversos pesquisadores, seja sob o intuito de desmantelar a concepção pública de eventos históricos cuja veracidade seja dubitável ou, até mesmo, de desconstruir o caráter homérico que circunda as descobertas científicas e seus cientistas, comumente idealizados como super-humanos (DURANT, 2005). Contudo, tais questões trouxeram à tona a falta de atenção recebida pelos instrumentos científicos, especialmente os denominados históricos. O esquecimento da História da Ciência na grade curricular de cursos ao redor do mundo tornou-se um fato amplamente contestado por muitos autores (DUARTE, 2004; ROSSI, 2020). Nota-se até uma satisfatória quantidade de trabalhos dedicados à investigação desta questão nos livros escolares (LIRA, 2019; ROCHA, 2019; SANTOS, 2015). Todavia, verifica-se uma carência de estudos que abordem a temática dos instrumentos científicos históricos nos livros didáticos. Por esta razão, percebeu-se então a necessidade de um trabalho que se propusesse a realizar tal feito.

Compreende-se que o estudo dos instrumentos científicos históricos proporciona a obtenção de uma riqueza de conhecimentos e, portanto, a utilização destes é capaz de engrandecer a aprendizagem dos alunos no que diz respeito à sua alfabetização científica e compreensão da História da Ciência. Com estes objetivos em mente e levando em conta que a

presente dissertação é o trabalho de conclusão do mestrado realizado no Museu de Astronomia e Ciências Afins, pareceu oportuno a realização de uma pesquisa cujo produto técnico-científico almeja o ensino e dispõe-se a divulgar a importância do MAST e do Observatório Nacional na educação científica escolar.

#### 1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

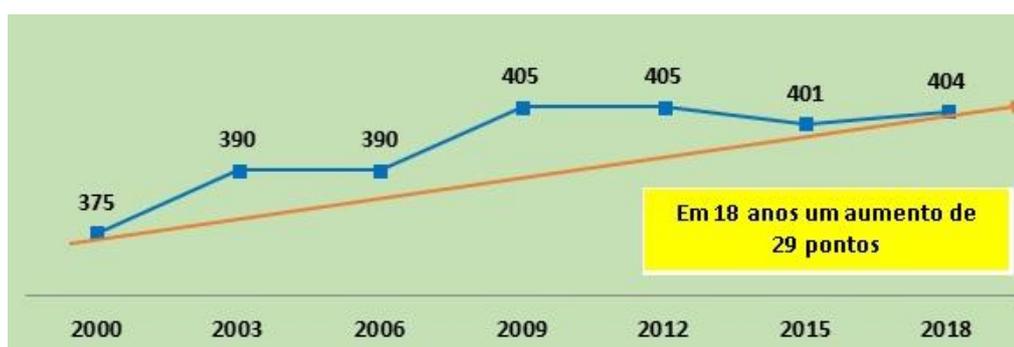
A presente dissertação tem sua divisão feita a partir de oito seções primárias. Em continuidade a esta introdução, o segundo segmento do trabalho explora a problemática do ensino das Ciências nas escolas e subdivide-se ao discutir a alfabetização científica da população e o papel da História da Ciência neste êxito. Neste momento, apresentam-se definições para os conceitos de alfabetização científica e letramento científico. Planeja-se compreender aqui o que caracteriza um indivíduo como alfabetizado cientificamente e quais são os testes que buscam quantificar essa parcela da população. Em seguida, a subseção de História da Ciência tem como intuito apresentar um panorama do ensino da disciplina e sua respectiva relação para com os instrumentos científicos, abordados no segmento três. Trata-se aqui do principal embasamento teórico para a pesquisa, onde são identificadas as potenciais definições do conceito. Demonstra-se ainda como a evolução dos instrumentos espelha a evolução da própria Ciência.

Em conjunto à fundamentação teórica de tais elementos, este trabalho também se propõe a familiarizar o leitor com as circunstâncias que englobam o ensino das Ciências nos anos do Ensino Médio, visto que o campo de coleta de dados da presente dissertação são os livros didáticos do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) do ano de 2021. Por esta razão, o quarto capítulo procura esclarecer o funcionamento do referido programa, bem como da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) existente no território nacional. Em sequência, são apresentados os procedimentos metodológicos utilizados para realização desta pesquisa, que foi implementada a partir da verificação de três coleções de livros didáticos de Ciências da Natureza e suas tecnologias. Já no sétimo segmento, são descritos o conteúdo presente no produto técnico-científico e a justificativa por trás desta escolha. Em virtude da ausência dos instrumentos científicos históricos nos livros didáticos analisados, sobretudo dos responsáveis pela medição de tempo, optou-se pela composição de uma lista de sugestões que informe a professores, editores e demais profissionais como integrar os instrumentos históricos de medição de tempo ao ensino escolar. Por fim discorre-se, ao longo da oitava seção, acerca das considerações finais alcançadas a partir do desenvolvimento da presente pesquisa.

## 2 O ENSINO DAS CIÊNCIAS DA NATUREZA NAS ESCOLAS

A cada três anos, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) realiza, a nível mundial, o Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), no qual investiga-se o desempenho de alunos de 15 anos nos domínios da Leitura, Matemática e Ciências. Na última avaliação, realizada no ano de 2018, a amostra brasileira obteve em Ciências a 67ª posição dentre os 79 países participantes. Conforme observado no gráfico abaixo, o alcance dos 404 pontos no teste indica uma melhoria de 29 pontos ao longo das últimas duas décadas. Contudo, o país ainda mantém uma má posição no ranking, de modo que seja contrastante comparar o seu desempenho com o de países como a China, primeiro colocado que obteve 590 pontos. Esse resultado brasileiro no domínio das Ciências indica a carência da alfabetização científica dos alunos nas escolas.

Gráfico 1 – Evolução da média brasileira de Ciências no PISA, 2000/2018.



Fonte: Maximino (2020).

Considerada pela Academia Brasileira de Ciências uma parte essencial de nossa cidadania, a alfabetização científica, segundo a OCDE, qualifica os estudantes para “[...] o uso de conceitos científicos básicos para compreender e tomar decisões a respeito do mundo natural, assim como os capacita a reconhecer questões científicas, usar evidências, chegar a conclusões de tipo científico e comunicar estas conclusões.” (OCDE, 2004 apud MELO; CARICATTI, 2008, p. 5).

Além da precariedade da educação básica brasileira (MELO; CARICATTI, 2008), uma das possíveis causas para a formação científica carente dos estudantes brasileiros é o ensino majoritariamente teórico e descontextualizado das Ciências. De acordo com Myriam Krasilchik (1987, p. 52),

Tradicionalmente, as Ciências têm sido ensinadas como uma coleção de fatos, descrição de fenômenos, enunciados de teorias a decorar. Não se procura fazer com

que os alunos discutam as causas dos fenômenos, estabeleçam relações causais, enfim, entendam os mecanismos dos processos que estão estudando. É muito comum também que não seja dada a devida importância ao que é chamado, na literatura, de processo da Ciência, ou seja, aos eventos e procedimentos que levam às descobertas científicas. Em geral, o ensino fica limitado à apresentação dos chamados produtos da Ciência. Assim, para muitos alunos, aprender Ciências é decorar um conjunto de nomes, fórmulas, descrições de instrumentos ou substâncias, enunciados de leis.

Dessa maneira, este formato de ensino viabiliza a percepção pública da Ciência como meras descobertas e desestimula a interpretação desta como um longo processo que abarca uma plethora de erros e acertos. Nesse sentido, um indivíduo alfabetizado cientificamente é um indivíduo capaz de compreender a Ciência como um processo. Nas palavras do professor John Staver (2007, p. 7),

A ciência é uma forma de conhecimento, um método de aprendizagem sobre a natureza. Enraizado no senso comum, o seu método formal e sistemático é designado por inquérito científico. Ao realizar inquérito científico, os cientistas usam uma variedade de perspectivas, técnicas e procedimentos empíricos para recolher dados da natureza, examinam e analisam esses dados e, assim, constroem conhecimento. Este conhecimento diz respeito aos organismos vivos, à matéria não viva, à energia e aos acontecimentos da natureza. Para analisar os dados, os cientistas, frequentemente, usam o raciocínio matemático e aplicam sempre argumentos lógicos que obedecem a padrões empíricos estritos e a um ceticismo saudável. O produto do inquérito científico é o corpo do conhecimento científico.

As deficiências presentes na educação científica escolar distanciam a população da perspectiva científica como descrita acima. Conforme apontado pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 2005, p. 3),

Na escola brasileira, o ensino de Ciências tem sido tradicionalmente livresco e descontextualizado, levando o aluno a decorar, sem compreender os conceitos e a aplicabilidade do que é estudado. Assim, as Ciências experimentais são desenvolvidas sem relação com as experiências e, como resultado, poucos alunos se sentem atraídos por elas. A maioria se aborrece, acha o ensino difícil e perde o entusiasmo.

No Brasil, uma das deficiências presentes no ensino das Ciências é a falta da utilização de laboratórios nos ensinos escolar e superior. Krasilchik (1987) aponta também a má qualidade dos livros didáticos como um fator que influi negativamente o ensino. Segundo a autora, estes livros carregam, em grande parte, um interesse comercial superior ao educacional, além de serem influenciados por bases curriculares. Ainda assim, apesar de suas próprias disformidades, tais obras didáticas são responsáveis por embasar a prática docente e podem ser considerados a principal ferramenta de trabalho dos professores (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002).

De acordo com uma amostra selecionada de professores de Física do Ensino Médio, a fim de tornar o livro didático mais adequado aos alunos, considera-se desejável a elaboração de um conteúdo que englobe experimentos de fácil manuseio, a contextualização dos conceitos e a exposição do “[...] processo de construção da ciência, sendo evidenciada a presença humana como peça fundamental no processo de desenvolvimento científico.” (GARCIA, T.; GARCIA, N.; PIVOVAR, 2017, p. 84).

Desse modo, com vistas a aprimorar a educação científica e alfabetizar cientificamente os alunos, torna-se necessário que os livros didáticos esclareçam a percepção da Ciência como um processo em construção. Para conquista deste objetivo, uma ferramenta a ser utilizada é o ensino da História da Ciência aos alunos. Segundo Lilian Al-Chueyr Pereira Martins (1998, p. 18), a inserção desta disciplina nos currículos escolares permite

Mostrar através de episódios históricos o processo gradativo e lento da construção do conhecimento, permitindo uma visão concreta da natureza real da ciência, seus métodos, suas limitações. Isso possibilitará a formação de um espírito crítico, fazendo com que o conhecimento científico seja desmistificado sem que se destrua seu valor.

O ensino da História da Ciência comporta ainda, conforme apontado pelo professor Richard Kremer, o estudo dos artefatos que tornam a Ciência possível. Segundo o autor, os chamados instrumentos científicos são locais concretos capazes de proporcionar narrativas a respeito de como a Ciência funciona (RICHARD..., 2021) e, por esta maneira, estão habilitados para estimular a educação científica dos alunos. Sob esta perspectiva, surgem questionamentos acerca da utilização de aspectos como a História da Ciência e seus instrumentos científicos nos livros didáticos e do compromisso destas obras em alfabetizar e transmitir a visão processual da Ciência aos alunos.

Estudos previamente realizados demonstram a carência da História da Ciência nas obras escolares. Contudo, não há dados que representem a parcela dos instrumentos científicos explorados pelos livros didáticos, o que justifica a existência da presente dissertação. Nesse sentido, para fins de contextualização, a alfabetização científica da população e o papel da História da Ciência neste êxito serão discutidos nas seções a seguir.

## 2.1 A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

A primeira menção à alfabetização científica na comunidade acadêmica pertence a Paul DeHart Hurd, um professor da Universidade de Stanford que em 1958 publicou o artigo “Science Literacy: its meaning for American schools” na revista *Educational Leadership*. A

proposta do artigo buscava evidenciar a importância de um novo currículo nas escolas americanas que realmente ensinasse a Ciência aos alunos. Levando em conta o caráter evolutivo da Ciência, inúmeros foram os avanços tecnológicos e as descobertas científicas ocorridas durante esses 60 anos desde a publicação do texto. Todavia, diversos apontamentos destacados pelo autor ainda se encontram em relevância nos dias atuais.

Para Hurd (1958), apenas os indivíduos dotados de uma noção da Ciência moderna desenvolvem a capacidade de definir os valores humanos e compreender os problemas sociais, econômicos e políticos da sociedade. De acordo com ele, o ensino da Ciência a partir de uma perspectiva rígida onde a pesquisa científica é resumida em coletar e organizar dados relacionados a um problema e obter deduções lógicas traz pouco interesse aos estudantes. Lecionar a Ciência aos alunos, sob o ponto de vista de Hurd, deve fazer com que estes se sintam como cientistas por pelo menos um dia e obtenham as sensações que uma descoberta científica proporciona.

Apesar de evidenciar a necessidade de uma abordagem prática para desenvolver nas escolas a *Science Literacy* – que aqui entendemos como alfabetização científica –, o artigo também infere que as escolas da época deveriam desenvolver uma abordagem aos problemas da humanidade que considerasse, de modo conjunto, as Ciências Humanas, Sociais e da Natureza. Para o autor,

Modernizar as aulas não significa que a História da Ciência deve ser negligenciada, e sim que a mesma deveria ser introduzida a partir do seu aspecto mais significativo, como uma importante conquista intelectual da humanidade. É comum encontrarmos o ensino da História da Tecnologia, mas este raramente ocorre sob a perspectiva da investigação científica. Uma das razões para os estudantes terem pouco apreço pelo trabalho dos cientistas é que estes nunca aprenderam de fato sobre o assunto. O crescimento das ideias e teorias científicas e suas contribuições para o contexto intelectual dos indivíduos está integrado à História da Ciência que, como tal, deve ter um papel importante no currículo [escolar] da modernidade (HURD, 1958, p. 16, tradução nossa).

Ao longo de sua carreira, Paul Hurd publicou inúmeros artigos no que concerne à alfabetização científica. Em seu texto “Scientific Literacy: new minds for a changing world”, datado de 1998, o autor menciona a figura de Thomas Jefferson que, durante a vice-presidência dos Estados Unidos no ano de 1798, criticou a ausência da Ciência nas escolas do país. É de se notar então que o reconhecimento da necessidade de uma população alfabetizada cientificamente não é recente, ainda que tenha sido intensificado a partir das evoluções tecnológicas dos últimos anos. Apesar disso, foi apenas durante a década de 1980 que o campo

da Alfabetização Científica começou a progredir, e muitos são os estudos e teorias que se manifestaram a partir desta época.

Em um estudo publicado no ano de 1983, o pesquisador da Universidade de Michigan J.D. Miller contextualizou a evolução do que entendemos nos dias atuais como alfabetização científica. O autor menciona nomes como Thomas Huxley (1888) e Matthew Arnold (1885) para elucidar seus leitores de que a conversação envolvendo as áreas das Ciências durante o século XIX focalizava, principalmente, a definição do que é ser considerado culto. Um questionamento prevalente na época era se um indivíduo poderia obter essa capacidade erudita possuindo conhecimentos exclusivos apenas às Ciências Humanas ou apenas às Ciências da Natureza. Miller também provém nomes como John Dewey (1934) e Ira C. Davis (1935), que empregavam o termo *atitude científica* já por volta da década de 1930 para se referir a pessoas com a capacidade de mudar de opinião à luz de novas evidências, distinguir entre fatos e teorias, formular observações e hipóteses, e entre outras atitudes (DAVIS, 1935).

Com a chegada da Segunda Guerra Mundial, a carência de indivíduos com essa capacidade erudita tornou-se evidente. As áreas da Matemática, Ciência e Tecnologia passaram a ser vistas como ferramentas essenciais para o sucesso militar na guerra. Esta perspectiva permaneceu-se presente ainda no pós-guerra em virtude da corrida espacial. O lançamento do satélite Sputnik-1 por parte da União Soviética no ano de 1957 foi considerado o principal agente causador das reformas ocorridas no sistema educacional americano entre as décadas de 1950 e 1970. Este atraso tecnológico em relação aos soviéticos fez com que o foco dos Estados Unidos recaísse sobre o ensino das Ciências nas escolas e, em vista disso, foram realizadas alterações no currículo escolar, bem como na capacitação para professores. Dentre as mudanças formuladas, ressalta-se aqui a proposta da *American Association for the Advancement of Science* (AAAS) de estimular a qualificação dos professores por meio do ensino da História da Ciência (WISSEHR; CONCANNON; BARROW, 2011).

Em contraste com tais períodos, o foco atual dos debates a respeito do aprendizado das Ciências estaria então na alfabetização científica da população, ou seja, na habilidade da mesma de ler, compreender e expressar sua opinião a respeito das mais diversas temáticas científicas (MILLER, 1983). Sob o ponto de vista de Miller (1983), um indivíduo alfabetizado cientificamente é aquele capaz de compreender a Ciência através de três dimensões: a) o conhecimento de termos e conceitos científicos básicos; b) o entendimento de normas, processos e/ou métodos científicos; c) a noção do impacto da Ciência e Tecnologia na sociedade e em seus cidadãos.

Segundo a concepção de John Durant, todavia,

Para entender a ciência avançada, o público precisa de algo além do que o mero conhecimento dos fatos [...] Precisa, também, mais do que imagens idealizadas da “atitude científica” e do “método científico”. O que ele necessita, com certeza, é uma percepção sobre o modo pelo qual o sistema social da ciência realmente funciona para divulgar o que é usualmente conhecimento confiável a respeito do mundo natural. O público precisa compreender que às vezes a ciência funciona, não por causa de, mas, sim, apesar dos indivíduos envolvidos no processo de disseminação do conhecimento (DURANT, 2005, p. 25).

Durant, autor e professor do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), distingue a alfabetização científica a partir de três abordagens: 1. saber muito sobre ciência; 2. saber como a ciência funciona; 3. saber como a ciência realmente funciona. A primeira abordagem em questão, de modo similar a Miller, objetiva estar familiarizado com conteúdos científicos. Esta perspectiva com enfoque no conteúdo da Ciência é comumente utilizada em salas de aulas e está presente nas grades curriculares de escolas e universidades. Apesar desse tipo de conhecimento ser relevante, Durant desaprova a ideia de utilizar essa abordagem pouco esclarecedora como objetivo central, afinal,

Saber um monte de fatos científicos não é necessariamente a mesma coisa que ter um alto nível de compreensão científica [...] Para começar, ser capaz de apresentar uma definição de dicionário não é o mesmo que realmente saber o que ela de fato significa. Além disso, mesmo que uma definição de dicionário tenha sido compreendida, não significa que tem lugar no contexto da ciência ou que seu significado mais amplo tenha sido adequadamente compreendido (DURANT, 2005, p. 17).

Um exemplo da utilização desta abordagem fora da sala de aula e em um contexto mais popular é a publicação do livro *Cultural Literacy: what every American needs to know* pelo professor E. D. Hirsch no ano de 1987. Tal obra propunha listar todos os 5.000 fatos científicos que a população americana deveria conhecer, e obteve o sucesso necessário para estimular a criação de novos livros com o mesmo intuito. John Durant, entretanto, argumenta que além da ausência elementar de determinados conhecimentos científicos nos livros, tais propostas são altamente inadequadas, visto que se propõem a preparar a população para lidar apenas com questões científicas da atualidade. Segundo o autor, a atualidade envolve conhecimentos novos e, por conseguinte, incertos ou controversos. Em um cenário como este, torna-se dubitável que o leitor obtenha, de fato, uma plena compreensão dos desdobramentos científicos a partir de uma listagem de conhecimentos básicos.

A segunda abordagem – referente ao funcionamento da Ciência – está relacionada ao aprendizado dos procedimentos científicos utilizados pelos cientistas. Esse enfoque nos processos da Ciência tem como finalidade participar ao público não apenas o conteúdo, mas também a natureza da Ciência. A crítica de Durant em relação a esta perspectiva possui ligação

com a dificuldade de definir os procedimentos científicos utilizados por um cientista. O grande empecilho aqui seria a alta gama de métodos científicos diferenciados que este profissional pode utilizar. De acordo com o autor, enquanto que os cientistas aprendem a respeito dos mais variados processos científicos por meio de seus próprios ofícios, o ensino padronizado das Ciências ao resto da população muitas vezes se restringe a um único “método científico”. Essa concepção limitante passa a ideia de que existe apenas uma única fórmula para o fazer científico, quando, na realidade, a investigação científica vai muito além de um único método de ação.

Durant ainda prolonga o debate ao mencionar casos onde até mesmo a singularidade do método científico encontra-se ausente, como é o caso da obra *Science Matters: Achieving Scientific Literacy* escrita por Robert M. Hazen e James Trefil, que confina o método científico a uma única página. Neste livro, os autores reconhecem que o modo como visionam a alfabetização científica pode soar inadequada para outros teóricos e pesquisadores. Contudo, Hazen e Trefil (1991) compartilham do ponto de vista de que *fazer ciência* e *utilizar a ciência* são duas concepções diferenciadas e que o único requerimento necessário para ser alfabetizado cientificamente é utilizar a Ciência. Seguindo esta perspectiva, os autores caracterizam a alfabetização científica apenas como uma combinação de fatos, vocabulário, conceitos, história e filosofia das Ciências, sem qualquer inclusão dos processos de produção do conhecimento científico, já que estes são relativos ao ato de fazer ciência.

Já a terceira abordagem da alfabetização científica admite uma amplitude que vai além da Ciência como conhecimento ou método científico. Segundo Durant, saber como a Ciência realmente funciona consiste na compreensão da mesma como uma prática social. O processo social de construção do conhecimento científico não é uma atividade individualizante, e sim colaborativa. O conhecimento é idealizado e concebido a partir do trabalho conjunto e do desenvolvimento de melhorias por parte de críticos, concorrentes e colegas da área. A carência no ensino dessa visão da Ciência como prática social, para Durant, dificulta ainda mais a compreensão da população não-cientista. As narrativas científicas disseminadas na cultura popular dificilmente expõem à população a completa trajetória da Ciência, o que faz com que os indivíduos interpretem a descoberta científica como algo individualizante. Essa perspectiva contribui para passar uma imagem errônea da Ciência ao resto da população, que desenvolve uma visão homérica e irreal dos cientistas como super-humanos e da descoberta científica sem o abarcamento de estudos, pesquisas e da comunidade científica. Nas palavras de Durant (2005, p. 23),

A falha mais séria do ponto de vista usual sobre os processos de pesquisa científica é sua tendência em projetar as qualidades do conhecimento científico sobre os indivíduos que o produzem, os cientistas [...] A projeção das características da ciência sobre seus praticantes é parcialmente responsável pela imagem pública dos cientistas como super-homens e supermulheres. Mas essa projeção obscurece a verdadeira natureza da ciência e dificulta ainda mais a compreensão pública da trajetória da ciência. Pensemos na maneira pela qual a ciência é normalmente apresentada ao público. Tipicamente, os novos avanços são descritos em termos pessoais. O drama da descoberta pessoal atrai escritores e produtores porque eles sabem que as histórias pessoais são mais interessantes para os leitores e espectadores. O resultado, muitas vezes, é que o complexo sistema social da produção de conhecimento é, intencionalmente ou não, distorcido.

De modo similar às concepções debatidas até o momento, *The National Academies of Sciences, Engineering and Medicine* consideram os seguintes eixos como sendo os mais comuns na conceituação da alfabetização científica: o conhecimento científico; o entendimento das práticas científicas; e a compreensão da Ciência como um processo social (SNOW; DIBNER, 2016). A partir destes pontos de vista, contempla-se então a potencialidade do ensino da História da Ciência e de seus instrumentos científicos históricos na desconstrução desse discernimento ingênuo que circunda o fazer científico e distancia a população da compreensão da Ciência como um processo.

### **2.1.1 A Alfabetização Científica no Brasil**

Na seção anterior, foram mencionados termos utilizados por pesquisadores nativos da língua inglesa, tais como *Science Literacy*, *Scientific Literacy* e *Cultural Literacy*. Ao estudar a literatura da área, também é possível encontrar no exterior nomenclaturas como “the public understanding of science” em inglês; “Culture Scientifique” e “Alphabétisation Scientifique” em francês; e “Alfabetización Científica” no idioma espanhol. Essa vasta gama de termos utilizados nos outros países é mais uma representação das diferentes opções de tradução e adaptação de um conceito. De acordo com Sasseron e Carvalho (2011), na nossa língua portuguesa, a literatura emprega principalmente as seguintes formas: Alfabetização Científica, Letramento Científico e Enculturação Científica.

Uma rápida busca à Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD) mantida pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) nos transmite a ideia de que a expressão “alfabetização científica” é a mais utilizada na literatura nacional, estando presente em 463 teses e dissertações na base. Já o termo “letramento científico” foi responsável por recuperar 91 trabalhos registrados na base, ao passo que somente 11 foram localizados a partir da expressão “enculturação científica”. Demais consultas à plataforma Google

Acadêmico e à base SciELO nos fornecem novamente essa mesma regularidade. Com base nisso, optou-se por trabalhar com “alfabetização científica” nesta dissertação em virtude de sua maior presença na literatura nacional. Ainda assim, caso identificados os demais termos ao longo da realização desta pesquisa, estes serão concebidos como sinônimos. Apesar disso, com tamanha pluralidade de termos, considera-se pertinente para este trabalho a realização de alguns apontamentos semânticos.

No livro *Letramento: um tema em três gêneros*, a autora Magda Soares (1998) discute a diferenciação entre letramento e alfabetização. Segundo a autora,

[...] literacy é o estado ou condição que assume aquele que aprende a ler e escrever. Implícita nesse conceito está a ideia de que a escrita traz consequências sociais, culturais, políticas, econômicas, cognitivas, linguísticas, quer para o grupo social em que seja introduzida, quer para o indivíduo que aprenda a usá-la [...] É esse, pois, o sentido que tem letramento, palavra que criamos traduzindo “ao pé da letra” o inglês literacy: letra-, do latim littera, e o sufixo -mento, que denota o resultado de uma ação (como, por exemplo, em ferimento, resultado da ação de ferir). Letramento é, pois, o resultado da ação de ensinar ou de aprender a ler e escrever: o estado ou a condição que adquire um grupo social ou um indivíduo como consequência de ter-se apropriado da escrita (SOARES, 1998, p. 18-19).

Nesse sentido, seguindo a perspectiva linguística de Soares (1998), alguém alfabetizado seria todo e qualquer indivíduo capaz de ler e escrever, ao passo que ser letrado significa fazer uso da leitura e da escrita e envolvê-las em práticas sociais. Já no que concerne à perspectiva científica, Maíra Mamede e Erika Zimmermann (2005, p. 2) discursam que:

[...] poderíamos pensar na alfabetização científica, como sendo referente à aprendizagem dos conteúdos e da linguagem científica. Por outro lado, o letramento científico, se refere ao uso do conhecimento científico e tecnológico no cotidiano, no interior de um contexto sócio-histórico específico.

Além disso, os debates envolvendo a Enculturação Científica partem da concepção de um cruzamento entre a cultura que já reside no âmago do estudante e a cultura científica a ser adquirida. Segundo os autores brasileiros, essa enculturação tem como finalidade a formação cidadã do estudante de maneira que seus conhecimentos científicos sejam aplicados em seu cotidiano (MORTIMER; MACHADO, 1996; CARVALHO; TINOCO, 2006 apud SASSERON, 2008).

Por meio da realização de uma revisão de literatura da área, Lúcia Sasseron (2008, p. 65) desenvolveu em sua tese de doutorado três eixos estruturantes da alfabetização científica. Segundo a autora, para um indivíduo ser alfabetizado cientificamente, este deve desenvolver as seguintes habilidades: 1. compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos

fundamentais; 2. compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática; 3. entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente (CTSA). Percebe-se então o modo como as diversas teorias que abarcam a área da Alfabetização Científica partem de um mesmo princípio, mesmo que não sejam rigorosamente semelhantes. Aliás, tal proposta de relacionar a Ciência e Tecnologia com a sociedade ao longo da Educação Básica nas escolas é defendida por diferentes autores e retoma a percepção do movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS), surgido em meados do século XX.

A literatura da área também nos fornece um método para avaliar a alfabetização científica dos indivíduos. Durante a década de 1990, os autores Rüdiger Laugksch e Peter Spargo desenvolveram, a partir das abordagens apresentadas por Miller (1983), o chamado *Test of Basic Scientific Literacy*, que propunha determinar o nível de alfabetização científica de estudantes recém-formados do Ensino Médio. No ano de 2006, a autora Clélia Nascimento-Schulze traduziu o agora nomeado Teste de Alfabetização Científica Básica para a língua portuguesa e adaptou sua estrutura para o contexto brasileiro. A versão brasileira do teste passou a consistir em 110 questões de verdadeiro ou falso que englobavam as três abordagens elaboradas por Miller: 1. natureza da Ciência; 2. conteúdo da Ciência; 3. impacto da Ciência e Tecnologia sobre a Sociedade (ICTS). Em um primeiro momento, a pesquisa da autora analisou 754 estudantes e 63 professores do Ensino Médio. Os resultados permitiram quantificar um total de 51 professores e 275 alunos alfabetizados cientificamente, dos quais apenas 29,3% deste último estavam matriculados no ensino público (NASCIMENTO-SCHULZE, 2006). Devido ao caráter exaustivo do teste, a autora se propôs a aplicar novamente a avaliação, que dessa vez recebeu uma redução de 30% na quantidade de questões. Sob o auxílio de Brigido Camargo e João Wachelke, a nova pesquisa buscou interpretar as três abordagens científicas de formas independentes, o que viabilizou a coleta dos seguintes dados: 21,7% dos alunos obtiveram alto desempenho no subteste de natureza da Ciência; 30,9% alcançaram grandes resultados no que concerne ao conteúdo da Ciência; e apenas 23,8% dos estudantes atingiram desempenho elevado no subteste ICTS (NASCIMENTO-SCHULZE; CAMARGO; WACHELKE, 2006).

Tratando-se de um cenário mais recente, uma nova versão do teste foi adaptada na tese de Vizzotto (2019), que objetivava mensurar os conhecimentos de Física escolar de egressos do Ensino Médio. Neste trabalho, 45 questões foram aplicadas a 512 indivíduos, dos quais apenas 33% foram considerados alfabetizados cientificamente. Já a dissertação escrita por Dobler (2020) constatou apenas 25% dos alunos do Ensino Médio como alfabetizados

cientificamente. Tal pesquisa também proporcionou a noção de que 31% dos estudantes da amostra coletada nunca realizaram atividades práticas no ambiente escolar. Já em relação aos livros didáticos, observou-se que 72% dos alunos frequentemente ou sempre utilizam os livros didáticos de Biologia.

Pesquisas como estas possibilitam o reconhecimento da falta de alfabetização científica nas escolas. Há uma demanda por mais atividades que proporcionem uma compreensão efetiva da Ciência, de modo que esta seja aplicada pelos estudantes em suas práticas da vida cotidiana. Com este objetivo em mente, uma possível ferramenta a ser aplicada por professores e alunos é a utilização dos instrumentos científicos, bem como da História da Ciência, ocasionalmente esquecida pelos currículos de ensino. Essa disciplina será vista em maiores detalhes na seção a seguir.

## 2.2 O ENSINO DA HISTÓRIA DA CIÊNCIA

De acordo com José Bassalo (1992), apesar de tão antiga quanto a própria Ciência, foi apenas durante o século XX que a História da Ciência se constituiu como uma disciplina. Para o autor, a institucionalização da área ocorreu a partir da fundação da Revista Isis no ano de 1912 pelo historiador da Ciência George Sarton (1884-1956). Naquela época, Sarton (1916) defendia a história do desenvolvimento científico como a melhor metodologia para tornar a Ciência compreensível aos cidadãos não familiarizados com o assunto. Ainda segundo o historiador,

A história da ciência tem um grande valor heurístico, especialmente quando trabalhada por alguém familiarizado com as tendências científicas modernas, bem como as antigas. A sequência de descobertas antigas oferece concatenações similares ao cientista e, portanto, capacita-o a realizar novas descobertas. Métodos em desuso, engenhosamente modificados, podem tornar-se eficientes novamente. Quando entendida a partir deste viés, a história da ciência transforma-se, na realidade, em um método de pesquisa (SARTON, 1916, p. 344, tradução nossa).

Apesar disso, foi apenas por volta da década de 1990 que a disciplina da História da Ciência passou a admitir um foco nos estudos da prática e dos métodos científicos utilizados no desenvolvimento das teorias<sup>2</sup>. Prévio a esta mudança de escopo, estudava-se nomeadamente

---

<sup>2</sup> Essa nova abordagem experimental da História da Ciência valoriza as experiências sensoriais e “Abre as portas para um maior entendimento de textos e artefatos a partir de um envolvimento ativo com as práticas que esses textos e objetos descrevem ou representam. Além disso, oferece novas abordagens potencialmente vívidas do que as figuras históricas faziam e pensavam, assim como os porquês. Responde à necessidade de ampliar o repertório analítico do historiador, uma necessidade motivada parcialmente pelo fato de que a leitura de textos acerca das

a História das grandes ideias, provenientes de figuras como Ptolomeu (c. 100- c. 170), Isaac Newton (1643-1727) e Charles Darwin (1809-1882) (RICHARD..., 2021).

Para Sarton (1916), as diversas maneiras de concepção da História da Ciência não se contradizem, embora possuam diferentes níveis de compreensão. De acordo com ele,

O propósito da História da Ciência, da forma que vejo, é estabelecer a gênese e o desenvolvimento de fatos e ideias científicas, levando em conta todos os intercâmbios intelectuais e todas as influências trazidas pelo progresso da civilização. É, de fato, uma história da civilização humana, considerada do mais amplo ponto de vista. O ponto central de interesse é a evolução da ciência, mas a história geral permanece incessantemente como plano de fundo (SARTON, 1916, p. 333, tradução nossa).

A amplitude desta perspectiva é compartilhada por demais historiadores. Para Roberto Martins (1990), a História da Ciência é um dos componentes da História Cultural da Humanidade. Já conforme exposto por Lorraine Daston e Glenn Most (2015), a expansão do objeto de estudo da História da Ciência para incluir ao menos uma parcela da história das áreas Humanas é inevitável. Como respaldo para este argumento, os autores oferecem como exemplo a interpenetração das disciplinas de Ciência e Filosofia até mesmo durante o Período Moderno.

Ainda à luz de uma interpretação inclusiva, os historiadores Jane Maienschein e George Smith (2008) consideram como referente à História da Ciência todo o trabalho que estuda a Ciência e examina seus aspectos de conteúdo, contexto, impacto e valor, de modo que esta possa relacionar-se ainda com o *public understanding of Science*, entendida também como alfabetização científica.

Apesar do notável crescimento da área nas últimas décadas, um de seus maiores desafios é a falta de profissionais qualificados para ensinar a respeito da História da Ciência. Diversos pesquisadores apontam a carência do ensino da disciplina nas grades de formações acadêmicas e profissionalizantes, o que lesiona o ensino das Ciências até mesmo sob o âmbito escolar, em virtude da falta de embasamento dos professores. O pesquisador italiano Paolo Rossi (2020) comprova essa escassez do ensino da História da Física ao revelar-se como o único professor titular desta disciplina em toda a Itália. Tal carência de profissionais qualificados para ensinar a História da Ciência é um cenário que deve ser revertido, visto que, ainda de acordo com Rossi (2020), a integração desta disciplina às grades curriculares de cursos de Ciências é fundamental tanto sob a perspectiva educacional quanto sob o ponto de vista filosófico. Segundo o autor,

---

práticas pode tornar-se frustrante, uma vez que estes raramente provêm a informação necessária para plena compreensão da prática descrita.” (FORS; PRINCIPE; SIBUM, 2016, p. 89, tradução nossa).

A primeira razão é que se o aluno aprende pelo caminho com o qual as descobertas foram feitas, é mais fácil aprender e a entender, pois o processo mental e histórico são paralelos. Por exemplo, é difícil dizer que alguém pode compreender a mecânica quântica sem conhecer a mecânica clássica. Mas entender a mecânica quântica sem nem mesmo saber da existência da mecânica de Heisenberg, Bohr, [saber que] antes de Bohr, existia a de Rutherford. E que, portanto, várias descobertas no final do século XIX permitiram, então, desenvolver um certo modelo de átomo e conseqüentemente um modelo de interações microscópicas, uma teoria dessa interação. Tudo isso, quando se ensina sem seguir o caminho histórico, apenas começando no primeiro dia de aula escrevendo fórmulas e dizendo ‘estas são as leis da mecânica quântica’. [Assim], o aluno não vai entender, porque a sua mente deve seguir o caminho não apenas lógico, mas também histórico com o qual algo foi descoberto, porque, se não, [o aluno] não seria um ser humano. Portanto, a história das descobertas está na base de uma apresentação mais compreensível dessas ideias. Se forem apenas ideias sem concretude no caminho mental pelo qual se chegou a tais conclusões [científicas], os alunos não vão aprender. A razão filosófica é que, se não entendermos a história da ciência, em particular a história da física e quais tipos de erros são cometidos no processo de pesquisa, não vamos entender o limite de uma certa epistemologia. Assim, corremos o risco de ser um cientista sem visão ampla do problema e, portanto, que não entende quando é necessário abandonar, por exemplo, uma certa hipótese (ROSSI, 2020).

De maneira similar a Rossi, o historiador da Ciência José Bassalo (1992) elucida que um dos fatores mais importantes para se estudar a História da Ciência é que esta propicia o entendimento do caráter humano do cientista. O ensino do contexto histórico da Ciência permite que os alunos compreendam que até mesmo o profissional cientista é cabível de erro. Bassalo (1992) exemplifica essa questão a partir de casos ao longo da História da Ciência onde renomadas figuras cometeram erros, tal como Albert Einstein (1879-1955).

Deste modo, observa-se uma semelhança entre esta disciplina e o intento da alfabetização científica de desconstruir a imagem homérica que circunda os cientistas. Ademais, nas palavras de George Sarton (1916, p. 345, tradução nossa), “A história dos erros é extremamente útil; primeiramente por nos auxiliar a desenvolver um melhor apreço pela evolução da verdade, mas também porque nos permite evitar os mesmos erros no futuro.”.

Um outro fator que justifica a relevância do ensino da História da Ciência é que esta vai de contramão à postura positivista dos livros didáticos que, por ensinarem uma Ciência descontextualizada, transmitem a noção de que a evolução científica ocorre de maneira cronológica, racional e inquestionável (BASSALO, 1992), o que não é factível. Bassalo ainda destaca o modo como a História da Ciência possibilita também a compreensão das relações entre a Ciência e a sociedade, fator que enfatiza ainda mais a semelhança entre esta disciplina e as três abordagens da alfabetização científica, de maneira que seja possível argumentar que o ensino da História da Ciência viabiliza uma população alfabetizada cientificamente.

Nessa mesma perspectiva, a integração desta disciplina à formação de profissionais também é justificada por Roberto Martins (1990) a partir da ideia de que a ausência da História

impossibilita a compreensão das bases da Ciência. Sob esta perspectiva, o autor comenta: “Ensinar um resultado sem a sua fundamentação é simplesmente doutrinar e não ensinar ciência.” (MARTINS, 1990, p. 4).

Os historiadores Diamantino Fernandes Trindade e Lais dos Santos Pinto Trindade (c2003) também reiteram que a incorporação da História da Ciência nas escolas facilitaria o desenvolvimento da capacidade de compreensão dos alunos. Para os autores,

Os denominados “programas” escolares alicerçam-se no pressuposto de um conhecimento estático que devem ser aprendidos numa ordem predeterminada, ignorando que o aprendizado acontece, preferencialmente, como uma resposta às necessidades ou desafios do momento da vida do estudante. Sem desafios, o pensamento morre. Talvez isto nos dê uma pista para compreender o fracasso de nossas escolas – não há como dar vida a um conhecimento morto. E o ensino voltado para a transmissão de informações, que valoriza apenas o racional e que visa a resultados positivos nos exames vestibulares, distancia-se de uma formação completa, interdisciplinar e abrangente, que permita uma preparação para o acompanhamento das rápidas transformações com as quais nos deparamos (TRINDADE, D.; TRINDADE, L., c2003, p. 76).

Frente a este ponto de vista, os autores oferecem uma série de sugestões de textos científicos originais a serem trabalhados com os estudantes em salas de aula, tais como a carta de confissão de Galileu Galilei (1564-1642); o testamento de Alfred Nobel (1833-1896); a carta de Albert Einstein ao então presidente americano Franklin Roosevelt; e diversas outras fontes primárias constituídas de conteúdos enriquecedores.

Todavia, apesar de tais benefícios, pesquisas previamente realizadas em livros do PNLD apontam que os conteúdos científicos trabalhados em sala de aula são carentes em contextualização. A dissertação de Rebeca Castro Bighetti (2019) permitiu comprovar que as obras de Química do PNLD de 2018-2020 apresentam uma séria falta de abordagens históricas que propiciem a construção de uma imagem fidedigna da Ciência. Segundo a autora, a inadequação dos livros didáticos analisados no trabalho dificulta a alfabetização científica dos alunos e corrobora para a visão do cientista como um “gênio infalível”. Por meio desses resultados, Bighetti (2019) pôde contestar que a utilização apenas de livros didáticos em sala de aula não é suficiente para um ensino efetivo.

Nesse mesmo aspecto, a tese de doutorado de Tiago Ungericht Rocha (2019) reitera o papel secundário da História da Ciência nos livros didáticos do PNLD. A pesquisa do autor possibilitou a comprovação de que o processo de seleção dos livros para o PNLD não especifica a necessidade de conteúdos que remetam à História da Ciência. Ademais, Rocha (2019) também demonstrou que dentre os profissionais responsáveis pelo selecionamento dos livros mais

adequados para adentrar ao programa, menos de um terço possuem alguma produção acadêmica acerca da História da Ciência e Ensino.

Demais trabalhos como o de Fernandes e Porto (2012) evidenciam que até mesmo livros de Química voltados para o Ensino Superior apresentam falhas no que diz respeito ao ensino da História da Ciência, o que realça a falta de embasamento recebida pelos professores ao longo da graduação. Esse desconhecimento da contextualização histórica por parte de professores e livros didáticos pode ocasionar, em alguns casos, a distorção da História da Ciência e a tendência anacrônica de *whiggismo* (PEREIRA; AMADOR, 2007), termo utilizado em referência ao erro de analisar o passado a partir do ponto de vista do presente<sup>3</sup>. Sob esta perspectiva, uma outra questão a ser levada em conta durante o estudo da História da Ciência é a de que “[...] cada ciência precisa ser estudada em seu passado, compreendendo-se as condições em que foi produzida e, sobretudo, que métodos considerados hoje ultrapassados constituíram-se, em sua época, um grande avanço.” (TRINDADE, D.; TRINDADE, L., c2003, p. 8).

Além do trabalho com textos originais, uma forma complementar de aprendizagem é o ensino da História da Ciência a partir dos instrumentos científicos. Conforme exposto por Richard Kremer, a mudança de escopo da História da Ciência e seu foco no estudo das práticas científicas podem ser constatados a partir da publicação do livro *Leviathan and the air-pump*, escrito por Steven Shapin e Simon Schaffer em 1985. Segundo o pesquisador, apesar do alto nível de teoria contido no livro, esta foi uma das primeiras obras a mencionar um instrumento científico em seu título (RICHARD..., 2021).

Kremer ainda exemplifica a relação da História da Ciência para com outras áreas do conhecimento a partir da demonstração da importância dos instrumentos científicos históricos. O autor faz uso do cronoscópio inventado pelo suíço Matthäus Hipp (1813-1893) em meados do século XIX para corroborar a ideia de que um instrumento pertencente a uma determinada área possibilitou estudos em variados campos do conhecimento. Provido da capacidade de calcular curtos intervalos, o Cronoscópio de Hipp pôde ser empregado em áreas como a Balística, a fim de medir a velocidade das balas; e a Astronomia, para mensurar a posição das estrelas. Essencial também para a Psicologia Experimental, a utilização deste instrumento na mensuração dos tempos de resposta do cérebro viabilizou a metodologia mais adequada da

---

<sup>3</sup> Para Bart Karstens (c2014), ainda que toda forma de historiografia contenha uma dose de presentismo em virtude das origens do historiador, nem todas essas interpretações são transformadas em whiggismo. De acordo com o autor, a Historiografia da Ciência admite ainda outros três aspectos de whiggismo: o julgamento de um modo correto de fazer ciência; o triunfalismo presente na interpretação da ciência; e o internalismo de ignorar a influência que fatores sociais, econômicos, políticos e culturais podem exercer sobre a Ciência.

época no estudo da função cerebral, proporcionando novas formas de analisar o cérebro humano. A partir deste panorama, Kremer conclui então que os instrumentos científicos movimentam e transformam a Ciência (RICHARD..., 2021).

Ainda no que concerne à relação existente entre a História da Ciência e os instrumentos científicos, no ano de 1940, Ralph Holcombe Müller iniciou o seu artigo *American Apparatus, Instruments, and Instrumentation* com a seguinte declaração:

Que a História da Ciência Física é, em grande medida, a História dos instrumentos e de sua inventiva utilização é amplamente conhecido. As grandes generalizações e teorias surgidas periodicamente consolidaram-se ou enfraqueceram-se com base em medições acuradas, e em diversas instâncias novos instrumentos foram elaborados para este propósito. Existe pouca evidência para sustentar o argumento de que a mente do indivíduo moderno é superior àquela dos antigos. Suas ferramentas são incomparavelmente superiores (MÜLLER, 1940, p. 571, tradução nossa).

Davis Baird (2004), todavia, em sua obra intitulada *Thing Knowledge*, comenta que ao contrário do que dito por Müller, não é de conhecimento geral que a História da Ciência Física seja a História dos instrumentos. Para o autor, essa falta de reconhecimento está relacionada ao modo como os instrumentos são carentes de linguagem – considerada o nosso veículo principal de comunicação – e requerem, na realidade, um pensamento visual e tátil. Ainda assim, é inegável a essencialidade contida nos instrumentos científicos. Como argumentado por Van Helden e Hankins,

Se concordarmos que uma parte importante da Revolução Científica foi a elaboração de um método experimental, então a criação de procedimentos para a utilização apropriada dos instrumentos – isto é, a decisão de quais instrumentos deveriam ser admitidos na Filosofia Natural e o que se considerava uma utilização apropriada – foi crucial para toda a empreitada científica. O papel dos instrumentos mudou, claro, assim como a Ciência desde o século XVII, tanto em metodologia quanto em organização social. Ao estudar os instrumentos, podemos entender melhor como essas mudanças ocorreram (VAN HELDEN; HANKINS, 1994, p. 4, tradução nossa).

De acordo com Julian Holland (1999), os instrumentos científicos históricos são uma das possíveis formas de compreender a História da Ciência. Em vista disso, o autor sugere uma variedade de atividades que podem ser realizadas com os alunos em sala de aula, explorando aspectos como design, materialidade e funcionalidade dos aparatos. Segundo Holland (1999), um dos métodos de integração destes instrumentos à sala de aula seria a partir da temática de microscópios e teoria celular:

Essa opção fornece escopo para observar as dificuldades de fabricação de microscópios compostos de alta resolução; como os problemas ópticos foram significativamente reduzidos na década de 1830; e como isso habilitou a Fisiologia a

mudar seu foco do tecido para a célula. A diferença entre os microscópios das décadas de 1660 e 1830 fundamenta a distinção entre o conceito de “célula” de Robert Hooke e o dos Fisiologistas alemães do final da década de 1830. A falta de um desenvolvimento constante do microscópio neste intervalo de um século e meio proporciona um considerável escopo para a discussão das relações entre ideias científicas, habilidades técnicas e questões sociais mais amplas (HOLLAND, 1999, tradução nossa).

É a partir desta perspectiva que se torna possível discursar a respeito do modo como os instrumentos científicos podem ser utilizados como uma ferramenta de ensino. Tais aspectos e suas relações para com a Ciência serão vistos com maiores detalhes na seção a seguir, afinal, como apontado por Thomas Graham, “É curioso o quanto o progresso da Ciência depende da invenção e melhoria dos instrumentos.” (GRAHAM, 1838 apud WESTON, 1983, p. 7).

### 3 OS INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS

Ao longo da História da Ciência, diversas nomenclaturas foram utilizadas antes do nascimento do termo “instrumento científico”. Em um artigo para o *British Journal for the History of Science*, a historiadora Deborah Warner (1990) faz uma revisão bibliográfica a respeito do surgimento desta expressão e de seu significado. Para a autora, a existência de múltiplos termos utilizados para expressar a ideia de instrumentos científicos reflete a forma como o escopo da própria Ciência modificou-se ao longo dos anos. Segundo Warner (1990), foi apenas durante o século XIX que palavras como “ciência” e “científico” passaram a ser amplamente utilizadas, em detrimento de “filosófico” e “filosofia natural”.

Estima-se que o primeiro uso do epíteto “filosófico” neste contexto tenha ocorrido em 1649, quando o polímata Samuel Hartlib redigiu uma carta para Robert Boyle e empregou a expressão “modelos e aparatos filosóficos”. Algumas décadas mais tarde, em 1681, o botânico Nehemiah Grew engendrou uma distinção entre “filosófico” e “matemático” no catálogo de objetos pertencentes à *Royal Society*. Esta variação era dada com base no propósito de uma investigação, uma vez que a concepção era de que as observações, medições e experimentações dos filósofos naturais tinham como objetivo a busca da verdade, enquanto que a intenção de matemáticos e mecânicos era puramente prática (WARNER, 1990).

O historiador da Ciência Gerard L’Estrange Turner (1998) também realiza uma distinção entre as duas nomenclaturas em seu livro *Scientific Instruments, 1500-1900*. Conforme o autor, os instrumentos matemáticos eram chamados como tal porque propunham a medição e tinham um princípio matemático incorporado em suas construções, ao passo que os aparatos filosóficos buscavam apenas demonstrar efeitos físicos. Em relação a estas terminologias, o pesquisador Jim Bennett (1986) atenta seus leitores ao fato de que os instrumentos matemáticos são considerados os predecessores dos instrumentos filosóficos. Segundo ele,

O instrumento foi inicialmente a marca registrada das Ciências Matemáticas e tornou-se aplicável à Filosofia Natural apenas a partir de uma mudança, explícita ou implícita, nos pressupostos filosófico-naturais. Sobretudo a partir da Filosofia Mecânica, o mundo natural era uma máquina e poderia ser abordado por meio de técnicas mecânicas ou práticas matemáticas. A Filosofia Mecânica legitimou o uso de instrumentos – previamente pertencentes às Ciências Matemáticas – na Filosofia Natural (BENNETT, 1986, p. 3, tradução nossa).

Sob esta perspectiva, o autor reflete a respeito do modo como a dedicação íntegra dos historiadores aos instrumentos ópticos e filosóficos tem negligenciado os estudos dos

instrumentos matemáticos do século XVI e início do século XVII, tal como o relógio de sol, o nocturlábio, o quadrante e muitos outros mais desconhecidos que, de acordo com Bennett, já caíram no esquecimento.

Perante o ponto de vista da pesquisadora Alison Morrison-Low (2016), os instrumentos matemáticos foram os primeiros a serem desenvolvidos, e partilhavam desta nomenclatura quaisquer aparelhos utilizados para realização de cálculos ou medição de ângulos e distâncias. Segundo a autora, apesar de apetrechos como os óculos serem desenvolvidos desde o século XIV, os instrumentos ópticos surgiram apenas por volta do final do século XVI, momento em que a magnificação por meio da combinação de lentes foi descoberta. Já no que diz respeito à terminologia de instrumentos filosóficos, estima-se que seu florescimento tenha ocorrido nos meados do século XVII sob o contexto da Revolução Científica, período em que tais aparelhos eram desenvolvidos com o intuito de auxiliar na investigação ou demonstração de fenômenos naturais.

De qualquer modo, tais aparatos filosóficos e matemáticos tornaram-se populares ao longo do século XVIII e eram utilizados sob propósitos investigativos e pedagógicos (WARNER, 1990). Registros mostram que próximo à chegada do século XIX uma parcela de comerciantes britânicos se identificava como “fabricante de instrumentos matemáticos, ópticos e filosóficos”, como é possível observar nas figuras demonstradas abaixo:

Figura 1 – Cartão comercial de James Simons, fabricante de instrumentos matemáticos, filosóficos e ópticos.



Fonte: The British Museum (c1960b).

Figura 2 – Cartão comercial de Benjamin Martin (1704-1782), fabricante de instrumentos matemáticos, filosóficos e ópticos.



Fonte: The British Museum (c1960a).

Novas opções de terminologia também floresceram durante as décadas do século XIX. Segundo Warner (1990), muitos instrumentos matemáticos deste período começaram a ser designados como “de engenharia”. A autora também menciona a adoção de outros termos como “instrumentos de física” e “instrumentos de precisão”. Morrison-Low (2016) traz ainda uma interessante percepção no que diz respeito à proveniência dos instrumentos científicos e de precisão<sup>4</sup> desta época. Segundo a autora, os instrumentos considerados de precisão só começaram a ser produzidos fora da capital Londres em meados do século XIX, ao passo que os instrumentos científicos eram manufaturados ao redor de toda a Inglaterra.

Devido a esta vastidão de termos e amplitude em significados com os passar dos séculos, Warner (1990) atenta os seus leitores para o perigo intrínseco na generalização de uma terminologia, como no caso de designar como instrumentos científicos objetos prévios ao século XIX (VAN HELDEN; HANKINS, 1994). Ademais, um outro fator que implica nesta

<sup>4</sup> Neste contexto, a autora entende como instrumentos de precisão aparelhos geralmente encomendados, que exigiam um elevado gasto de tempo e de materiais e beiravam o ápice tecnológico permitido pela época. Já a terminologia de instrumentos científicos era dada aos aparelhos cuja comercialização larga e rotineira possibilitava – em termos financeiros e de experiência – a produção dos instrumentos de precisão (MORRISON-LOW, 2016).

questão é a concepção de que um instrumento não carrega a característica científica por si só, isto é, este necessita ser utilizado em observações e experimentos científicos para ser considerado como tal. Deste modo, a generalização pode elidir instrumentos empregados em contextos comerciais ou pedagógicos.

Seguindo essa mesma linha de pensamento, no texto *O estatuto dos instrumentos científicos*, o historiador da Ciência Jim Bennett realiza os seguintes questionamentos:

Um barómetro numa estação meteorológica é certamente um instrumento científico. Será que um barómetro doméstico numa sala de estar o é também? Será que um termómetro clínico é um instrumento científico? Provavelmente estaríamos de acordo em responder que sim, mesmo num contexto doméstico. Mas provavelmente estaríamos de acordo em dizer que um termostato do aquecimento central não o é. Será que um sextante marinho é um instrumento científico? Provavelmente sim. E um conta-quilómetros num carro? Provavelmente não (BENNETT, 1999, p. 204).

Para Bennett (1999), a falta de precisão desses conceitos está relacionada com o modo como a Ciência interage com o mundo e com uma cultura mais vasta. Esse caráter difuso das terminologias pode ser observado até mesmo a partir de leituras de Francis Bacon, onde notamos o duplo sentido no que o filósofo compreendia como instrumento. Em seu segundo aforismo da obra *Novum Organum*, publicada pela primeira vez em 1620, o autor considera como instrumento tanto o tangível quanto o intangível:

Nem a mão nua nem o intelecto, deixados a si mesmos, logram muito. Todos os feitos se cumprem com instrumentos e recursos auxiliares, de que dependem, em igual medida, tanto o intelecto quanto as mãos. Assim como os instrumentos mecânicos regulam e ampliam o movimento das mãos, os da mente aguçam o intelecto e o precavêm (BACON, 1973, p. 19).

É correto dizer então que o termo *instrumento científico* carrega uma gama de definições a depender do contexto em que está sendo utilizado. Segundo o Thesaurus de Acervos Científicos em Língua Portuguesa ([201-]), estes instrumentos

[...] são objetos que exploram um efeito, ou lei científica, conhecido para evidenciar uma grandeza observável relativamente a um sistema ou para modificar de forma controlada esse sistema. O uso do instrumento científico revela, qualitativa e quantitativamente, de modo direto ou indireto, através da medição, registro/registo, processamento ou ainda através da imposição de condições aos limites controláveis ao sistema em estudo, características inicialmente desconhecidas do estado desse sistema.

De acordo com a Enciclopédia histórica de instrumentos científicos, arquitetar uma definição geral para instrumentos científicos é tão difícil quanto estabelecer o que é a própria Ciência. Esta obra, que apresenta como título original *Instruments of Science: an historical*

*encyclopedia*, é composta por um total de 325 instrumentos importantes para a História da humanidade. Dado o propósito do livro, seus elaboradores necessitaram adicionar à introdução o que seria ali entendido como um instrumento científico. A abordagem escolhida levou em consideração os instrumentos matemáticos da antiguidade em diante, assim como os instrumentos da Filosofia Natural dos séculos XVII e XVIII. Também foram abarcadas a Física, Química e demais Ciências dos séculos XIX e XX, bem como as Engenharias e Ciências Aplicadas. O caráter amplo da enciclopédia adicionou ainda à lista quatro organismos fundamentais para pesquisas nas áreas de Biologia e Biotecnologia: a bactéria *E. coli*, o fungo *Neurospora*, o inseto *Drosophila* e o rato de laboratório (BUD; WARNER, 1998).

A partir das considerações realizadas por esta enciclopédia e retomando as indagações engendradas por Warner (1990), a pesquisadora Liba Taub (2018, p. 11-12, tradução nossa) realiza em seu artigo *What is a scientific instrument, now?* os seguintes questionamentos:

Estudos acerca da ‘eletricidade animal’ no final do século XVIII foram conduzidos por Luigi Galvani (1737–1798) e Alessandro Volta (1745–1827). Ao estudar os efeitos do estímulo elétrico em pernas de sapos decepadas, ambos apresentaram teorias rivais baseadas no debate da natureza da resposta nervosa e do movimento muscular dos sapos. Cada um justificou seu próprio ponto de vista ao comparar o sapo a um instrumento científico. Para Galvani, a perna do sapo era como uma garrafa de Leyden, ao passo que Volta comparou-a com sua invenção: a pilha voltaica. O sapo - ou pelo menos sua perna - é um instrumento científico? Em termos mais gerais, podemos nos questionar: qual o papel dos espécimes, incluindo aquelas preservadas em lâminas de microscópios? Estes são instrumentos? E um programa que permite que estudantes e pesquisadores conduzam experimentos (incluindo dissecações de sapos) em um computador, este é um instrumento? (E, nesse caso, consideramos tanto o hardware quanto o software um instrumento?)

Em virtude da aceitação da falta de uma singular conceituação para instrumento científico, este artigo da autora tem como objetivo ressaltar como as definições existentes não são nem universais e nem estáticas. Além do dilema exemplificado acima no que concerne aos organismos e programas de computador, Taub também compartilha situações onde edifícios são considerados instrumentos, como é o caso do Panteão romano, que tem seu interior arquitetado como um relógio de sol. A autora ressalta ainda o modo como diversos profissionais têm aplicado o termo “cultura material da Ciência” para se referir aos objetos curados e colecionados (TAUB, 2018).

Vê-se então que o termo *instrumento científico* não se restringe apenas a objetos móveis, inanimados ou sequer tangíveis, como é o caso de uma entrevista em uma pesquisa científica. A falta de um consenso em relação a esta terminologia é uma reflexão das mudanças que o termo pode sofrer a depender do contexto, da área do conhecimento e da época em que ele está

sendo utilizado. Deste modo, compreende-se que uma definição de instrumento científico pode estar correta para um profissional e inadequada para outrem.

Apesar dessa complexidade de significações e da existência dos mais variados termos ao longo da História da Ciência, há de se mencionar, entretanto, que devido ao caráter da presente dissertação e sua abordagem no ambiente escolar, optou-se aqui pelo uso do termo “instrumento científico” ao longo da pesquisa, bem como na elaboração do produto técnico-científico, tendo em vista o contexto de aplicação e visando à facilitação do entendimento.

### 3.1 A CATEGORIZAÇÃO E O USO ESCOLAR DOS INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS

Embora as barreiras entre as tipologias de instrumentos sejam difusas, diversos historiadores da Ciência buscam categorizar tais aparatos científicos e esclarecer algumas das diferenciações existentes entre eles. Esta atitude de categorização não é recente e pode ser encontrada nos mais variados livros e catálogos de um período histórico. Menciona-se aqui como exemplo o livro *A treatise on mathematical instruments* publicado no ano de 1853 e que reúne o seu conteúdo a partir da divisão dos instrumentos em cinco classes: instrumentos matemáticos de desenho; instrumentos ópticos; instrumentos de observação; instrumentos astronômicos; e o goniômetro. No quadro abaixo é possível observar as divisões feitas por J. F. Heather, autor do livro, assim como alguns exemplos de instrumentos.

Quadro 1 – Classes de instrumentos matemáticos segundo J.F. Heather.

<b>Classes</b>	<b>Exemplos de instrumentos</b>
Instrumentos matemáticos de desenho	Compassos, pantógrafos, régulas de cálculo, micrômetros.
Instrumentos ópticos	Lentes, prismas, microscópios, telescópios, câmera obscura.
Instrumentos de observação	Níveis, teodolitos, transferidor circular, sextante de bolso.
Instrumentos astronômicos	Colimador, sextante de Hadley, círculo de reflexão de Troughton.
Goniômetro	Goniômetro e goniômetro de Wollaston.

Fonte: Heather (1853).

Já no Brasil, no ano de 1882, foi publicado no *Annales de L'Observatoire Impérial de Rio de Janeiro* um inventário dos 192 instrumentos pertencentes ao Observatório Imperial do

Rio de Janeiro, atualmente conhecido como Observatório Nacional. Tal listagem de instrumentos foi classificada por Luís Cruls – diretor interino da instituição na época – a partir das seguintes categorias:

Quadro 2 – Categorias de instrumentos do Observatório Nacional em 1882.

<b>Categorias</b>	<b>Exemplos de instrumentos</b>
Grandes instrumentos de astronomia	Luneta equatorial, luneta meridiana de Dollond, luneta zenital.
Instrumentos portáteis de astronomia, geodésia, topografia, etc.	Alt-azimute, teodolitos, sextante, telescópios, lunetas, pantômetro, grafômetro.
Instrumentos magnéticos	Bússola de inclinação, bússola de declinação de Gambey, magnetômetro.
Instrumentos e aparelhos meteorológicos	Barômetro, pluviômetro, termômetro, anemômetro, psicrômetro de Auguste.
Eletricidade, Física, etc (telegrafia; aparelhos de telegrafia submarina; aparelhos diversos)	Galvanômetro, relé, reostato, cronógrafo, eletroscópio.
Geodésia (aparelho de Brunner para mensuração de bases; blocos padrão)	Réguas, régua toesa do Peru.
Pêndulas, cronômetros, etc.	Pêndula de Mouilleron, cronômetro de John Poole, cronômetro de Norris & Campbell.
Espectroscopia, Fotometria, Polariscopioia, Fotografia, Óptica, etc.	Espectroscópio, prismas, lentes, microscópio.
Ateliê de mecânica de precisão	Motor a vapor, balança Roberval, motor do torno mecânico.

Fonte: Cruls (1882).

Muitos autores que se especializam no estudo dos instrumentos científicos utilizam de divisões como esta durante a elaboração da tessitura de suas publicações. O autor e historiador Gerard L'Estrange Turner faz uso de diferentes agrupamentos a depender do contexto e assunto tratados em suas obras. Em seu livro *Antique Scientific Instruments*, Turner (c1980) mantém as três tipologias de instrumentos mencionadas anteriormente, isto é, filosóficos, ópticos e matemáticos, estes últimos dos quais foram ainda subdivididos em: astronomia e medição de tempo; navegação; observação; desenho e cálculo; e pesos e medidas. Já na obra *Nineteenth-century scientific instruments*, Turner (1983) subdivide os instrumentos abordados pelo livro em quatro categorias, que se encontram exemplificadas no quadro abaixo:

Quadro 3 – Categorias de instrumentos científicos segundo Gerard Turner (1983).

<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>
Instrumentos físicos e analíticos	Ferramentas de pesquisa de um cientista (geradores eletrostáticos, galvanômetros, bombas de ar) e instrumentos utilizados em análises e medidas (balanças de precisão, espectroscópios).
Instrumentos profissionais	Instrumentos utilizados por navegadores, arquitetos, meteorologistas e outros profissionais. Incluem o teodolito, a régua de cálculo, o anemômetro e o hidrômetro.
Instrumentos de ensino	Subdivididos em aparatos que demonstram um efeito físico (como a ação das ondas de luz) e aparatos utilizados em experimentos, como o prisma de Fresnel, desenvolvido especialmente para o ensino em sala de aula.
Instrumentos recreacionais	Incluem aparelhos cujo único objetivo é a recreação, como caleidoscópios; e instrumentos manipulados por amadores, tal como microscópios.

Fonte: Turner (1983).

Segundo Davis Baird (2004), para entendermos a Ciência e a Tecnologia do mundo atual, devemos primeiramente construir uma epistemologia capaz de incluir os instrumentos científicos. O autor então se propõe a distinguir tais instrumentos por meio de suas funções epistemológicas:

Prévio a estes problemas filosóficos, surgem dificuldades a partir da própria concepção de instrumento científico. Sob o nível mais básico, este não é um conceito unitário. Existem diferentes tipologias de instrumentos científicos. E acima de tudo, essas diferentes tipologias funcionam de modo distinto epistemologicamente. Modelos, como o modelo de DNA de Watson e Crick, claramente possuem uma função representativa. Já dispositivos como o motor de Faraday, não; estes performam. Instrumentos de medição, como termômetros, são híbridos de diversas maneiras: estes performam para produzir representações. Consequentemente, antes de abordar as questões filosóficas de verdade e justificação, considero estes três tipos de instrumentos: modelos (capítulo 2); dispositivos que criam um fenômeno (capítulo 3); e instrumentos de medição (capítulo 4). Não alego que esta é uma tipologia de instrumentos ou de funções filosoficamente exaustiva ou completamente articulada. Comunico, entretanto, diferenças epistemológicas significantes para cada tipo, diferenças que requerem um tratamento especial (BAIRD, 2004, tradução nossa).

De modo similar, o Thesaurus de Acervos Científicos em Língua Portuguesa ([201-]) tem sua estrutura hierárquica engendrada em concordância com a função dos instrumentos, de modo que o Termo Geral (TG) “instrumento científico” compartilhe de relações hierárquicas para com os seguintes termos específicos (TE):

### **INSTRUMENTO CIENTÍFICO**

TE instrumento científico de cálculo e processamento  
 instrumento científico de desenho  
 instrumento científico de medida  
 instrumento científico de observação  
 instrumento científico de preparação e montagem  
 instrumento científico de registro/registo

Ainda nessa questão, Paolo Brenni (2012) afirma que os instrumentos científicos podem ser divididos segundo uso por meio das seguintes categorias: 1. Pesquisa e medição; 2. Profissional e industrial; 3. De ensino e didática. Esta última categoria refere-se exclusivamente aos instrumentos com propósitos acadêmicos, muito utilizados em escolas e universidades com a finalidade de demonstrar fenômenos do mundo aos estudantes. Fazem parte também desta classe aparelhos considerados “brinquedos científicos”, como é o caso do caleidoscópio; e os modelos, responsáveis por ilustrar os fenômenos aos alunos. É importante mencionar, todavia, que foi somente a partir da Segunda Guerra Mundial que essas mencionadas categorias se distanciaram. Prévio a este período, muitos aparatos carregavam ambas as funções de pesquisa e de ensino. Em certos casos, à medida que a utilidade de um instrumento como ferramenta de pesquisa decaía, seu papel como um dispositivo de ensino aumentava (BRENNI, 2012). A respeito dessa transição dos aparatos filosóficos para brinquedos científicos, Gerard Turner (1987, p. 383) comenta:

A educação e o entretenimento estão tão atrelados que não é surpreendente o modo como diversos aparatos utilizados em demonstrações no século XVIII tornaram-se os precursores de brinquedos infantis e entretenimento familiar no período Vitoriano [...] O modo como a Ciência do passado frequentemente se transforma na recreação do presente não a torna menos científica. Na realidade, conhecimentos científicos e de outras tipologias são absorvidos - consciente ou inconscientemente - por meio do ato de brincar (TURNER, 1987, p. 383, tradução nossa).

É sob esse contexto que Brenni (2012) aborda a evolução dos instrumentos científicos como ferramenta para o ensino das Ciências em seu artigo intitulado *The Evolution of Teaching Instruments and Their Use Between 1800 and 1930*. A partir de sua leitura, é possível notar a importância do uso de tais instrumentos nas escolas francesas durante meados do século XIX:

As descrições e reproduções (ao menos de forma simplificada) de experimentos históricos e fundamentais eram essenciais. A menção a cientistas famosos e suas grandes conquistas também carregava um papel moral e retórico. Nesse formato de ensino, a utilização de instrumentos - necessária para demonstração de fenômenos, leis e princípios da física - era absolutamente crucial (BRENNI, 2012, p. 199, tradução nossa).

Apesar da utilização de tais instrumentos ser considerada fundamental na época, alguns obstáculos eram enfrentados por alunos e professores, a começar pela carga horária dedicada ao ensino da Física ao longo do Ensino Médio francês, considerada insuficiente para realização de demonstrações complicadas e demoradas. Além disso, havia uma falta de professores com a qualificação necessária para performar os experimentos. Desse modo, muitos instrumentos pertencentes às escolas eram apenas exibidos aos alunos, que recebiam explicações teóricas a respeito de seus funcionamentos (BRENNI, 2012).

Embora a Europa do início do século XX acreditasse que “O ensino da Física só pode ser realizado se uma suficiente coleção de aparatos e uma sala de aula especial estiverem disponíveis.” (GRIMSEHL, 1911 apud BRENNI, 2012 p. 216, tradução nossa), ao longo das últimas décadas, milhares de instrumentos didáticos que compunham os mais variados Gabinetes de Física ao redor do mundo foram perdidos ou destruídos. No Brasil, são diversos os casos onde tais aparatos pertencentes às instituições de ensino foram abandonados e deixados para o acaso. Pesquisas recentes como as realizadas por Zancul e Souza (2012) e Ferreira *et al* (2010) funcionam como um luzeiro para relembrar a importância histórica de tais objetos e seus projetos de preservação.

O trabalho realizado por Ferreira *et al* (2010) pôde demonstrar que os objetos pertencentes ao laboratório de Física do Colégio Pedro II no Rio de Janeiro foram descobertos em situação de abandono. Observa-se aqui o caso de uma escola que contava com verbas governamentais destinadas especialmente para equipar os chamados Gabinetes de *Sciencias Physicas e Naturaes* por volta das décadas de 1920 e 1930, mas que em 2009 tinha seu laboratório de Física fechado há mais de 10 anos (BRASIL, 2009 apud FERREIRA *et al.*, 2010). Esse estado atual dos instrumentos e a falta de uso do laboratório por parte dos alunos comprovam o modo como tais aparelhos e o ensino experimental foram deixados de lado pelo currículo escolar no decorrer das últimas décadas. E mais além, houve também o esquecimento de tais objetos por parte dos próprios pesquisadores. Este é um cenário que deve ser revertido, afinal, como apontado por Zancul e Souza (2012), o estudo da história dos instrumentos pode desvendar uma série de informações significativas, como as ideias de experimentação

existentes ao longo da História, as transformações das Ciências e dos métodos de ensino, bem como o que é desbastado e esquecido.

Já no que diz respeito à utilização de tais instrumentos em livros didáticos, em seu texto *Scientific Toys*, o historiador Gerard Turner (1987) expõe o modo como os chamados *itinerant lecturers* da Europa do início do século XVIII influenciaram o design dos aparatos em livros e catálogos por pelo menos 250 anos:

Praticamente todas as demonstrações de Mecânica utilizadas por Whiston nas instalações de Francis Hauksbee em 1714 - ilustradas em seis placas insculpidas de seu curso - podem ser identificadas nas páginas do Catalogue of Scientific Apparatus de J. J. Griffin and Sons Ltd em 1912 [...] Pode ser surpreendente a quantidade desses aparatos de demonstração que se encontram presente nos livros didáticos escolares dos dias atuais, tal como no Ordinary Level Physics de A. F. Abbott, publicado pela Heinemann Educational Books em 1963 e reimpresso diversas vezes desde então. Este é apenas um exemplo da percolação até o público jovem trazido pelo vasto montante de conteúdo científico que necessita ser assimilado nos dias atuais pelo expoente profissional do sujeito. Do público do século XVIII predominantemente da meia-idade até os graduados do último século e as crianças do Ensino Médio deste século, o processo de ensino das bases da Ciência prolonga-se agora até o Ensino Fundamental (TURNER, 1987, p. 383, tradução nossa).

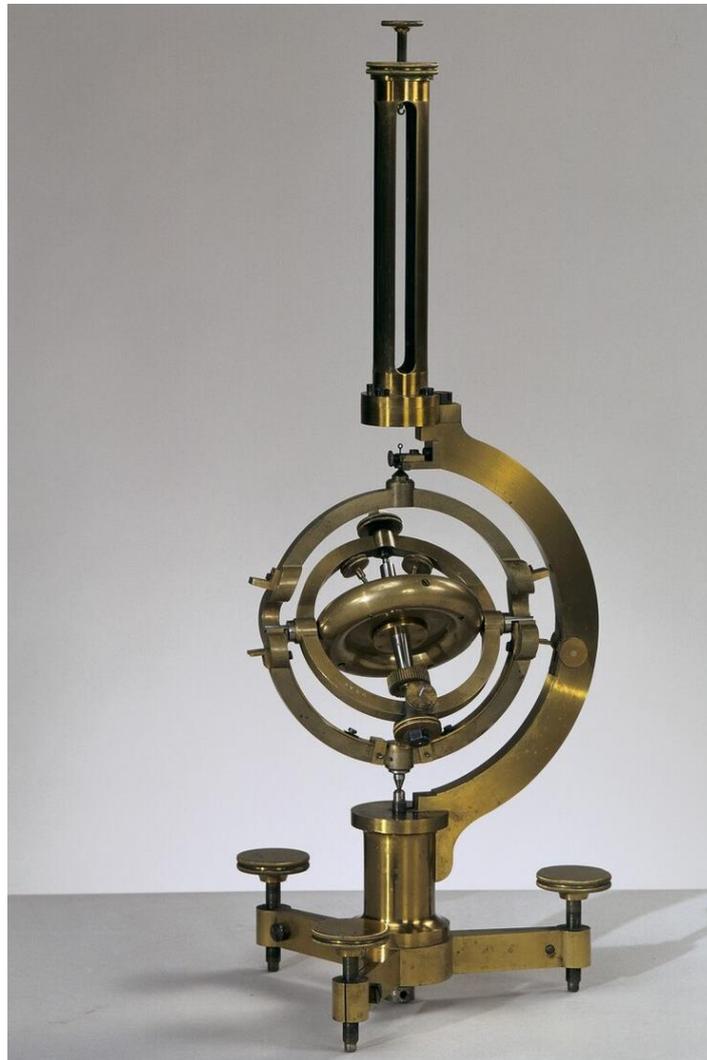
Neste texto, o autor faz referência à influência ocorrida em livros didáticos de língua inglesa publicados no século XX. Torna-se interessante então observar na pesquisa se este cenário impacta de alguma forma o contexto brasileiro do século XXI. Espera-se ainda que os resultados possibilitem desvendar se a atual carência do uso dos instrumentos científicos nas escolas do país também se encontra presente nos livros didáticos do novo Ensino Médio brasileiro.

### 3.2 A IMPORTÂNCIA DOS INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS COMO FERRAMENTA DE ENSINO

Em 1938, o historiador holandês Johan Huizinga publicou o livro *Homo Ludens* onde apresentou, sob uma perspectiva social, o jogo como um fator cultural. Turner (1987) faz uso desta ideia de homem lúdico para sustentar sua argumentação de que os jogos são uma forma de aprendizado que permite a demonstração do funcionamento do mundo. Essa estreita linha entre a recreação e a Ciência pode ser exemplificada por meio dos instrumentos e brinquedos científicos. Um exemplo disto é o giroscópio, termo empregado pela primeira vez durante o século XIX pelo filósofo Léon Foucault (1819-1868) a partir de seu experimento de observação da rotação da Terra. Assim como inúmeros outros aparatos científicos, o princípio do giroscópio também é utilizado nos mais variados contextos e pode ser identificado em piões, satélites,

telescópios, videogames, *force balls*, bicicletas, helicópteros e em diversos outros aparelhos. Esse caráter amplo permite que o instrumento seja utilizado como uma ferramenta para ensinar aos estudantes – que já estão familiarizados com a versão lúdica do aparelho – como a Ciência funciona e quais os serviços que ela presta à sociedade que passam despercebidos no nosso cotidiano. Além dessa aplicação no dia-a-dia, a utilização do giroscópio no ambiente escolar também possibilita ensinar ao estudante sobre a rotação do planeta Terra e introduzi-lo a conceitos científicos tal como torque, momento angular, precessão, inércia e entre outros. Observa-se nas imagens abaixo o aparato utilizado por Foucault em sua demonstração e um brinquedo infantil, ambos dos quais compartilham de um mesmo efeito giroscópico.

Figura 3 – Giroscópio de Léon Foucault produzido em 1852.



Fonte: Sylvain Pelly (2013).

Figura 4 – Piões de madeira.



Fonte: Mirek Kijewski (2010).

Desse modo, retomando conceitos vistos previamente, é possível sugerir que a utilização de instrumentos recreativos no ensino escolar estimula a alfabetização científica dos estudantes. Ademais, como exposto por Van Helden e Hankins (1994), os instrumentos têm função de mediadores entre as Ciências Naturais e a Cultura Popular, afinal, são eles que confirmam e ilustram teorias ao resto da população.

Ainda que o uso do giroscópio para demonstrar fenômenos aos alunos seja um exemplo contemporâneo, a abordagem histórica dos instrumentos científicos no contexto escolar também é de suma importância. Os historiadores Elizabeth Cavicchi e Peter Heering (c2022) realizam uma série de apontamentos acerca desta perspectiva no livro *Historical Scientific Instruments in Contemporary Education*. De acordo com as experiências pessoais dos autores, a aparência e composição diferente dos instrumentos históricos atrai a atenção dos estudantes que estão familiarizados somente com a fisionomia dos aparelhos atuais. Além de despertar a curiosidade, tais dispositivos corroboram para o desenvolvimento do raciocínio e compreensão dos alunos, que aprimoram também suas competências e autonomias pessoais.

As atividades exploratórias envolvendo o uso de instrumentos científicos históricos permitem que os alunos discutam a respeito das funcionalidades de um objeto e do contexto histórico em que este estava inserido. Muitos autores (BASSALO, 1992; ROCHA, 2019; UNESCO, 2005) apontam como uma falha da aprendizagem no ambiente escolar o ensino descontextualizado da Ciência, que repassa aos alunos o modo como as coisas são, mas negligencia a explicação por trás dos fenômenos. A utilização da História da Ciência e de seus instrumentos viabiliza a reversão deste cenário comum na educação formal. Com base em suas experiências com visitas escolares a instituições museológicas, Cavicchi e Heering (c2022,

p. 10-12) comentam a respeito do estímulo que os instrumentos científicos históricos fornecem à aprendizagem dos estudantes:

A começar pela percepção de que estes instrumentos eram desconhecidos, os estudantes deram início a ações e debates, por meio dos quais conceberam inferências provisórias sobre a função e o contexto dos instrumentos. Esse processo exploratório é educação; educação por meio de atividades investigativas e reflexão por parte dos alunos e professores. Leituras de textos históricos envolvem os estudantes nos pensamentos e ações dos sujeitos que vieram antes deles. Por meio da experimentação com modelos e suas próprias reconstruções, os alunos formam conexões pessoais com análises e instrumentos históricos [...] Singular a cada objeto, foram despertadas surpresas e ambiguidades que inspiraram os estudantes a investigar por meio de atividades práticas e estudo contextual. Ao realizar descobertas por meio de suas próprias iniciativas, os estudantes tornam-se empenhados em sua própria aprendizagem e contribuem com conhecimento acerca da coleção do museu (CAVICCHI; HEERING, c2022, p. 10-12, tradução nossa).

Já no que concerne ao trabalho dos professores, Alistair Kwan (c2022) declara a importância de não se ater apenas a nomes, teorias e categorias que rotulam um instrumento. O autor oferece outras abordagens para estes profissionais explorarem com os alunos de um modo que não descontextualize o ensino dos instrumentos. O design, por exemplo, exemplifica características específicas pertencentes a um período histórico. A exploração dessa aparência dos instrumentos por parte dos estudantes fornece informações a respeito da materialidade, metodologia, uso, funcionalidade e tecnologia disponíveis no passado estudado. Conforme elucidado por Cavicchi e Heering (c2022), a investigação do design dos instrumentos científicos históricos facilita o discernimento dos estudantes, que passam a compreender questões previamente suprimidas pelo método de ensino formal. Os autores ainda acrescentam que

[...] instrumentos históricos permitem que os estudantes tenham prazer intelectual – aumentando, assim, suas competências nas Ciências Naturais –, bem como que experienciem, simultaneamente, a autopercepção e a autoeficácia no que diz respeito às Ciências Naturais como uma atividade cultural. Este aparenta ser um objetivo educacional envolvente nos dias atuais (CAVICCHI; HEERING, c2022, p. 13, tradução nossa).

A interação com os instrumentos científicos históricos oportuniza também a imersão dos estudantes no contexto histórico estudado. Esta é uma importante ferramenta para quem busca o ensino das Ciências de forma mais contextualizada. Conforme exposto por Holland (1999),

É fácil notar como uma avaliação técnica de um instrumento histórico rapidamente conduz a questões sobre os contextos de fabricação e uso. Que ferramentas e técnicas maquinárias um fabricante de instrumentos poderia utilizar em um determinado

período da história? Qual era a relação entre os fabricantes e os cientistas no design dos instrumentos? Qual era a clientela dos instrumentos científicos? (HOLLAND, 1999, tradução nossa).

Pode-se dizer então que esse olhar histórico capacita a observação da Ciência em um determinado período de tempo. Os instrumentos históricos permitem contemplar o ápice e as restrições tecnológicas, o raciocínio, a metodologia e as valorizações de uma época. Os telescópios refratores do século XVII, por exemplo, faziam uso de lentes e valorizavam o aumento da imagem. O poder de magnificação de tais instrumentos dependia da distância focal das lentes, o que explica o design esguio desse modelo de telescópio, e também suas falhas e limitações, tal como a aberração cromática e a dificuldade de obtenção de lentes maiores. Na imagem abaixo é possível observar dois telescópios refratores de Galileu Galilei (1564-1642), que medem, respectivamente, 127.3 cm de comprimento por 5.1 cm de diâmetro; e 92.7 cm de comprimento por 3.7 cm de diâmetro (MORRIS, J.; MORRIS, R., c2007; MUSEO GALILEO, c2015a, c2015b):

Figura 5 – Telescópios refratores de Galileu Galilei datados de 1609/1610.



Fonte: Max-Planck-Gesellschaft (2014).

Figura 6 – Modelos de telescópios refratores dos séculos XVII e XVIII.



Fonte: Reeves ([20--]).

A partir da invenção do telescópio refletor de Isaac Newton (1643-1727), entretanto, novos telescópios refletores passaram a valorizar o diâmetro, visto que quanto maior o espelho utilizado maior será a captação da luz e, conseqüentemente, a resolução. Nas imagens abaixo é possível notar essa mudança de design, que está diretamente relacionada com a Ciência por trás de tais aparelhos.

Figura 7 – Telescópio refletor de William Herschel (1738-1822).



Fonte: Reeves ([20--]).

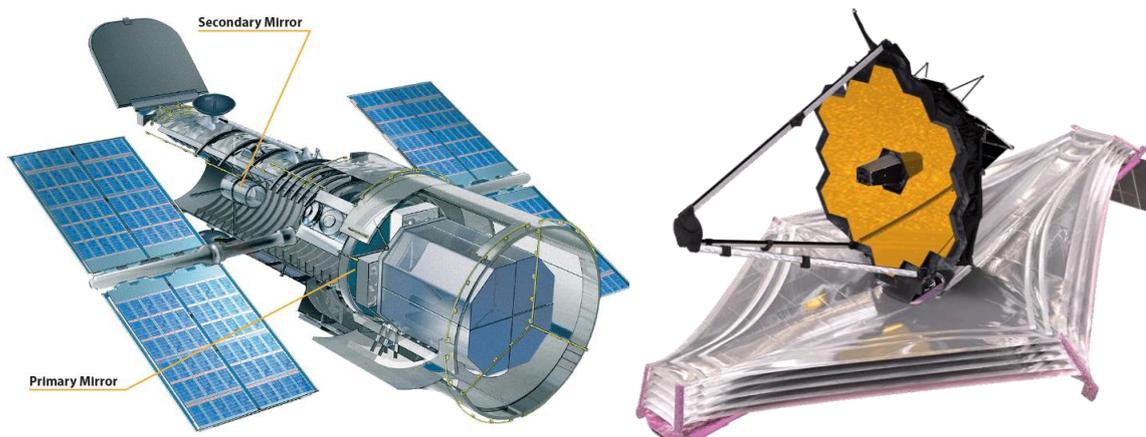
Figura 8 – Réplicas do telescópio refrator de Galileu e do telescópio refletor de Newton.



Fonte: Science Museum Group ([20--]).

Assim como os telescópios refratores do século XVII, os telescópios refletores dos séculos XVIII e XIX também apresentavam certos desafios. O principal a ser mencionado é a própria atmosfera do planeta Terra, que bloqueia a radiação vinda do espaço e interfere na visualização dos céus. Esta questão deixou de ser um problema com o lançamento no ano de 1990 do telescópio espacial Hubble, que apresenta como dimensão 13.2 metros de comprimento e 4.2 metros (máximo) de diâmetro. É possível ainda notar a relação entre o design e a Ciência dos instrumentos a partir do telescópio espacial James Webb, que conta com espelhos revestidos em ouro tendo em vista que este metal otimiza a reflexão da luz infravermelha. Este telescópio teve suas primeiras imagens divulgadas no ano de 2022 e, assim como o Hubble, proporcionou uma nova visão do universo que a humanidade não havia tido acesso até então.

Figura 9 – Telescópios espaciais Hubble e James Webb.



Fonte: NASA (2022; [20--]).

Vê-se então o modo como o estudo dos instrumentos científicos proporciona olhares para a Ciência do passado, seja a partir do design, como aqui exemplificado, ou por meio de múltiplas outras perspectivas e fontes de informação enriquecedoras<sup>5</sup>. É a partir desta linha de pensamento que se torna possível afirmar que a evolução dos instrumentos científicos espelha a evolução da própria Ciência, e o estudo destes funciona como uma ferramenta fundamental para o aprendizado da História e do funcionamento da Ciência.

Estudar a história dos instrumentos científicos é como estudar a história da civilização. Entende-se que muitas descobertas científicas se concretizaram somente após o desenvolvimento de um determinado instrumento. Tem-se como um exemplo popular o microscópio, que possibilitou a observação celular. Além disso, o estudo da História da Ciência sob a perspectiva dos instrumentos proporciona também a criação de uma relação entre o desenvolvimento tecnológico e o contexto de uma época. No caso dos instrumentos ópticos, é comum atrelar, por exemplo, o aprimoramento um tanto tardio dos aparelhos à má qualidade do vidro disponível (TURNER, 1998), fator que também interferiu, conseqüentemente, nas descobertas científicas. Compreende-se então que os instrumentos científicos representam a capacidade de resposta da Ciência em um determinado período histórico.

<sup>5</sup> No caso dos telescópios, ilustrou-se aqui apenas a mudança em seu design. Ainda assim, tais instrumentos possibilitam diversas perspectivas de estudos históricos. No que diz respeito à sua utilização, a título de exemplo, Jim Bennett (1999, p. 209) demonstra que “Inicialmente, o telescópio não foi relevante para a astronomia. Sabemos bem que pessoas que não eram astrónomas também se interessavam pelos céus. O telescópio não fazia medições – uma condição necessária para um instrumento de astronomia. O telescópio começou como um instrumento de guerra, e foi pela primeira vez apresentado por Galileu ao Senado veneziano nesse contexto – um invento óptico que daria ao seu utilizador uma vantagem sobre o seu inimigo. Mesmo quando Galileu dirigiu o seu instrumento para os céus, não estava a fazer astronomia no sentido tradicional.”.

Sabe-se que sem as descobertas do passado a evolução tecnológica do presente não existiria. Por essa maneira, uma das melhores ferramentas para entender a Ciência do mundo atual é aprender a respeito de sua história. A utilização dos instrumentos científicos nesse contexto possibilita a criação de um panorama da História da Ciência, bem como a aplicação e relação do conhecimento científico em nosso cotidiano.

## 4 O ENSINO NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Esta seção tem como propósito familiarizar o leitor com certos aspectos da Educação Básica do Brasil, dividida pelas etapas de Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio. A estrutura de ensino nas escolas brasileiras passou por algumas mudanças em anos recentes, sendo a principal delas a criação de uma base comum curricular adotada por todas as escolas do país. Tal base também serve de guia para a elaboração de todas obras didáticas utilizadas no ambiente escolar. No entanto, a presente dissertação trabalha apenas com os livros didáticos de Ciências da Natureza e suas tecnologias empregados nas escolas públicas do Brasil, que são exclusivamente e gratuitamente desenvolvidos e fornecidos pelo Governo Federal a partir do Plano Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD). Um maior detalhamento a respeito desses aspectos será visto a seguir.

### 4.1 BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC)

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) é um documento normativo que estabelece conhecimentos, competências e habilidades que os alunos devem desenvolver ao longo da Educação Básica nas escolas. Sua criação tem como objetivo auxiliar a elaboração dos currículos das redes escolares do país a partir do estabelecimento de um patamar de aprendizagem, de modo a promover a qualidade e equidade da educação (BRASIL, [2022]). Apesar da versão final deste documento ter sido homologada apenas no ano de 2018, a necessidade de criação de uma Base Curricular fora prevista décadas antes na Constituição de 1988, que afirma em seu Artigo 210 que “Serão fixados conteúdos mínimos para o ensino fundamental, de maneira a assegurar formação básica comum e respeito aos valores culturais e artísticos, nacionais e regionais.” (BRASIL, 1988).

No que diz respeito à legislação brasileira, deve também ser mencionada a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), de nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996, que dispõe em seu Artigo 26 que:

Os currículos do ensino fundamental e médio devem ter uma base nacional comum, a ser complementada, em cada sistema de ensino e estabelecimento escolar, por uma parte diversificada, exigida pelas características regionais e locais da sociedade, da cultura, da economia e da clientela (BRASIL, 1996, p. 26836).

A partir da regulamentação desta lei, foram consolidados entre os anos de 1997 e 2000 Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) para todos os anos do Ensino Fundamental e do Ensino Médio, a fim de nortear o desenvolvimento do currículo escolar. Vale ressaltar ainda que os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), publicados no ano de 2000, realizam a divisão do conhecimento escolar em três grandes áreas: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias; Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias; e Ciências Humanas e suas Tecnologias, com vistas ao estímulo da interdisciplinaridade (BRASIL, 2000a). Esse documento ainda destaca a importância de se estudar a História da Ciência e da Matemática e afirma que tal ato “[...] tem uma relevância para o aprendizado que transcende a relação social, pois ilustra também o desenvolvimento e a evolução dos conceitos a serem aprendidos.” (BRASIL, 2000b, p. 54).

A BNCC, em conformidade com a LDB acima mencionada, determina dez competências gerais a serem desenvolvidas pelos alunos ao longo da Educação Básica. Entende-se ainda como competência “[...] a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho.” (BRASIL, 2018, p. 8).

Em conformidade com a LDB acima mencionada, a Base Curricular determinou dez competências gerais a serem desenvolvidas pelos alunos ao longo da Educação Básica, bem como organizou o Ensino Médio em quatro grandes áreas do conhecimento, sendo estas: Linguagens e suas Tecnologias; Matemática e suas tecnologias; Ciências da Natureza e suas Tecnologias; e Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. O documento ainda reitera que tal organização

[...] não exclui necessariamente as disciplinas, com suas especificidades e saberes próprios historicamente construídos, mas, sim, implica o fortalecimento das relações entre elas e a sua contextualização para apreensão e intervenção na realidade, requerendo trabalho conjugado e cooperativo dos seus professores no planejamento e na execução dos planos de ensino (BRASIL, 2009 apud BRASIL, 2018, p. 32).

Além de tais competências gerais, há também as competências específicas que variam de acordo com cada uma das quatro áreas do conhecimento e estão ligadas a um conjunto de habilidades a serem adquiridas pelos estudantes. No que diz respeito à área de Ciências da Natureza e suas tecnologias, trabalhada na presente dissertação, temos como objetivos as seguintes competências específicas:

Quadro 4 – Competências específicas de Ciências da Natureza e suas tecnologias para o Ensino Médio.

**Competência 1** – Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.

**Competência 2** – Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.

**Competência 3** – Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Fonte: Brasil (2018).

Essas três competências específicas se ramificam em 27 habilidades a serem conquistadas pelos alunos. Torna-se interessante então evidenciar a falta de qualquer menção explícita aos instrumentos científicos e ao ensino da História da Ciência ao longo das indicações de tais habilidades, que podem ser acessadas e lidas de forma íntegra nos anexos do presente trabalho. Apesar disso, enfatiza-se aqui que a fundamentação da competência específica de número 2 comunica na BNCC a *possibilidade* de serem mobilizados conhecimentos conceituais relacionados à “história e filosofia da ciência”. Além disso, o documento também sugere que os alunos façam uso de “instrumentos de medida” durante a realização de práticas de investigação, embora não haja especificações a respeito deste assunto ou do que se entende por instrumentos de medição.

Nota-se então uma ausência de menções aos instrumentos científicos, aulas práticas e utilização de laboratórios nos documentos normativos voltados para o Ensino Médio atual. Em contraste, tais elementos recebiam destaque na legislação brasileira do início do século XX, época em que o currículo escolar buscava valorizar esta abordagem. Menciona-se aqui a Portaria de 15 de abril de 1932, responsável por requisitar o estabelecimento de salas especiais

para laboratórios nas escolas do país. Estes espaços deveriam contar com os mais variados materiais que permitissem a realização de experiências e observações no ambiente escolar. O documento lista uma série de exigências que as escolas deveriam cumprir para as instalações serem apropriadas para o ensino. No caso das Ciências Físicas e Naturais, a Portaria solicita a disposição nos laboratórios de instrumentos como o voltímetro, amperímetro, balança, termômetro, barômetro, microscópio, bússola, higrômetro, pluviômetro, caleidoscópio, disco de Newton e inúmeros outros (BRASIL, 1932).

Embora carente no que concerne aos instrumentos, o texto contido na BNCC discursa a respeito de diversos elementos que circundam a Alfabetização Científica e a História e Divulgação da Ciência. Tal documento exprime a importância da contextualização social, história e cultural da ciência e tecnologia e pronuncia que:

[...] a contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes de cientistas e a datas da história da Ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura [...] Ainda com relação à contextualização histórica, propõe-se, por exemplo, a comparação de distintas explicações científicas propostas em diferentes épocas e culturas e o reconhecimento dos limites explicativos das ciências, criando oportunidades para que os estudantes compreendam a dinâmica da construção do conhecimento científico (BRASIL, 2018, p. 550).

O documento normativo também exterioriza a importância do letramento científico da população para alcançar fins como, por exemplo, a resolução de problemas do cotidiano. Relata-se ainda o papel fundamental do letramento com vistas ao aprendizado da linguagem científica, que permite que os indivíduos façam completo uso e compreendam os materiais de divulgação do conhecimento científico e tecnológico. Na BNCC, o letramento científico é caracterizado por envolver “[...] a capacidade de compreender e interpretar o mundo (natural, social e tecnológico), mas também de transformá-lo com base nos aportes teóricos e processuais das ciências.” (BRASIL, 2018, p. 321).

Essa relação entre o aprendizado científico e as vivências do cotidiano há muito permeia as áreas da Ciências. Em 1859, o filósofo britânico Herbert Spencer chegou a realizar uma séria crítica às escolhas de assunto e método de ensino de Ciência nas escolas. Durante sua reflexão a respeito de quais conhecimentos carregam maior valor, Spencer argumentou que:

[...] excetuando algumas pequeníssimas classes, em que se empregam geralmente todos os homens? Na produção, preparação e distribuição das mercadorias. E de que depende a eficácia da produção, preparação e distribuição das mercadorias? Depende do emprego dos processos adequados às respectivas naturezas dessas mercadorias; depende da justa relação existente entre elas e as propriedades físicas, químicas e

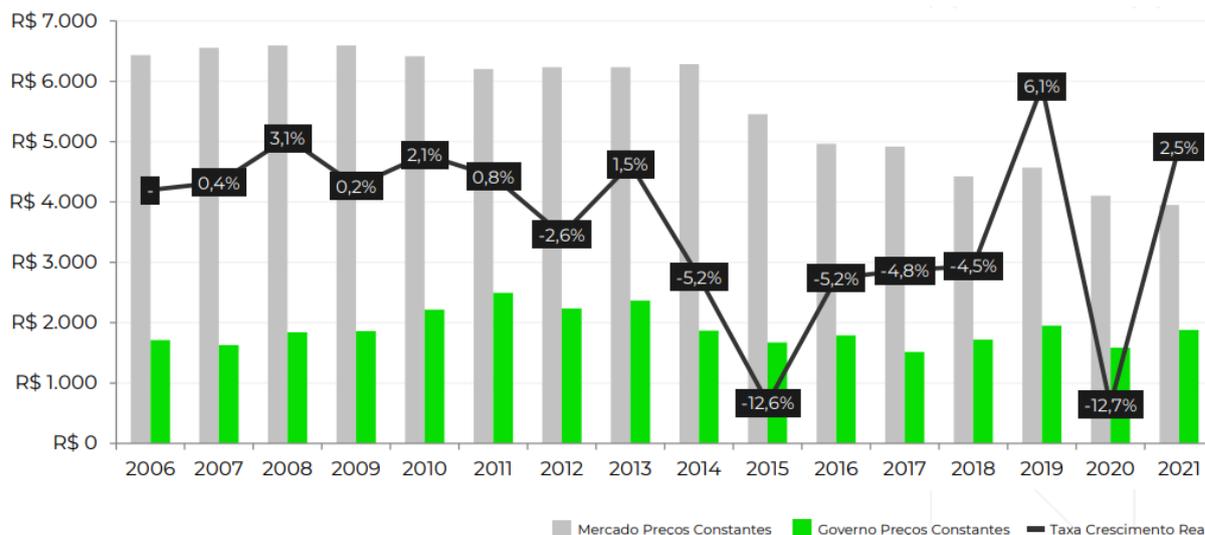
vitais com que podem implicar, isto é, depende da ciência. A categoria de conhecimentos que em grande parte é ignorada nas nossas escolas é aquela que preside a justa realização dos processos que tornam possível a vida civilizada. Apesar de parecer indiscutível esta verdade, é certo que parece não possuímos ativa consciência dela; a sua familiaridade faz com que nos passe despercebida. Para darmos ao nosso argumento a necessária força, precisamos de fazer bem patente ao leitor esta verdade por uma rápida revista dos fatos (SPENCER, 2019).

Apesar das múltiplas transformações auferidas pela sociedade desde que este texto foi redigido, percebe-se que o raciocínio seguido por Herbert Spencer é de que o conhecimento científico ensinado nas escolas deve se relacionar e preparar o indivíduo para lidar com questões do cotidiano, fortalecendo o papel do cidadão na sociedade. A partir dessa contextualização, compreende-se então a finalidade da BNCC ao sugerir que o ensino das Ciências da Natureza e suas tecnologias ao longo dos três anos do Ensino Médio valorize “[...] a aplicação dos conhecimentos na vida individual, nos projetos de vida, no mundo do trabalho, favorecendo o protagonismo dos estudantes no enfrentamento de questões sobre consumo, energia, segurança, ambiente, saúde, entre outras.” (BRASIL, 2018, p. 549).

#### 4.2 PLANO NACIONAL DO LIVRO E DO MATERIAL DIDÁTICO (PNLD)

No Brasil, o maior comprador do mercado editorial é o Governo Federal, responsável por realizar anualmente de 20% a 30% das compras totais de livros no país, devido ao seu comprometimento de abastecer as escolas públicas do país com obras didáticas, pedagógicas e literárias por meio do Plano Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD). Durante o ano de 2021, o Governo Federal realizou a compra 218 milhões de livros – totalizando um gasto de R\$ 1.8 bilhões de reais –, dos quais 211 milhões destes exemplares foram destinados ao referido Plano (NIELSEN, 2022b). Além de fomentar o ensino nas escolas, a participação do Governo na compra de livros é responsável por movimentar a economia do mercado editorial brasileiro. No gráfico abaixo, é possível observar a evolução do faturamento da indústria editorial ao longo dos últimos anos, assim como a participação do Governo nas compras, em comparação com o restante do mercado.

Gráfico 2 – Evolução do faturamento real – Mercado + Governo.



Fonte: Nielsen (2022a).

Essa iniciativa do Governo Federal de estimular a educação a partir da compra de livros didáticos data mais de 80 anos, sendo iniciada após a criação do Instituto Nacional do Livro (INL) no ano de 1937. Tal atividade passou por diversas nomenclaturas e formas de atuação até se consolidar como Plano Nacional do Livro Didático, a partir do Decreto-Lei nº 91.542 de 19 de agosto de 1985. Seus predecessores ainda incluem o Programa do Livro Didático para o Ensino Fundamental (Pildef) e a Comissão do Livro Técnico e Didático (Colted). Contudo, foi apenas com o Decreto nº 9.099, de 18 de julho de 2017, que o programa passou a se chamar Programa Nacional do Livro e do Material Didático, a fim de unificar os então existentes Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e Programa Nacional Biblioteca da Escola (PNBE).

Atualmente, o Plano Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) é dividido em Educação Infantil, anos iniciais do Ensino Fundamental (1º ao 5º ano), anos finais do Ensino Fundamental (6º ao 9º ano) e Ensino Médio. Dessa forma, são divulgados periodicamente editais alternados entre cada uma dessas fases da Educação Básica para que as editoras interessadas possam inscrever suas obras e coleções para avaliação. Tais obras passam por um processo de triagem onde as inscrições são validadas e os atributos físicos dos livros são analisados. Há também uma avaliação pedagógica de cada livro, realizada por uma comissão de especialistas escolhida pela Secretaria de Educação Básica (SEB). As obras que então forem aprovadas para compor o PNLD são divulgadas por meio do Guia Digital do PNLD daquele referente ano. Este guia trata de uma parceria entre o Ministério da Educação (MEC) e a Universidade Federal de Alagoas (UFAL) de forma a disponibilizar a lista de livros aprovados

pelo Governo e suas respectivas resenhas para que as escolas públicas possam fazer a seleção dos livros que desejam utilizar com seus alunos e professores. Dentre os Guias mais recentes, podemos citar o Guia Digital PNLD 2022, que oferece uma lista de obras didáticas e pedagógicas voltadas para a Educação Infantil; o Guia Digital PNLD 2021, constituído por obras voltadas para o Ensino Médio; e o Guia Digital PNLD 2020, composto por livros para atendimento dos anos finais do Ensino Fundamental. Vale mencionar também que o próximo Guia, referente ao PNLD 2023, ainda está em fase de elaboração e contará uma seleção de materiais voltados aos anos iniciais do Ensino Fundamental (1º ao 5º ano).

Todo o material avaliado pela comissão técnica e aprovado pelo PNLD deve estar em conformidade com a Base Nacional Comum Curricular. O PNLD 2021, relativo ao Ensino Médio e trabalhado nesta dissertação, tem sua subdivisão dada por meio de 5 objetos que podem ser visualizados no seguinte quadro:

Quadro 5 – Objetos integrantes do PNLD 2021.

<b>Objeto 1</b>	Projetos integradores e projeto de vida
<b>Objeto 2</b>	Obras didáticas por áreas do conhecimento e obras didáticas específicas
<b>Objeto 3</b>	Obras de formação continuada
<b>Objeto 4</b>	Recursos educacionais digitais (REDs)
<b>Objeto 5</b>	Obras literárias

Fonte: Brasil (2021a).

Os projetos integradores são obras didáticas compostas por 6 projetos a serem realizados com os alunos ao longo dos três anos do Ensino Médio. Tais projetos precisam compreender obrigatoriamente os seguintes temas: STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática), Protagonismo Juvenil, Mídiaeducação e Mediação de Conflitos. Para cada uma das quatro áreas do conhecimento, o estudante recebe 1 livro contendo 6 projetos integradores. Desse modo, as obras didáticas dedicadas aos projetos integradores da área das Ciências da Natureza e suas tecnologias visam a ensinar a ciência aos alunos por meio de atividades práticas que relacionem os conhecimentos científicos com o contexto da comunidade em que o aluno está inserido (BRASIL, 2021d). Já as obras de projeto de vida funcionam como uma ferramenta extra para incentivar o protagonismo juvenil e promover o envolvimento dos alunos na comunidade. Os livros objetivam a formação cidadã dos estudantes com vistas à construção de uma sociedade justa. Para isso, as obras são divididas em três dimensões de desenvolvimento:

a dimensão pessoal (autoconhecimento e encontro consigo mesmo); a dimensão cidadã (relações interpessoais e encontro com o mundo); e a dimensão profissional (formação profissional e encontro com o futuro e o nós) (BRASIL, 2021d).

O objeto 2 é composto pelas obras didáticas principais, que são divididas em específicas (Língua Portuguesa; Ciências Humanas e Sociais Aplicadas em diálogo com a Matemática; e Língua Inglesa) e por área do conhecimento (Linguagens e suas tecnologias; Ciências Humanas e Sociais Aplicadas; Matemática e suas tecnologias; e Ciências da Natureza e suas tecnologias). Diferente das obras específicas, que são compostas por volumes únicos, as obras didáticas por área do conhecimento são formadas por coleções de 6 livros (BRASIL, 2021b). Esta dissertação trabalhará então com as obras didáticas da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias que foram aprovadas pelo PNLD 2021.

Conforme visto no quadro acima, o objeto 3 diz respeito a livros de formação continuada dedicados a professores e gestores e, portanto, nele são oferecidos 1 livro para a equipe gestora da escola e 15 livros aos professores, cada um referente a um componente curricular<sup>6</sup>. Já os recursos educacionais digitais (REDs) que integram o objeto 4 são como instrumentos de aprendizagem voltados para estudantes e professores e divididos pelas áreas do conhecimento e temas integradores, listados previamente. São exemplos de REDs videoaulas, manual digital do professor, propostas de instrumentos pedagógicos, sequências didáticas, itens de avaliação resolvidos e comentados e entre outras ferramentas online. Já as obras literárias, referentes ao objeto 5, são livros dos mais diversos gêneros literários destinados aos estudantes, a fim de trabalhar continuamente as competências e habilidades estabelecidas na BNCC.

Há de se mencionar também que a avaliação e aprovação de tais coleções didáticas tiveram como base os critérios e especificações estipulados no edital de convocação para o PNLD 2021. Nele são requisitadas especificações técnicas e digitais, atributos físicos e o conteúdo presente nos livros, que deve estar em conformidade com a BNCC. No edital, são dispostos critérios eliminatórios específicos das obras didáticas para cada área do conhecimento trabalhada no Ensino Médio. Dentre as exigências dispostas para os livros de Ciências da Natureza e suas tecnologias, são encontradas menções à valorização da prática científica e à produção e análise de textos de divulgação científica, assim como à comunicação de ideias científicas. Ainda assim, não há no documento qualquer referência aos instrumentos científicos ou à História da Ciência. A maior aproximação para com esta disciplina encontrada no edital é o seguinte critério a ser adicionado aos livros: “Proposições e subsídios sistemáticos

---

<sup>6</sup> São estes: Língua Portuguesa, Língua Inglesa, Dança, Teatro, Artes Visuais, Música e Educação Física; Matemática; Física, Química e Biologia; e História, Geografia, Sociologia e Filosofia (BRASIL, 2021e).

para a construção de aulas em conjunto com professores de outras áreas de conhecimento, principalmente, com filósofos, geógrafos, historiadores e sociólogos (ciências humanas e sociais aplicadas).” (BRASIL, 2021a, p. 83).

## 5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Com base em seus objetivos, pode-se dizer que esta dissertação possui um nível descritivo, uma vez que esta tipologia de pesquisa busca “[...] a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis.” (GIL, 2008, p. 28). É também uma pesquisa de natureza bibliográfica que segue uma abordagem qualitativa ao longo de sua coleta de dados.

Devido ao propósito de analisar o conteúdo científico presente em livros didáticos escolares, a pesquisa teve como população os livros didáticos da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias que compõem o objeto 2 do PNLD 2021. Essa escolha teve como base a maior quantidade de informações no que se refere aos livros didáticos escolhidos pelo Governo, em virtude da possibilidade de quantificar o uso dessas coleções de livros ao redor do país por meio dos dados estatísticos das compras governamentais. Em contraste, demais livros didáticos utilizados pelas escolas particulares não contam com informações similares, de modo que seja desafiador dimensionar a popularidade dessas obras. Além disso, o fácil acesso também foi um fator determinante, uma vez que os livros didáticos pertencentes ao PNLD 2021 encontram-se disponíveis *online* no momento de realização desta pesquisa.

Tal questão do acesso também implicou na decisão de trabalhar com livros didáticos do Ensino Médio. Isso porque nem todas as obras de Ensino Fundamental pertencentes ao PNLD 2020 estão disponíveis na Internet. Ademais, outro fator considerado foi o desejo de analisar as obras didáticas de publicação mais recente, o que reforçou a escolha de trabalhar com o PNLD 2021 nesta dissertação. Já a determinação do objeto 2 (livros didáticos) do referido plano como população para esta pesquisa teve como base a maior aproximação com a temática do trabalho, em comparação com os demais objetos. Na área de Ciências da Natureza e suas tecnologias, foram aprovadas 7 coleções com 6 volumes cada, totalizando uma somatória de 42 livros, conforme observado no quadro abaixo:

Quadro 6 – Coleções de livros de Ciências da Natureza e suas tecnologias aprovados pelo PNLD 2021.

Coleção	Editora
Ciências da Natureza – Lopes & Rosso	Moderna
Conexões – Ciências da Natureza e suas tecnologias	Moderna
Diálogo – Ciências da Natureza e suas tecnologias	Moderna
Matéria, Energia e Vida: uma abordagem interdisciplinar	Scipione
Moderna Plus – Ciências da Natureza e suas tecnologias	Moderna
Multiversos – Ciências da Natureza	FTD
Ser Protagonista – Ciências da Natureza e suas tecnologias	SM

Fonte: Brasil (2021c).

Devido a impossibilidade de analisar os 42 livros aprovados pelo PNLD 2021, foi utilizada a técnica de amostragem não-probabilística por tipicidade<sup>7</sup> para selecionar uma amostra dentro deste universo. A partir da realização de uma análise preliminar, optou-se por escolher as seguintes coleções: 1. Diálogo; 2. Multiversos; 3. Ser Protagonista. Tal escolha teve como base a proposta das respectivas coleções. Foi observado que dentre as 7 coleções apenas as séries Diálogo e Multiversos mencionavam a História da Ciência como uma abordagem-metodológica a ser trabalhada nos livros. Já a coleção Ser Protagonista faz uso de boxes e seções espalhadas pelo livro para trabalhar o contexto histórico da Ciência. É importante mencionar que todas as 7 coleções utilizam algum tipo de boxe e/ou página especial do livro para abordar a interdisciplinaridade da Ciência. Entretanto, as demais coleções não contam com ferramentas dedicadas inteiramente à História da Ciência, de forma que o assunto lecionado em tais locais possa variar.

A partir da escolha dessas 3 coleções, tornou-se factível analisar a ausência e presença dos instrumentos científicos históricos em livros que, acima de tudo, propuseram utilizar a História da Ciência como abordagem de ensino, de modo que tenha sido possível verificar como os livros tratam esse enfoque.

<sup>7</sup> Essa técnica de amostragem seleciona um subgrupo típico em relação à população total. “Tal subgrupo é utilizado como ‘barômetro’ da população. Restringem-se as observações a ele e as conclusões obtidas são generalizadas para o total da população.” (ACKOFF, 1975 apud MARCONI; LAKATOS, 2021, p. 43).

Já no que se refere à análise dos dados, optou-se por realizar a análise de conteúdo, considerada pela autora Laurence Bardin como:

Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) dessas mensagens (BARDIN, 2016, p. 48).

Para isso, a técnica de análise de conteúdo utilizada foi a análise categorial, na qual aplica-se o desmembramento do texto e seu reagrupamento em categorias. Esta técnica foi implementada a partir do procedimento por acervo, onde “O sistema de categorias não é fornecido, antes resulta da classificação analógica e progressiva dos elementos [...] O título conceitual de cada categoria somente é definido no final da operação.” (BARDIN, 2016, p. 149).

Conforme informado previamente, a amostra escolhida para a presente pesquisa foi selecionada a partir de uma análise preliminar. Esta é a etapa inicial para realização da análise de conteúdo que, de acordo com Laurence Bardin (2016), é elaborada a partir dos seguintes estágios: pré-análise; exploração do material; e tratamento dos resultados, inferência e interpretação. A respeito deste assunto, a autora comenta:

Se a descrição (a enumeração das características do texto, resumida após tratamento) é a primeira etapa necessária e se a interpretação (a significação concedida a estas características) é a última fase, a inferência é o procedimento intermediário, que vem permitir a passagem, explícita e controlada, de uma à outra (BARDIN, 2016, p. 45).

Neste sentido, esta dissertação iniciou o tratamento descritivo – caracterizado por Bardin (2016) como a primeira fase do procedimento de análise – e, posteriormente, desenvolveu a categorização do conteúdo referente aos instrumentos científicos históricos presente nos livros didáticos. Além dos resultados encontrados, a estruturação das categorias também levou em consideração as leituras de Bardin (2016), assim como toda a fundamentação teórica que abarca esta pesquisa. É possível observar no quadro disposto abaixo o resultado de tal ordenação:

Quadro 7 – Categorização utilizada na análise de dados.

Instrumentos	Definição	Fotografia	Atividades Práticas	Criação	Uso	Evolução
--------------	-----------	------------	------------------------	---------	-----	----------

Fonte: elaborado pela autora.

A categoria *instrumentos* tem como objetivo dispor os instrumentos científicos que foram mencionados pelos livros analisados, enquanto que as demais colunas exploram os aspectos destes instrumentos trabalhados pelos livros. A categoria *definição* abarca quaisquer explicações acerca do uso e funcionalidade dos aparatos, isto é, que tipo de função estes realizam e para que servem. A *fotografia* também foi proposta como uma coluna em vista que, como bem apontado por Davis Baird (2004), os instrumentos científicos exigem um pensamento visual e tátil. Além disso, a imagem do instrumento oferece um forte indício sobre sua historicidade. O argumento exposto por Baird também implicou na decisão de propor como uma categoria as *atividades práticas* que envolvessem os instrumentos, embora a importância do desenvolvimento de aulas práticas com os alunos também tenha sido um fator.

É essencial mencionar que, durante a análise, tanto os instrumentos contemporâneos quanto os históricos foram considerados, uma vez que a presença somente de aparatos contemporâneos realça ainda mais a ausência dos históricos. Ademais, o trabalho da evolução da Ciência a partir dos instrumentos históricos requer a exibição do aprimoramento de tais aparatos, desde sua concepção até os dias contemporâneos, o que exige a presença de instrumentos atuais.

Ainda assim, dada a notável ausência dos instrumentos científicos históricos, esta parcela de instrumentos contida nos livros foi categorizada a partir de três novas categorias. Averiguou-se ao longo da análise se os instrumentos históricos eram trabalhados de modo contextualizado. Para isso, procurou-se identificar algum parágrafo que fundamentasse os aspectos relacionados a sua *criação* (invenção e fabricação), *uso* (experimentos e demais utilizações) e *evolução*. Neste cenário, intentou-se descobrir se os livros relacionam as temáticas ensinadas com os instrumentos históricos contidos no texto, ou se a presença destes encontra-se desconexa do resto dos aprendizados científicos e históricos de cada coleção. A fim de representar todos esses aspectos, empregou-se a letra “x” para simbolizar os elementos encontrados e o hífen (-) para expressar os componentes não identificados.

Quadro 8 – Descrição das categorias.

<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>
Instrumentos	Dispõe os instrumentos científicos mencionados pelos livros analisados.
Definição	Abarca quaisquer explicações acerca do uso e funcionalidade dos aparatos, isto é, que tipo de função estes realizam e para que servem.
Fotografia	Representa a utilização de imagens dos instrumentos científicos históricos e contemporâneos nas obras didáticas. Considerou-se tanto os instrumentos originais quanto fac-símiles e desenhos que recriassem os objetos.
Atividades Práticas	Indica a presença de sugestões de desenvolvimento de aulas práticas com os alunos envolvendo instrumentos científicos.
Criação	Remete a menções referentes à invenção e/ou fabricação histórica do instrumento.
Uso	Verifica a existência de elementos históricos acerca da utilização do instrumento e da experimentação sob auxílio deste.
Evolução	Evidencia a presença de conteúdo relacionado à evolução histórica e científica do instrumento.

Fonte: elaborado pela autora.

## 6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Nesta seção, apresentam-se os resultados obtidos a partir da análise de dados realizada na dissertação. Por meio dos procedimentos metodológicos descritos acima, buscou-se verificar a presença e a ausência do uso dos instrumentos científicos históricos nas coleções Diálogo, Multiversos e Ser Protagonista da área de Ciências da Natureza e suas tecnologias no PNLD 2021, observadas a seguir.

### 6.1 COLEÇÃO DIÁLOGO

A coleção Diálogo de Ciências da Natureza e suas tecnologias do PNLD 2021 foi desenvolvida e publicada pela Editora Moderna sob responsabilidade da editora Kelly Cristina dos Santos<sup>8</sup>. Assim como as demais coleções que constituem o PNLD, esta é composta por seis livros que podem ser utilizados de modo independente e não sequencial. Tais obras devem estar de acordo e desenvolver as habilidades e competências propostas pela Base Nacional Comum Curricular vigente no país. Por este motivo, torna-se interessante ressaltar como a influência da BNCC nos livros didáticos pode ser constatada a começar pelos títulos das obras. De acordo com o documento normativo, é necessário que haja durante os três anos de Ensino Médio um aprofundamento das seguintes temáticas: matéria e energia; vida e evolução; e terra e universo (BNCC, 2018). Desse modo, para averiguar o peso da BNCC na elaboração dos livros didáticos, basta examinar os títulos, como demonstra o quadro 9.

---

<sup>8</sup> Conforme extraído do Currículo Lattes, é “Licenciada e Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina e pós-graduada (Mestre) em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina.” (SANTOS, 2020a).

Quadro 9 – Volumes presentes na coleção Diálogo.

Volumes	Coleção
1. O universo da ciência e a ciência do universo	DIÁLOGO
2. Vida na Terra: como é possível?	
3. Terra: um sistema dinâmico de matéria e energia	
4. Energia e sociedade: uma reflexão necessária	
5. Ser humano: origem e funcionamento	
6. Ser humano e meio ambiente: relações e consequências	

Fonte: Santos (2020c).

Todos os livros aqui analisados são compostos por duas partes: o livro do estudante e o suplemento para o professor. Apesar das análises serem feitas com base no conteúdo disponibilizado para os alunos (excluem-se exercícios), alguns aspectos do manual do professor também serão destacados. Menciona-se aqui a seção que discursa a respeito dos fundamentos teórico-metodológicos utilizados durante a elaboração da coleção. De acordo com os livros,

A abordagem desta coleção visa enfatizar as relações entre os contextos socioculturais, a história da Ciência e a experimentação [...] A história da Ciência possibilita aos estudantes que conheçam os caminhos da Ciência, como ela se desenvolveu e de que forma os estudiosos elaboram suas teorias, das primeiras até chegarmos às atuais. Ela auxilia os estudantes a perceber que a Ciência se desenvolve com base em problemas e questionamentos que devem ser solucionados seguindo determinados passos. Assim, eles devem perceber que as descobertas ocorreram com dificuldades, dúvidas e equívocos. Essa visão pode contribuir para a formação de um indivíduo com potencial de análise reflexiva e analítica, percebendo que a Ciência é uma construção humana, dinâmica e mutável e que o conhecimento científico pode ser provisório, isto é, aberto a reformulações (SANTOS, 2020c, p. xvii).

A coleção prossegue informando que busca realçar a experimentação por meio de uma série de atividades práticas acessíveis ao longo dos livros. Como é possível observar no quadro abaixo, a intenção dos livros é fazer uso de ferramentas como a experimentação, história da ciência, divulgação científica e das relações entre a Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente para atingir metas tal como a alfabetização científica dos alunos.

Quadro 10 – Fundamentos teórico-metodológicos da coleção Diálogo.

Ferramentas	Recursos	Metas
<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Integração de conhecimentos (Biologia, Química e Física)</li> <li>&gt; Análise de situações</li> <li>&gt; Experimentação</li> <li>&gt; História da Ciência</li> <li>&gt; Cultura digital</li> <li>&gt; Divulgação científica</li> <li>&gt; Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Imagens diversas (esquemas, ilustrações e fotografias)</li> <li>&gt; Gêneros textuais diversos (textos de fontes diversas, reportagens, tirinhas, cartuns)</li> <li>&gt; Tabelas</li> <li>&gt; Gráficos</li> <li>&gt; Mapas</li> <li>&gt; Materiais diversos e acessíveis</li> <li>&gt; Recursos audiovisuais (<i>sites</i>, vídeos)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>&gt; Desenvolvimento de habilidades e competências</li> <li>&gt; Leitura e interpretação de textos e dados</li> <li>&gt; Cidadania</li> <li>&gt; Protagonismo no processo de ensino-aprendizagem</li> <li>&gt; Desenvolvimento da alfabetização científica</li> <li>&gt; Apropriação do método científico (observação, análise, levantamento e teste de hipóteses)</li> <li>&gt; Argumentação e comunicação científica</li> <li>&gt; Desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático e do pensamento computacional</li> <li>&gt; Desenvolvimento do raciocínio linguístico</li> </ul>

Fonte: Santos (2020c).

Apesar de tais propostas, o primeiro volume da coleção, intitulado *O universo da ciência e a ciência do universo*, conta com poucos elementos visíveis no texto no que concerne aos instrumentos científicos. O livro exprime que

O método científico e sua aplicação caracterizam a Ciência moderna, que, de maneira geral, busca produzir conhecimento científico baseado em questionamentos, observação de fatos e evidências, experimentação e utilização de instrumentos técnicos, como telescópios, balanças e microscópios (SANTOS, 2020c, p. 23).

Neste primeiro momento, a obra intitula telescópios, balanças e microscópios como *instrumentos técnicos* e provém a foto de apenas um laboratório. Ao longo do capítulo 4 da unidade 2, todavia, é dito que os *instrumentos de observação astronômica*, tal como os telescópios, possibilitaram o maior conhecimento a respeito do universo. Entretanto, não há qualquer imagem ao longo do livro de instrumentos como os microscópios e telescópios. O que consta na obra são apenas as visualizações que tais instrumentações viabilizam. Apesar disso, é possível encontrar fotografias de balanças e a menção de seu uso por parte de Antoine Lavoisier (1743-1794) nos experimentos relacionados ao processo de combustão.

Durante a leitura, localiza-se também uma representação imagética da Ampola desenvolvida por William Crookes (1832-1919), a respeito da qual é dito somente que:

Esse aparato foi desenvolvido pelo químico inglês William Crookes (1832-1919) e possibilitou a descoberta dos raios catódicos. Nesse modelo de experimento, uma alta tensão elétrica era aplicada em gases com baixa pressão, presentes no interior de um tubo de vidro selado com eletrodos em suas extremidades (SANTOS, 2020c, p. 51).

Ainda que sem fotos, o livro aponta a utilização de um contador Geiger no experimento realizado por James Chadwick (1891-1974) durante a descoberta do nêutron, como também o uso de um telescópio micro-ondas no suporte à teoria do *Big Bang*. Nota-se, contudo, o uso da fotografia como uma ferramenta ao exibir um modelo em escala reduzida da balança de torção de Henry Cavendish (1731-1810).

Figura 10 – Menções ao telescópio micro-ondas e à balança de torção.



Fonte: Santos (2020c).

Identifica-se também ilustrações de satélites artificiais e uma referência ao Sputnik 1, lançado ao espaço pelos soviéticos em 1957. Há de se mencionar ainda que o suplemento para o professor sugere, ao inicializar a Unidade 2, que este profissional

[...] peça aos estudantes que citem, com base em seus conhecimentos prévios, equipamentos que geralmente o ser humano utiliza para observar e investigar astros do Universo. Se julgar conveniente, solicite-lhes que pesquisem imagens desses equipamentos. Eles podem citar telescópios terrestres, telescópios espaciais, sondas, estações espaciais, lunetas, entre outros (SANTOS, 2020c, p. xxxiii).

Deste modo, observa-se uma carência de aprofundamento referente aos instrumentos científicos históricos no primeiro volume da coleção. Conforme tratado e ilustrado no quadro abaixo, 7 instrumentos foram trabalhados pelo texto, dos quais apenas a balança de torção de Cavendish recebeu uma representação visual histórica.

Quadro 11 – Análise do livro 1 da coleção Diálogo.

Instrumentos	Definição	Fotografia	Atividades Práticas	Criação	Uso	Evolução
Telescópio	-	-	-	-	x	-
Balança	x	x	-	-	x	-
Microscópio	x	x	-	-	x	-
Ampola de Crookes	x	x	-	x	x	-
Contador Geiger	x	-	-	-	x	-
Balança de torção de Cavendish	x	x	-	x	x	-
Satélite	x	x	-	x	-	-

Fonte: elaborado pela autora.

Em contraste à essa falta inicial de conteúdo de nosso interesse, o segundo volume da coleção – *Vida na Terra: como é possível?* – trata de introduzir os alunos às bússolas, microscópios e telescópios. No capítulo “Campo magnético terrestre”, o livro dedica uma lauda ao funcionamento das bússolas e exhibe duas imagens deste instrumento (Figuras 11 e 12), uma contemporânea e uma histórica, esta última da qual é dito que:

Não se sabe ao certo quando a bússola surgiu como um instrumento de orientação, mas os primeiros relatos remetem à civilização chinesa, que utilizava a magnetita em uma espécie de instrumento de adivinhação, como o mostrado abaixo. Uma base quadrangular representava a Terra, o círculo no centro representava o céu, e uma peça com o formato semelhante ao de uma concha simbolizava a constelação Ursa Maior, conhecida como “grande concha”. Ela tinha sua parte mais fina sempre apontada para o sul geográfico do planeta. Aos poucos a peça imantada ganhou formato que facilitava seu giro, e os primeiros registros de sua utilização para a orientação foram encontrados em documentos do século I d.C. O período em que a bússola mais se destacou foi na época das grandes navegações. Hoje sabemos que seu funcionamento não é regido por misticismo, e sim pela interação entre dois campos magnéticos, o da Terra e o da agulha da bússola (SANTOS, 2020g, p. 32).

Figura 11 – Bússola.



Bússola.

Fonte: Santos (2020g).

Figura 12 – Bússola histórica.



Bússola primitiva chinesa. Na fotografia, é possível observar a peça semelhante a uma concha com uma de suas extremidades apontando para o sul geográfico do planeta.

Fonte: Santos (2020g).

O livro também sugere que o professor discuta a importância do desenvolvimento da bússola para a sociedade e guie os seus alunos na construção de uma versão deste instrumento a partir de um prato com água, um pedaço de papel e uma agulha imantada. Além disso, um outro aparato mencionado durante o ensino do magnetismo é o dínamo, embora a única explicação a respeito seja a de que este é um “[...] mecanismo que converte energia mecânica em energia elétrica.” (SANTOS, 2020g, p. 31).

Já no capítulo “Introdução à óptica”, são incorporados os chamados *instrumentos de observação*, como microscópios e telescópios. O livro dedica uma página inteira à diferenciação entre os microscópios ópticos e eletrônicos, onde são citados o microscópio eletrônico de varredura (MEV) e o microscópio eletrônico de transmissão (MET). Todavia, no que diz respeito à visualização, são dispostas apenas duas imagens de versões contemporâneas de tais

instrumentos. Ainda em relação aos aspectos históricos, a obra menciona apenas o aperfeiçoamento realizado por Robert Hooke (1635-1703) e exibe uma figura proveniente de seu livro *Micrographia*:

Figura 13 – Menção ao trabalho de Robert Hooke com os microscópios.



**Resposta e orientações no Suplemento para o professor.**

Os microscópios são importantes instrumentos de observação que nos permitem enxergar diversos microrganismos, partículas e estruturas muito pequenas, que não podem ser observadas a olho nu.

O termo célula, usado para se referir às menores unidades estruturais e funcionais dos seres vivos, foi utilizado pela primeira vez pelo cientista inglês Robert Hooke (1635-1703), que, utilizando um microscópio, observou estruturas as quais denominou célula.

Hooke aperfeiçoou microscópios existentes na época e realizou observações de plantas, insetos, gelo, neve, fósseis, publicando os resultados em seu livro *Micrographia*. Ao colocar as amostras de cortiça em seu microscópio, Hooke percebeu pequenas estruturas com espaços vazios que chamou de células.

Representação das estruturas da cortiça no livro *Micrographia* de Robert Hooke, 1665.

Fonte: Santos (2020g).

No que concerne aos telescópios, contudo, o livro inclui uma foto histórica das lunetas de Galileu Galilei (1564-1642) e discursa um pouco mais a respeito da evolução história deste instrumento. O texto redigido aos alunos informa que:

Os primeiros telescópios foram construídos na mesma época e de maneira independente por dois fabricantes de lentes holandeses: Hans Lippershey (1570-1619) e Zacharias Janssen (1580-1638). A montagem era simples, um tubo com uma lente em cada extremidade, e possibilitava observar objetos distantes. Inicialmente os telescópios não eram utilizados para observar corpos celestes no Universo, mas apenas objetos na Terra. A utilização do telescópio na Astronomia ocorreu quando o físico e matemático italiano Galileu Galilei (1569-1642), aperfeiçoando os modelos existentes, criou o seu próprio telescópio, com o qual realizou observações da superfície da Lua, do Sol, de Saturno e de Júpiter. O instrumento desenvolvido por Galileu também é chamado luneta ou telescópio refrator, e utiliza somente lentes para produzir as imagens. A partir daí, outros cientistas desenvolveram seus telescópios para observar astros e fenômenos astronômicos. Entre eles podemos destacar o físico e matemático holandês Christiaan Huygens (1629-1695), que descobriu a lua Titã de Saturno e descreveu os anéis desse planeta; e o físico inglês Isaac Newton (1642-1727), que desenvolveu o telescópio refletor, substituindo a lente objetiva por um espelho esférico ou parabólico (SANTOS, 2020g, p. 129).

Figura 14 – Telescópios de Galileu Galilei.



Fonte: Santos (2020g).

O livro prossegue ao apresentar uma fotografia do telescópio espacial Hubble a fim de demonstrar brevemente a vantagem de um telescópio na órbita do planeta, sem a interferência da atmosfera da Terra. São especificadas também, ao longo de uma lauda, as diferenças existentes entre os telescópios refratores e refletores. A obra prolonga-se ainda ao citar a existência de telescópios capazes de captar ondas de rádio; radiação infravermelha e ultravioleta; raios X e raios gama. No entanto, não há maiores menções ou demonstrações fotográficas destes aparelhos e nem de demais telescópios históricos.

Devido aos requisitos da BNCC, nota-se uma elevada quantia de conteúdos relacionados ao universo e à Astrobiologia nestas coleções didáticas. Mesmo que não haja fotos ou explicações do instrumento em maiores detalhes, observa-se também neste volume a referência ao uso do espectroscópio por parte da Nasa para determinar a massa de exoplanetas. Esta seção do livro é responsável por integrar também uma ilustração e sinopse a respeito do telescópio espacial Kepler.

Sendo assim, conforme resumido a partir do quadro 12, o segundo volume da coleção dispõe de conteúdos no que se refere aos instrumentos científicos históricos, porém, a disposição destes aparatos ao longo do texto mantém-se superficial e apenas a bússola e o telescópio têm uma parcela de sua historicidade explorada pela obra.

Quadro 12 – Análise do livro 2 da coleção Diálogo.

Instrumentos	Definição	Fotografia	Atividades Práticas	Criação	Uso	Evolução
Bússola	x	x	x	x	x	-
Dínamo	x	-	-	-	-	-
Microscópio	x	x	-	-	x	-
Telescópio	x	x	-	x	x	x
Espectroscópio	x	-	-	-	-	-

Fonte: elaborado pela autora.

O terceiro livro da coleção, intitulado *Terra: um sistema dinâmico de matéria e energia*, referencia instrumentos científicos como balanças, termo-higrômetros, termômetros, calorímetros, telescópios e espectroscópios, porém, da mesma maneira, não trabalha o aspecto da historicidade de nenhum destes. Ao adentrar a temática de ondas eletromagnéticas, o texto esclarece que:

[...] diversos telescópios captam a radiação infravermelha, além da luz visível. Como essa radiação não é percebida por nossos olhos, as imagens obtidas nessa faixa são coloridas artificialmente e, em alguns casos, mescladas digitalmente com imagens obtidas na faixa da luz visível. A imagem ao lado foi obtida pelo Telescópio Espacial Spitzer e mostra estruturas que não aparecem com a luz visível. Em breve o Telescópio Espacial James Webb será lançado para substituir o telescópio Hubble e também terá sensores de infravermelho, confirmando como é importante o estudo dessa radiação para a Astronomia (SANTOS, 2020f, p. 30).

Nesse mesmo capítulo, compartilha-se também um trecho de uma matéria de jornal acerca do efeito estufa em veículos. Neste texto, é esclarecido momentaneamente que o termo-higrômetro é um “[...] aparelho que mede a temperatura e umidade do ar.” (SANTOS, 2020f, p. 34). Já na página seguinte a esta, o livro sugere como atividade a construção de um espectroscópio em sala de aula com os alunos:

Figura 15 – Atividade prática de construção de um espectroscópio.

### Espectroscópio

#### Contextualização

Atualmente, a radiação infravermelha é utilizada por diversas áreas, como diagnósticos de doenças, medicina veterinária, monitoramento ambiental e geologia. Essa radiação foi descoberta pelo astrônomo alemão William Herschel (1738-1822) ao analisar a decomposição da luz solar por um prisma.

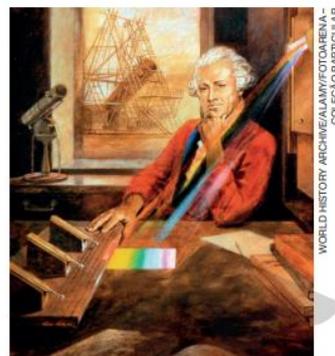
Herschel verificou que a região próxima à luz vermelha produzia um aquecimento maior em relação às outras áreas, e concluiu que haviam raios luminosos que não eram visíveis, apesar de produzirem calor. Esses raios eram o que conhecemos atualmente como radiação infravermelha.

- Cite pelo menos duas outras aplicações cotidianas da radiação infravermelha.
- Existem outras maneiras de dispersar a luz emitida por um corpo, além dos prismas?

#### Orientações

Junte-se a três colegas e pesquisem uma maneira de montar um espectroscópio simples, com materiais recicláveis, por exemplo.

Em seguida utilize o espectroscópio para analisar a decomposição da luz emitida por diferentes fontes. Façam um quadro contendo as seguintes informações, para auxiliar na coleta e análise dos dados.



Representação de William Herschel realizando experimento sobre o aquecimento causado pelas cores presentes na luz solar. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.



Atenção: jamais olhe diretamente para o Sol! Isso pode causar graves danos à visão.

Fonte: Santos (2020f).

Apesar da importância da atividade prática, é fundamental realçar a insuficiência da contextualização histórica compartilhada nesta seção. Relata-se aqui que o suplemento para o professor também conta com um embasamento histórico acerca do espectroscópio, a fim de auxiliar o profissional em sua aula. Ainda assim, em casos como este, espera-se que esse tipo de conteúdo seja repassado em maiores detalhes na parte do livro dedicada aos estudantes, para que os alunos também tenham acesso:

Por volta do século XIX os químicos descobriram que poderiam criar linhas espectrais em laboratório, usando um bico de gás especial que gera uma chama pura e constante, desenvolvido pelo químico alemão Robert Bunsen (1811-1899). Determinados elementos químicos eram fáceis de identificar por suas cores características emitidas quando pequena porção deles entrava em contato com a chama de um bico de Bunsen. Se julgar conveniente, continue a explicação comentando aos estudantes que pesquisadores, junto ao físico alemão Gustav Kirchhoff (1824-1887), construíram o primeiro espectroscópio, que consistia em uma fenda estreita, um prisma e várias lentes que dirigiam e aumentavam os raios de luz para que fossem examinados em detalhes. Com isso, descobriram que quando uma substância química era aquecida e vaporizada, seu espectro emitia uma série de linhas espectrais, e que cada elemento químico produzia seu próprio padrão característico para tais linhas. Foi dessa forma que por volta de 1859 nasceu a técnica de análise espectral, que consiste na identificação de substâncias químicas por meio de suas linhas espectrais. Utilizando essa técnica, os astrônomos podem analisar o espectro emitido pelas estrelas e registrar diferentes informações, como composição química, temperaturas de superfície, se estão se aproximando ou se afastando, entre outras (SANTOS, 2020f, p. xliv).

Já no capítulo de *Introdução à calorimetria*, há uma lauda dedicada inteiramente à diferenciação entre as temperaturas Celsius, Fahrenheit e Kelvin, onde os três cientistas com estes respectivos nomes são mencionados. Nesta seção, há uma breve fotografia de um termômetro contemporâneo:

Figura 16 – Termômetro.



Termômetro de lâmina bimetalica, geralmente utilizado na gastronomia.

Fonte: Santos (2020f).

O livro também veicula a fotografia de um calorímetro (Figura 17) e trata de elucidar os alunos que este instrumento é utilizado em experimentos de troca de calor. A explicação dada é a de que este aparato

Trata-se de um dispositivo constituído de um recipiente interno envolvido por paredes isolantes que impedem as trocas de calor com o meio externo, assim como a garrafa térmica, mencionada anteriormente. Na tampa, há um orifício para inserir um termômetro. Desse modo, considera-se que o calorímetro é termicamente isolado. Todavia, o calorímetro também participa das trocas de calor com os objetos colocados em seu interior. Assim, é necessário conhecer sua capacidade térmica para conhecer o calor perdido ou recebido por ele (SANTOS, 2020f, p. 130).

Figura 17 – Calorímetro.



Calorímetro.

Fonte: Santos (2020f).

Entretanto, há de se apontar ainda que, apesar deste volume realizar menção a Antoine Lavoisier (1743-1794) devido a sua lei da conservação das massas, o texto opta por não explorar a relação histórica entre o químico e o instrumento. Registros apontam que foi Lavoisier quem engendrou o termo *calorimètre* no ano de 1789, ao conduzir um experimento – sob auxílio de Pierre-Simon Laplace (1749-1827) – utilizando um calorímetro de gelo (LODWIG; SMEATON, 1974). A carência de aprofundamento histórico ao redor desta temática impossibilita a maior familiaridade dos estudantes não apenas com Lavoisier e o calorímetro, mas também com os aspectos experimentais. Apesar disso, algumas atividades práticas envolvendo a utilização de cronômetros, balanças e termômetros também são sugeridas pela obra.

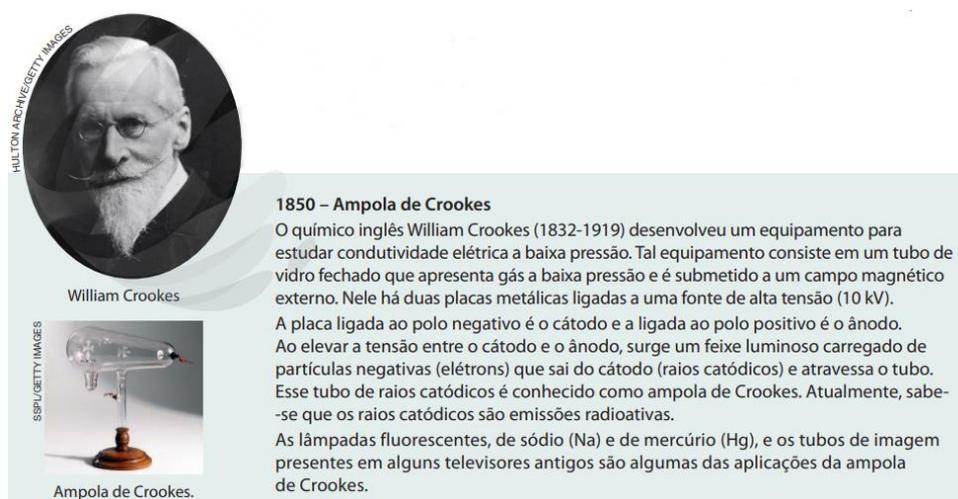
Quadro 13 – Análise do livro 3 da coleção Diálogo.

Instrumentos	Definição	Fotografia	Atividades Práticas	Criação	Uso	Evolução
Telescópio	x	-	-	-	-	-
Balança	x	x	x	-	-	-
Cronômetro	-	-	x	-	-	-
Termo-higrômetro	x	-	-	-	-	-
Espectroscópio	x	-	x	-	-	-
Termômetro	x	x	x	-	-	-
Calorímetro	x	x	-	-	-	-

Fonte: elaborado pela autora.

Já no livro de número 4 – *Energia e sociedade: uma reflexão necessária* –, durante a explicação do funcionamento das pilhas e baterias, é possível encontrar uma menção ao voltímetro, que fornece a medida de força eletromotriz da pilha. Há também uma referência à Ampola de Crookes no capítulo acerca da radioatividade, onde uma breve linha do tempo foi elaborada cobrindo descobertas de cientistas como William Crookes (1832-1919), Wilhelm Roentgen (1845-1923), Antoine Henri Becquerel (1852-1908), Marie (1867-1934) e Pierre Curie (1859-1906), Ernest Rutherford (1871-1937) e James Chadwick (1891-1974).

Figura 18 – Trecho acerca da Ampola de Crookes.



Fonte: Santos (2020b).

Demais instrumentos científicos tal como o eletroscópio, dínamo, balança de torção de Coulomb e contador Geiger também são mencionados pelo volume. Já no que diz respeito às atividades práticas em sala de aula, o livro sugere a construção de um eletroscópio e a utilização de um multímetro para medir tensão e correntes elétricas. Todavia, nota-se novamente uma tendência em desconsiderar a historicidade dos instrumentos científicos. Conforme observado em passagens anteriores, este volume é uma das obras da coleção responsáveis por abordar a temática da radioatividade. Seria possível então, por exemplo, facilmente relacionar a utilização do eletroscópio nos estudos sobre a radioatividade, tal como realizado por Marie e Pierre Curie no século XIX.

Nesta temática de energia elétrica, expõe-se também uma representação da balança de torção utilizada pelo físico Charles Augustin de Coulomb (1736-1806) para “[...] medir a força de atração ou de repulsão entre duas esferas eletricamente carregadas.” (SANTOS, 2020b, p. 23).

Figura 19 – Balança de torção utilizada por Coulomb.



Fonte: Santos (2020b).

Já ao trabalhar a questão de geração de energia elétrica, a obra evidencia também a utilização do dínamo em veículos elétricos e em bicicletas como uma forma de reaproveitamento de energia. Com relação a este aparelho, o texto explicita:

Os dínamos funcionam quando um material condutor é colocado em movimento em um campo magnético, ou quando um material magnetizado se movimenta no interior de uma bobina. A variação do campo magnético causada quando um ímã se desloca no interior da bobina induz uma diferença de potencial em suas espiras, fazendo com

que as cargas elétricas dos fios adquiram um movimento ordenado, gerando a corrente elétrica. Esse fenômeno é chamado indução eletromagnética (SANTOS, 2020b, p. 40).

Figura 20 – Dínamo presente em uma bicicleta.



Fonte: Santos (2020b).

Percebe-se então que este volume menciona a indução eletromagnética ao apresentar aos alunos tanto a lei de Faraday quanto o dínamo. No entanto, estas duas temáticas são abordadas de forma individualizante, de forma que a historicidade do instrumento não seja explorada. Este caso demonstra a carência de contextualização histórica nos livros didáticos, que poderia facilitar a compreensão dos alunos e amplificar a interdisciplinaridade dos estudos.

Em continuidade, conforme observado na Figura 21, o contador Geiger recebe duas fotografias ao longo do livro, ambas de modelos contemporâneos. Ainda que o volume apresente as contribuições de Rutherford e Chadwick para os estudos sobre a radioatividade, não há qualquer menção ao inventor Hans Geiger (1882-1945), que trabalhou em colaboração com ambos os cientistas mencionados. Acerca de seu contador, é revelado apenas que “Esses medidores foram construídos de acordo com a maneira que ocorre a interação da radiação com a matéria. Por exemplo, para medir a capacidade de ionizar os componentes de um gás e, a partir disso, gerar correntes elétricas, foi construído o contador Geiger.” (SANTOS, 2020b, p. 110).

Figura 21 – Contadores Geiger.



Fonte: Santos (2020b).

Desse modo, o quarto livro da coleção segue o mesmo padrão que os seus predecessores, e os únicos instrumentos científicos históricos mencionados são a Ampola de Crookes e a Balança de torção de Coulomb que, apesar de apresentarem fotografias e o nome de seus inventores, carecem de uma contextualização histórica aprofundada.

Quadro 14 – Análise do livro 4 da coleção Diálogo.

Instrumentos	Definição	Fotografia	Atividades Práticas	Criação	Uso	Evolução
Voltímetro	x	-	-	-	-	-
Ampola de Crookes	x	x	-	x	x	-
Multímetro	-	-	x	-	-	-
Eletroscópio	x	x	x	-	-	-
Balança de torção de Coulomb	x	x	-	x	x	-
Dínamo	x	x	-	-	-	-
Contador Geiger	x	x	-	-	-	-

Fonte: elaborado pela autora.

Já no volume 5, *Ser humano: origem e funcionamento*, o suplemento para o professor sugere uma atividade prática que requer o uso de uma balança e de um microscópio óptico para observar o processo de osmose nas células vegetais. De maneira similar, esta seção indica também a utilização de um peagômetro para que os estudantes pratiquem a medição do pH em

algumas soluções. Este instrumento é abordado no capítulo *Equilíbrio iônico e pH*, no qual explicita-se como realizar a medição do pH de uma solução:

Figura 22 – Peagômetro.

### Métodos de determinação de pH

A medida do pH de uma solução aquosa pode ser feita com o auxílio de um aparelho chamado peagômetro ou de um indicador ácido-base.

O peagômetro mede a diferença de potencial elétrico existente em uma solução e possui uma escala graduada em valores de pH.

Os indicadores ácido-base são materiais que mudam de cor conforme o pH da solução. Alguns vegetais têm a propriedade de mudar de cor em contato com ácidos ou bases. É o caso do extrato de repolho-roxo, por exemplo.

Os indicadores utilizados em indústrias e laboratórios são materiais orgânicos que apresentam caráter de ácido fraco ou de base fraca. Veja as características e os usos de alguns deles.



Peagômetro medindo o pH de uma solução. Esse aparelho é utilizado, por exemplo, na agricultura, no tratamento e purificação da água e nas indústrias alimentícia, farmacêutica, petroquímica e de papel e celulose.

Fonte: Santos (2020e).

Este volume, caracterizado por seu conteúdo altamente voltado para o campo da Biologia, trabalha com uma quantia ainda menor de instrumentos científicos. Mesmo que veicule duas sugestões de atividades práticas, não há quaisquer menções aos instrumentos científicos históricos ao longo das páginas do livro.

Quadro 15 – Análise do livro 5 da coleção Diálogo.

Instrumentos	Definição	Fotografia	Atividades Práticas	Criação	Uso	Evolução
Microscópio	-	-	X	-	-	-
Balança	-	-	X	-	-	-
Peagômetro	X	X	X	-	-	-

Fonte: elaborado pela autora.

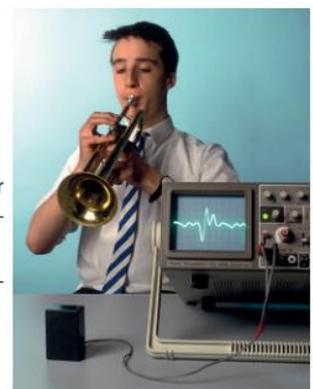
Em consonância com a BNCC, esta coleção de livros dispõe de uma série de atividades práticas a serem realizadas com os alunos. Tais experimentos e demonstrações encontram-se sob a seção intitulada “Investigue”. No caso do último volume da coleção, *Ser humano e meio ambiente: relações e consequências*, repara-se na sugestão de utilização de um peagômetro para verificar a acidez e a basicidade de alguns materiais, bem como o manuseio de um cronômetro para analisar a rapidez de algumas reações químicas. Já no capítulo *Sons e audição humana*, a obra discorre também a respeito do instrumento conhecido como osciloscópio:

Figura 23 – Osciloscópio.

### Características de uma onda

A maior parte das informações que recebemos do ambiente ao redor chega até nós por meio de ondas. Algumas delas podem ser visualizadas em um **osciloscópio**, como na imagem ao lado, que apresenta a forma da onda sonora gerada por um instrumento musical.

O osciloscópio apresenta a amplitude, o comprimento de onda, o período e a frequência do som emitido pelo instrumento.



Ao tocar um trompete próximo a um microfone conectado a um osciloscópio, o som emitido pelo instrumento é enviado a ele, o qual projeta a onda característica em sua tela.

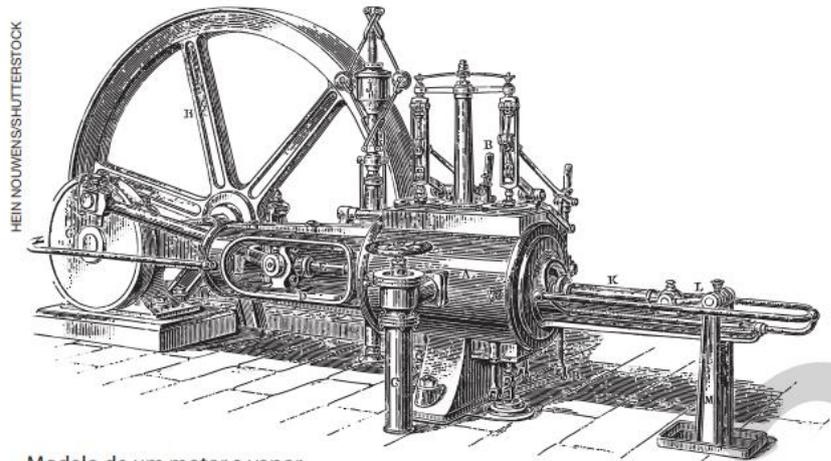
**Osciloscópio:** aparelho que mostra em uma tela padrões de imagens característicos da onda.

Fonte: Santos (2020d).

Retomando as questões apontadas por Gerard Turner (1987) no que concerne à influência dos designs dos aparatos em alguns livros didáticos, constata-se também uma ilustração histórica (Figura 24) do modelo de motor a vapor rotatório de James Watt (1736-1819). Mesmo que não apontado pelo texto, tal imagem provém da enciclopédia alemã Meyers Konversations-Lexicon publicada em 1890. Ainda a respeito deste aparelho, a obra contextualiza:

Ainda que os princípios básicos para a construção do motor a vapor tenham sido descritos pelo matemático grego Heron de Alexandria (10-75) por volta do século I e que grandes contribuições posteriores tenham sido apresentadas por outros estudiosos – como o francês Denis Papin (1647-1712) em 1679, o inglês Thomas Savery (1650-1715) em 1698 e o inglês Thomas Newcomen (1664-1729) em 1712 –, o motor a vapor rotatório só foi efetivamente desenvolvido em 1765, pelo cientista escocês James Watt (1736-1819) (SANTOS, 2020d, p. 82).

Figura 24 – Modelo de motor a vapor de James Watt.

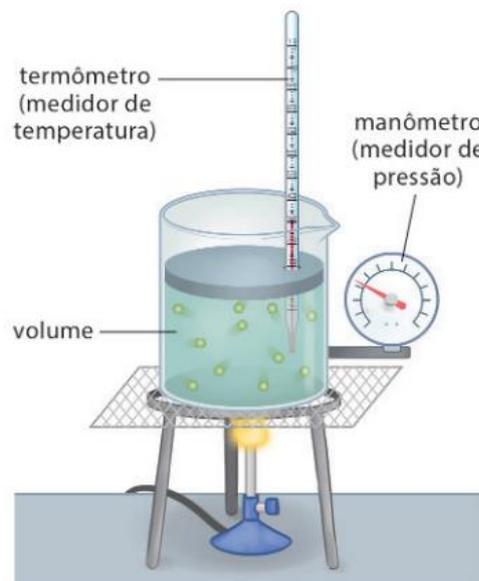


Modelo de um motor a vapor rotatório, desenvolvido por James Watt (1765).

Fonte: Santos (2020d).

Detecta-se também a ilustração de um manômetro e um termômetro acoplados a um recipiente contendo gás, conforme demonstrado pela figura 25. Esta é a única referência que a obra faz a ambos os instrumentos.

Figura 25 – Representação de um manômetro e termômetro.



Representação de um gás confinado em um recipiente com manômetro e termômetro acoplados. Imagem sem proporção e em cores-fantasia.

Fonte: Santos (2020d).

O livro também reserva duas laudas para demonstrar a relação entre a tecnologia e a sustentabilidade. Por esse ângulo, é descrito o modo como “instrumentos espaciais”, tal como os satélites, permitem a monitoração de animais e áreas naturais. Este é um exemplo de como seria possível relacionar os instrumentos com os conteúdos científicos trabalhados em sala de aula. O monitoramento dos animais e das áreas naturais por meio do Sistema de Posicionamento Global (GPS) só é possível por conta de instrumentos como o relógio atômico, para determinação da longitude e reconfiguração da diferença de passagem do tempo na Terra e em sua órbita. Além deste, uma variedade de outros instrumentos estão presentes em satélites, tais como giroscópios, radiômetros e câmeras de infravermelho.

Nesse sentido, integrar os instrumentos ao ensino escolar é uma das formas de atingir o objetivo da BNCC de estimular a interdisciplinaridade das Ciências. Apesar disso, como representado pelo quadro a seguir, há uma única menção aos instrumentos históricos neste sexto volume da coleção, no qual desenvolve-se extensamente a temática de motores:

Quadro 16 – Análise do livro 6 da coleção Diálogo.

Instrumentos	Definição	Fotografia	Atividades Práticas	Criação	Uso	Evolução
Peagâmetro	-	-	x	-	-	-
Cronômetro	-	-	x	-	-	-
Osciloscópio	x	x	-	-	-	-
Satélite	x	x	-	-	-	-
Motor	x	x	-	x	x	x
Manômetro	x	x	-	-	-	-
Termômetro	x	x	-	-	-	-

Fonte: elaborado pela autora.

Desse modo, observa-se que apesar da presença de alguns instrumentos científicos ao longo da coleção, há uma séria ausência de instrumentos científicos históricos. Essa predominância de conteúdos históricos superficiais não se restringe apenas a tais instrumentos, envolvendo também as demais temáticas que compõem a História da Ciência, que acabam por ater-se principalmente a nomes e datas. Sendo assim, a partir destes resultados, tornou-se possível a elaboração do quadro a seguir, que dispõe um resumo dos instrumentos científicos englobados pela coleção Diálogo:

Quadro 17 – Análise da coleção Diálogo.

Instrumentos	Definição	Fotografia	Atividades Práticas	Criação	Uso	Evolução
Ampola de Crookes	x	x	-	x	x	-
Balança	x	x	x	-	x	-
Balança de torção de Cavendish	x	x	-	x	x	-
Balança de torção de Coulomb	x	x	-	x	x	-
Bússola	x	x	x	x	x	-
Calorímetro	x	x	-	-	-	-
Contador Geiger	x	x	-	-	x	-
Cronômetro	-	-	x	-	-	-
Dínamo	x	x	-	-	-	-
Eletroscópio	x	x	x	-	-	-
Espectroscópio	x	-	x	-	-	-
Manômetro	x	x	-	-	-	-
Microscópio	x	x	x	-	x	-
Motor	x	x	-	x	x	x
Multímetro	-	-	x	-	-	-
Osciloscópio	x	x	-	-	-	-
Peagâmetro	x	x	x	-	-	-
Satélite	x	x	-	x	-	-
Telescópio	x	x	-	x	x	x
Termo-higrômetro	x	-	-	-	-	-
Termômetro	x	x	x	-	-	-
Voltímetro	x	-	-	-	-	-

Fonte: elaborado pela autora.

## 6.2 COLEÇÃO MULTIVERSOS

A coleção Multiversos publicada pela editora FTD destaca em seu manual do professor a História da Ciência como uma abordagem metodológica empregada pelos seis volumes que

compõem a coleção. Elaboradas pelos profissionais Leandro Pereira de Godoy<sup>9</sup>, Rosana Maria Dell'Agnolo<sup>10</sup> e Wolney Candido de Melo<sup>11</sup>, estas obras afirmam que:

A história da Ciência tem como prioridade o estudo de episódios fundamentais do trajeto do pensamento científico. E o trabalho escolar com a história da Ciência dá ao estudante subsídios para que ele tenha melhor entendimento sobre a construção da ciência e o trabalho do cientista. A importância desse trabalho também está em realizar a contextualização histórica dos conhecimentos da área, fundamental para que a Ciência seja compreendida como construção humana e social e que sejam analisados os recursos intelectuais e práticos dos quais um cientista dispunha em dado contexto histórico. Assim, é essencial refletir sobre a qualidade dessa contextualização histórica, ela não se restringe apenas à menção a nomes de cientistas e a datas da história da Ciência. Essa contextualização histórica dos conhecimentos da área supera ainda a simples exemplificação de conceitos com fatos ou situações cotidianas. O trabalho com a história da Ciência enfatiza a relação do cientista com o seu tempo, e a Ciência não é uma atividade que pode ser ensinada isolada da sociedade e da cultura, pois o seu desenvolvimento está diretamente vinculado aos aspectos sociais, políticos, econômicos, culturais e ambientais. A abordagem histórica nas aulas de Ciências da Natureza, presente em variados momentos nesta obra, coopera para a cultura do estudante e auxilia na resolução de problemas [...] O dinamismo da Ciência está presente em um percurso histórico, enquanto conquista humana, com carácter evolutivo, progressivo e não linear. Por isso, é importante que o estudante perceba a Ciência como construção humana e que seus principais processos, práticas e procedimentos investigativos são derivados de erros e acertos, que geram mudanças em conceitos e teorias (GODOY; DELL'AGNOLO; MELO, 2020d, p. 189).

Composta pelos volumes listados no quadro abaixo, esta coleção defende ainda uma educação científica cujo objetivo engloba a alfabetização científica dos estudantes. Segundo o texto localizado no manual do professor, a conquista do então chamado letramento científico é capaz de proporcionar a resolução dos problemas do cotidiano dos indivíduos. Nesse contexto, as obras consideram como propósito da cultura científica “[...] a formação e a capacitação de cidadãos para compreender e modificar o mundo, extrapolando a visão reducionista e parcial

---

<sup>9</sup> “Licenciado e Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina. Mestre em Microbiologia pela mesma instituição. Autor de livros didáticos de Ciências e Biologia para os anos iniciais e finais do fundamental, e ensino médio. Possui experiência docente no ensino básico e superior. Palestrante, ministra cursos e treinamentos de capacitação para professores.” (Informação extraída do Currículo Lattes) (GODOY, 2021).

<sup>10</sup> Conforme extraído do Currículo Lattes, é formada em Química pela Faculdade Oswaldo Cruz e Mestre na mesma área pela Universidade de São Paulo. Possui especializações em Química para o Ensino Superior (Faculdade Oswaldo Cruz) e em Ética, Valores e Cidadania na Escola (UNIVESP) (DELL'AGNOLO, 2020).

<sup>11</sup> “Possui graduação em Licenciatura em Física pela Universidade de São Paulo (1993), mestrado em Ensino de Física pelo Instituto de Física e Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (2006) e doutorado pela mesma universidade [...] Desenvolve trabalhos de assessoria a escolas, editoras e secretarias de educação em temas ligados à avaliação educacional, formação continuada de professores e ensino de Ciências, destacando-se aquelas desenvolvidas nos municípios de Cerquillo (SP), Extrema (MG), Cesário Lange (SP), Jandira (SP), Campos do Jordão (SP) e Nova Mamoré (RO); ministra palestras e cursos para atualização e formação de professores; desenvolve cursos de aprofundamento de Física para o Ensino Médio e palestras sobre temas da Física Moderna e sobre as características das provas e dos itens utilizados em avaliações em larga escala, tais com Enem e Saeb.” (Informação extraída do Currículo Lattes) (MELO, 2022).

de um ensino apenas atento às expectativas do mercado.” (GODOY; DELL’AGNOLO; MELO, 2020d, p. 176).

Quadro 18 – Volumes presentes na coleção Multiversos.

Volumes	Coleção
1. Matéria, energia e a vida	MULTIVERSOS
2. Movimentos e equilíbrios na natureza	
3. Eletricidade na sociedade e na vida	
4. Origens	
5. Ciência, sociedade e ambiente	
6. Ciência, tecnologia e cidadania	

Fonte: FTD Educação ([202-]).

O primeiro instrumento científico mencionado no livro *Matéria, energia e a vida* é o dínamo. Abordado a partir da temática de energia térmica, a obra faz menção à utilização deste instrumento em usinas termelétricas e nucleares durante o processo de geração da energia elétrica. De modo similar à coleção Diálogo, o dínamo é descrito apenas como um “Aparelho que converte energia mecânica em energia elétrica.” (GODOY; DELL’AGNOLO; MELO, 2020d, p. 28). Já no capítulo subsequente da obra, discursa-se também a respeito da mudança na definição da unidade do quilograma, que deixou de depender de um objeto físico e passou a ser determinada a partir da utilização da balança de Kibble. Este instrumento é caracterizado pelo texto como uma balança responsável por associar a massa a uma força magnética (GODOY; DELL’AGNOLO; MELO, 2020d).

Ainda neste volume, ao longo das explicações acerca de corpos em movimento, é destacado também o compasso de proporção idealizado por Galileu Galilei. O livro dispõe de uma fotografia deste instrumento histórico (Figura 26) e discursa que:

Para o estudo geométrico dos movimentos é possível utilizar um instrumento desenvolvido no século VI [sic] chamado compasso de proporção de Galileu, que auxilia na análise de corpos em movimento submetidos a uma aceleração constante, uma vez que os deslocamentos efetuados a cada intervalo fixo de tempo seguem uma proporção, sendo esta, muitas vezes chamada de proporção de Galileu (GODOY; DELL’AGNOLO; MELO, 2020d, p. 42).

Figura 26 – Compasso de proporção de Galileu.



» Compasso de proporção idealizado por Galileu e conservado no Museu Galileu (Florença, Itália, 2014).

Fonte: Godoy; Dell’Agnolo; Melo (2020d)

Outro instrumento que também conta com uma fotografia é o peagâmetro, descrito pelo livro como um equipamento capaz de medir o pH de maneira precisa. Já no que diz respeito às atividades práticas, a obra sugere aos professores o uso de um cronômetro na aplicação de um exercício para medir a velocidade de corpos em movimento, bem como a criação de uma oficina científica que objetiva a construção de um microscópio a partir de uma ponteira *laser* e do uso da água como lente de aumento.

Desse modo, é possível observar no quadro abaixo um resumo do conteúdo que abarca a temática de instrumentos científicos. Nota-se que dentre os seis aparelhos mencionados, apenas o compasso de proporção conta com uma fotografia histórica, embora nenhum destes tenha sua historicidade desenvolvida e relacionada com os demais ensinamentos do livro.

Quadro 19 – Análise do livro 1 da coleção Multiversos.

Instrumentos	Definição	Fotografia	Atividades Práticas	Criação	Uso	Evolução
Dínamo	x	-	-	-	-	-
Balança de Kibble	x	x	-	-	-	-
Compasso de proporção	x	x	-	x	-	-
Microscópio	-	-	x	-	-	-
Peagâmetro	x	x	-	-	-	-
Cronômetro	-	-	x	-	-	-

Fonte: elaborado pela autora.

Já o segundo volume da coleção, *Movimentos e equilíbrios na natureza*, trabalha com apenas três instrumentos científicos. Recomenda-se no livro, durante o desenvolvimento de uma atividade prática, a utilização de um relógio ou cronômetro com a finalidade de estudar as velocidades das reações. O texto voltado aos alunos faz menção também ao microscópio como uma ferramenta que auxiliou a revogação das linhas de pensamento ovistas e espermistas presentes durante o século XVII. Essa quantidade ínfima de conteúdo acerca dos instrumentos científicos pode ser exemplificada a partir do seguinte quadro abaixo, que evidencia também a ausência da História da Ciência sob o viés dos instrumentos abarcados.

Quadro 20 – Análise do livro 2 da coleção Multiversos.

Instrumentos	Definição	Fotografia	Atividades Práticas	Criação	Uso	Evolução
Cronômetro	-	-	x	-	-	-
Relógio	-	-	x	-	-	-
Microscópio	-	-	-	-	x	-

Fonte: elaborado pela autora.

De modo contrastante, o terceiro volume coleção, *Eletricidade na sociedade e na vida*, conta com uma maior quantia destes instrumentos. A fim de apresentar a Lei de Coulomb, a obra dispõe de uma fotografia da balança de torção utilizada por Charles Coulomb (1736-1806) e discursa brevemente a respeito de seu experimento histórico:

No século XVIII, o físico francês Charles Augustin de Coulomb (1736-1806), utilizando uma balança de torção realizou o histórico experimento para determinar a intensidade da força exercida entre duas cargas elétricas ao serem colocadas a uma determinada distância entre si. Nesse experimento, verificou que a intensidade da força elétrica entre os dois corpos de pequenas dimensões, carregados eletricamente, apresentava intensidade diretamente proporcional ao valor das cargas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas (GODOY; DELL'AGNOLO; MELO, 2020c, p. 54).

Devido ao foco na temática de eletricidade, este volume apresenta diversas menções a instrumentos como o amperímetro e o voltímetro. O material descreve que estes aparelhos são responsáveis por medir, respectivamente, a corrente e a tensão elétrica. No que diz respeito à História de tais instrumentos, todavia, o livro didático informa aos alunos apenas que:

Este instrumento [alicate amperímetro] mede a corrente sem ter de entrar em contato com a parte metálica do condutor. Seu princípio de funcionamento é o efeito magnético da corrente elétrica que, ao percorrer um condutor, produz um campo

magnético no seu entorno. Os fenômenos da eletricidade e do magnetismo eram considerados independentes até a primeira metade do século XIX, quando, em 1820, o físico dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851) observou que um fio retilíneo, ao ser percorrido por uma corrente elétrica, alterava o comportamento de uma bússola colocada em suas proximidades. Isto é, a corrente elétrica cria um campo magnético ao redor dela e esse campo é o responsável pelos movimentos da agulha magnética da bússola (GODOY; DELL'AGNOLO; MELO, 2020c, p. 133).

Figura 27 – Alicate amperímetro.



Fonte: Godoy; Dell'Agnolo; Melo (2020c).

Por meio de uma ilustração, a obra recria também o circuito montado por Michael Faraday ao descobrir o fenômeno da indução eletromagnética. Neste momento, o texto menciona a utilização do amperímetro para registrar a passagem da corrente elétrica no experimento. Além disso, o manual para o professor recomenda que este profissional:

Comente que Volt é a unidade de medida da diferença de potencial elétrico ou de tensão elétrica (que corresponde ao potencial de transmissão de energia) usada no Sistema Internacional de Unidades, cujo símbolo é V. O nome dessa unidade de medida homenageia o físico e químico italiano Alessandro Giuseppe Antonio Anastasio Volta (1745-1827), criador da pilha voltaica, precursora da bateria. O aparelho usado para medir a diferença de potencial é o voltímetro (GODOY; DELL'AGNOLO; MELO, 2020c, p. 232).

Entende-se que o desenvolvimento de tais instrumentos tornou-se possível apenas a partir dos avanços realizados por volta do século XIX no campo da eletricidade, tal como a invenção da pilha e do circuito elétrico por Alessandro Volta; a descoberta do efeito magnético nas correntes elétricas realizada pelo dinamarquês Hans Christian Ørsted; e o estabelecimento da lei engendrada por Georg Simon Ohm relacionando tensão, corrente e resistência elétrica (CONNELLY; CHANG, 2019). Entretanto, ainda que o livro mencione brevemente essas três

ocorrências, propõe-se aqui a oportunidade de relacionar, de modo mais aprofundado, os ensinamentos científicos presentes no livro com a História da eletricidade e o avanço de instrumentos científicos, abarcando não apenas o voltímetro e o amperímetro, mas também galvanômetros, eletrômetros e demais aparelhos.

Identifica-se também a fotografia de um gerador de Van de Graaff, instrumento retratado pelo livro apenas como “[...] uma máquina eletrostática que gera tensões muito altas.” (GODOY; DELL’AGNOLO; MELO, 2020c, p. 52). Assim como os demais aparatos históricos, a falta de um maior detalhamento acerca da invenção e uso deste instrumento – exposto por Nikola Tesla (1934) como uma invenção revolucionária – impossibilita a criação de elos entre os conteúdos científicos vistos pelos estudantes. Interpreta-se o apagamento deste tipo de conteúdo nos livros didáticos não como uma falha grave em prol dos instrumentos científicos, mas como uma supressão da ferramenta que poderia auxiliar e facilitar o discernimento científico dos estudantes.

Já em relação às atividades práticas, este terceiro volume indica como oficinas científicas a construção de um eletroscópio de folhas, de um motor elétrico e de uma bússola simples. Instrui-se também a elaboração de duas outras atividades que requerem a utilização de uma bússola: a reprodução do experimento de Hans Christian Ørsted para observar a orientação da agulha da bússola em um circuito elétrico simples, assim como a demonstração, na segunda atividade, de como é possível criar uma corrente elétrica por meio da variação do fluxo magnético. Além disso, a respeito da historicidade da bússola, a obra ainda aponta que:

Muito difícil atribuir a invenção da bússola a alguém, pois há registros de sua utilização para orientação em diversos períodos da história, mas acredita-se que o inventor italiano Flavio Gioia (1250-1300) tenha juntado uma agulha magnética a uma figura chamada rosa dos ventos, colocando tudo dentro de uma caixinha de madeira e produzindo a bússola que se conhece hoje (GODOY; DELL’AGNOLO; MELO, 2020c, p. 130).

Figura 28 – A lenda do inventor da bússola.



Fonte: Godoy; Dell’Agnolo; Melo (2020c).

Sendo assim, nota-se que este volume apresenta um maior conteúdo no que concerne aos instrumentos científicos, com destaque para as atividades práticas de construção e utilização destes aparelhos. Todavia, apenas três instrumentos são mencionados na descrição de experimentos científicos históricos, dos quais somente a Balança de Coulomb apresenta uma fotografia. Desta maneira, a presença dos instrumentos listados abaixo é responsável por realçar também a ausência dos aspectos históricos:

Quadro 21 – Análise do livro 3 da coleção Multiversos.

Instrumentos	Definição	Fotografia	Atividades Práticas	Criação	Uso	Evolução
Balança de torção de Coulomb	x	x	-	x	x	-
Voltímetro	x	-	x	-	-	-
Amperímetro	x	x	-	-	x	-
Gerador de Van de Graaff	x	x	-	-	-	-
Bússola	x	x	x	x	x	-
Eletroscópio	x	-	x	-	-	-
Motor	x	-	x	-	-	-

Fonte: elaborado pela autora.

Ao longo do quarto livro da coleção, intitulado *Origens*, são trabalhados com os alunos aspectos que circundam a Cosmologia. Por esta maneira, instrumentos científicos como telescópios e satélites artificiais são abordados. Assim como na coleção Diálogo, os telescópios

são os instrumentos científicos que apresentam o maior detalhamento em conteúdo. Ao discorrer a respeito das temáticas de refração e reflexão da luz, este volume diferencia os telescópios refratores dos refletores e menciona os telescópios de Galileu e Newton, embora apenas o telescópio refrator de Galileu conte com uma fotografia histórica. A respeito deste assunto, o livro elucida que:

Um dos primeiros modelos de telescópio refletor é conhecido como telescópio de Newton, que consiste em um tubo com um espelho côncavo em seu interior e um pequeno espelho plano para direcionar a luz refletida para a ocular em que se situa o olho observador ou o equipamento para captação da imagem produzida [...] Registros históricos creditam a construção do primeiro telescópio ao fabricante de lentes holandês Hans Lippershey (1570-1619) que registrou seu produto para uso exclusivo na Holanda. A partir de relatos desse instrumento, o italiano Galileu Galilei (1564-1642) construiu, em 1609, uma luneta que ampliava três vezes (3X) e a apontou para o céu. A partir daí, aperfeiçoou o projeto e construiu um telescópio com capacidade suficiente para ver detalhes do Universo até então desconhecidos, como as quatro luas mais brilhantes de Júpiter (Io, Europa, Calisto e Ganimedes) e as crateras da Lua. O telescópio construído por Galileu é do tipo refrator, conhecido como luneta, composto por um conjunto de lentes (GODOY; DELL'AGNOLO; MELO, 2020f, p. 37-39).

Ainda que certos aspectos históricos sejam trabalhados, esta temática revela também um apagamento no que concerne aos experimentos históricos que compõem a História da Ciência. Embora seja possível encontrar uma variedade destes eventos ao longo da leitura das obras didáticas, tais trechos são carentes em aprofundamentos, como é o caso dos estudos de Isaac Newton com relação à dispersão da luz, onde menciona-se apenas que:

Em 1672, o físico inglês Isaac Newton (1643-1727) estudou e elaborou teorias sobre o mecanismo da dispersão da luz, conseguindo explicar que a luz branca era, na verdade, composta por todas as demais cores. O processo inverso, isto é, a combinação das cores para formar a luz branca também pode ser observado por meio de uma montagem simples – o disco de Newton (GODOY; DELL'AGNOLO; MELO, 2020f, p. 28).

Sob o ponto de vista dos instrumentos científicos, um outro exemplo da escassez de aspectos históricos mencionados pelo livro diz respeito aos estudos sobre Marte, no qual o material descreve apenas a utilização de um telescópio por parte do holandês Christiaan Huygens (1629-1695) para observar o planeta:

Em agosto de 1672, o físico, matemático e astrônomo holandês [*sic*] Christiaan Huygens (1629-1695) observava o planeta Marte com um telescópio por ele produzido, quando identificou um ponto brilhante em Marte. Anos depois, outros astrônomos descobriram que aquele ponto se tratava de gelo da calota polar do planeta vermelho. Começava então, a corrida pela água em Marte (GODOY; DELL'AGNOLO; MELO, 2020f, p. 114).

Além da notável ausência de demais observações históricas sob o auxílio de um telescópio, percebe-se que este foi o único instrumento apresentado como constituinte das descobertas no planeta, de modo que não seja possível encontrar no material referências a outros aparelhos, tal como o espectrômetro infravermelho, responsável por proporcionar a primeira evidência de CO<sub>2</sub> na atmosfera marciana (AMERICAN CHEMICAL SOCIETY, 2017). Apesar disso, no que diz respeito aos instrumentos atuais, a obra cita brevemente o instrumento apelidado de MOXIE, capaz de produzir oxigênio a partir da atmosfera de dióxido de carbono de Marte.

Este volume difunde também a existência de telescópios espaciais e compartilha uma imagem do telescópio Hubble. Em relação a esta temática, o manual do professor sugere que estes profissionais expliquem aos seus alunos que:

[...] o material utilizado pelos astrônomos para fazer observações depende da construção de telescópios. Da mesma forma, os telescópios só podem ser aprimorados graças ao avanço dos conhecimentos. A interação entre ciência e tecnologia é um dos temas contemporâneos transversais que podem ser trabalhados em relação às descobertas históricas sobre a estrutura do Universo. Mencione que as condições climáticas podem prejudicar a observação do espaço. Por isso, os telescópios costumam ser construídos em locais de menor precipitação, como regiões desérticas. Outra forma de evitar problemas climáticos e atmosféricos é a construção de telescópios espaciais, como o Hubble, que estão em órbita (GODOY; DELL'AGNOLO; MELO, 2020f, p. 201).

Ainda que sem fotografia, a obra também faz menção ao astrolábio ao veicular que “A navegação marítima, por exemplo, baseou-se por muito tempo na posição dos astros no céu, que podiam ser interpretadas com o auxílio de um astrolábio.” (GODOY; DELL'AGNOLO; MELO, 2020f, p. 18). Já o microscópio composto conta apenas com uma ilustração e o relato de que este aparelho é “[...] constituído de duas lentes convergentes denominadas objetiva e ocular.” (GODOY; DELL'AGNOLO; MELO, 2020f, p. 46).

Apesar de não constarem quaisquer detalhamentos históricos a respeito do microscópio no livro do estudante, o manual do professor concatena este instrumento com a comprovação da teoria da biogênese. Este material recomenda que seja esclarecido em sala de aula o modo como

[...] os conhecimentos científicos possuem relação com o contexto histórico, social, cultural e econômico em que se desenvolvem. Dessa forma, é possível destacar que, por exemplo, não existia o microscópio, o que impossibilitava a visualização do comportamento de microrganismos [...]. Ao tratar os experimentos de Redi, mencione aos estudantes que os experimentos científicos precisam ser controlados. Por isso, foi importante manter dois frascos diferentes, um tampado e outro destampado. Se os dois frascos fossem tampados, poderia haver dúvidas sobre o tipo de material em decomposição. Explique que o experimento de Redi não foi totalmente aceito pela

comunidade científica. No século XVII, Anton van Leeuwenhouek desenvolveu o primeiro microscópio monocular, usando lentes biconvexas. Com esse advento, foi possível observar os primeiros microrganismos, denominados animálculos. Alguns anos depois, em 1749, o holandês John Needham ferveu caldos nutritivos em tubos de ensaio, vedou-os por meio de rolhas e constatou o surgimento de seres microscópicos, observados ao microscópio. Essas descobertas possibilitaram uma reinterpretação sobre a geração espontânea. Após 50 anos dos experimentos de Needham, o cientista Lazzaro Spallanzani demonstrou que o ar presente nos tubos de ensaio também deveria ser esterilizado. Para isso, o cientista italiano ferveu o caldo nutritivo por mais tempo e em temperaturas mais altas, derretendo a superfície do frasco para que ficasse hermeticamente fechado. Após a reprodução dos experimentos de Needham, Spallanzani demonstrou que não era possível criar microrganismos em ambiente estéril. Por outro lado, Needham argumentou que o aquecimento prolongado havia provocado a destruição da força vegetativa do caldo. Porém, a descoberta do gás oxigênio, feita por Lavoisier, adicionou um novo componente que suscitou dúvidas na comunidade científica. Os resultados de Spallanzani poderiam ser explicados pela ausência de oxigênio, inviabilizando a geração espontânea. A geração espontânea só foi completamente refutada a partir dos experimentos de Louis Pasteur, já na década de 1860. Após explicar o experimento de Pasteur, pergunte aos estudantes se eles sabem qual é a importância do processo de pasteurização. Comente que esse processo possibilita a eliminação de microrganismos patogênicos de alimentos, especialmente os laticínios, e é realizado até os dias de hoje (GODOY; DELL'AGNOLO; MELO, 2020f, p. 232-233).

O trecho acima, retirado do manual do professor, ainda que importante, é mais um exemplo da ausência de aprofundamento no que concerne à História da Ciência nos livros didáticos. Apesar desta obra dispor de descrições dos experimentos históricos de Francesco Redi (1626-1697) e Louis Pasteur (1822-1895), outras figuras históricas relacionadas às temáticas de microscópio, biogênese e abiogênese, tal como Anton van Leeuwenhouek (1632-1723), John Needham (1713-1781) e Lazzaro Spallanzani (1729-1799), sequer são mencionadas na seção do livro dedicada aos estudantes. Nesse sentido, destaca-se que, além de ser importante que os alunos tenham acesso a esse tipo de informação no próprio livro do estudante, nota-se também uma certa rapidez, no trecho acima, ao orientar os professores acerca de três séculos de conteúdo histórico que deve ser repassado aos alunos.

Devido à dedicação do livro em abordar conteúdos relacionados ao Universo, a obra reserva também algumas laudas para debater a existência de satélites artificiais na órbita do planeta Terra e suas funcionalidades. Além da ilustração por meio de fotografias, este material comunica também que

Entre os satélites artificiais, o primeiro a orbitar a Terra foi o Sputnik 1, lançado em 4 de outubro de 1957, pelos soviéticos, iniciando um período de corrida espacial. Hoje, há milhares de satélites em órbita, ativos e até mesmo inativos (que continuam em órbita, porém sem atividade). A Agência Espacial Europeia (ESA) estima que satélites inoperantes, partes de foguetes, peças de espaçonaves e pedaços de objetos relacionados a missões espaciais já somam 7,5 mil toneladas de detritos espaciais (GODOY; DELL'AGNOLO; MELO, 2020f, p. 77).

Quanto às atividades práticas, o volume propõe a utilização de uma balança para medir a massa de pedras em uma oficina científica que busca verificar a influência da força centrípeta. Sendo assim, dentre os seis instrumentos científicos abordados pelo livro, somente o telescópio tem sua historicidade um pouco mais aprofundada, englobando conteúdos imagéticos e textuais.

Quadro 22 – Análise do livro 4 da coleção Multiversos.

Instrumentos	Definição	Fotografia	Atividades Práticas	Criação	Uso	Evolução
Telescópio	x	x	-	x	x	x
MOXIE	x	-	-	-	-	-
Astrolábio	-	-	-	-	x	-
Satélite	x	x	-	x	-	-
Microscópio	x	x	-	-	-	-
Balança	-	-	x	-	-	-

Fonte: elaborado pela autora.

O primeiro instrumento científico a receber menção no quinto livro da coleção, *Ciência, sociedade e meio ambiente*, é o polarímetro, descrito como um “[...] aparelho utilizado para medir a rotação da luz polarizada por meio de uma solução de substância opticamente ativa.” (GODOY; DELL’AGNOLO; MELO, 2020a, p. 32). Em seguida, por conta da temática do livro, demais instrumentos como o termômetro, calorímetro e pirômetro também são mencionados. A obra apresenta fotografias e diferenciações entre os termômetros clínico analógico e clínico digital, bem como os meteorológicos, de gás e de lâmina bimetálica. O material comunica ainda a utilização deste instrumento nos contextos culinário e pericial, embora não constem quaisquer detalhamentos históricos. Apesar disso, o texto prossegue sua explicação ao ilustrar um pirômetro óptico e diferenciá-lo do termômetro:

O pirômetro óptico também chamado pirômetro de radiação é um tipo de termômetro que mede irradiação térmica da superfície de um objeto e informa a temperatura, sendo um dispositivo que não necessita de contato físico com o objeto ou pessoa cuja temperatura se quer medir (GODOY; DELL’AGNOLO; MELO, 2020a, p. 62).

Descrito como um aparelho utilizado na medição da quantidade de calor, o livro também elucida seus leitores a respeito do calorímetro. Embora sem ilustrações, o material informa que:

O recipiente em que ocorrem as trocas de calor, isolando o sistema do meio externo, é denominado calorímetro, podendo ser classificado em real ou ideal. O calorímetro

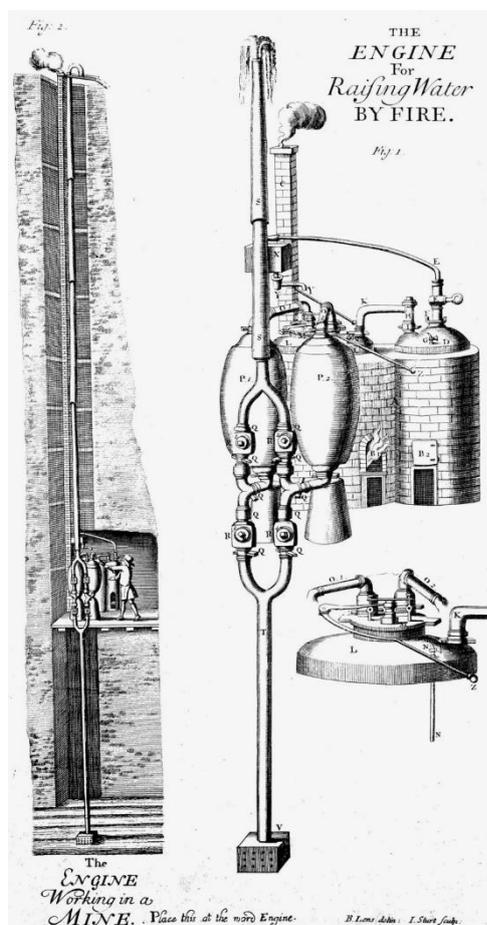
ideal isola o sistema do meio exterior e não interfere nas trocas de calor, apresentando assim capacidade térmica nula. Já o calorímetro real isola o sistema, mas interfere nas trocas de calor, tendo capacidade térmica não nula, participando das trocas de calor (GODOY; DELL'AGNOLO; MELO, 2020a, p. 80).

De modo similar à coleção Diálogo, esta obra veicula também um modelo de motor a vapor de James Watt (1736-1819). Neste caso, entretanto, o livro dedica um pouco mais de laudas a esta temática ao introduzir a evolução das máquinas térmicas. São apresentadas figuras das máquinas de Heron de Alexandria (10 d.C. – 70 d.C.), Thomas Savery (1650-1715) e James Watt, além da menção ao maquinário de Thomas Newcomen (1663-1729). O volume esclarece que:

Um pouco antes do início da Revolução Industrial, em 1698, o engenheiro militar inglês Thomas Savery (1650-1715) desenvolveu uma máquina a vapor de interesse industrial. Sua função era a de retirar água dos poços de minas de carvão. No entanto, mesmo utilizando uma válvula de segurança, a pressão do vapor era tão alta que resultou em muitos acidentes, tornando inviável a sua utilização. Por volta de 1712, o inventor inglês Thomas Newcomen (1663-1729) criou uma máquina térmica aperfeiçoada a partir da máquina de Savery. Esta máquina, além ser utilizada no fundo das minas e gerar menor risco de explosões, era capaz de elevar cargas das minas de carvão. No entanto, dois fatores contribuía para deixá-la pouco vantajosa: ela levava muito tempo para ser resfriada e consumia uma grande quantidade de carvão, ou seja, sua eficiência em transformar energia térmica em energia mecânica era baixa. O cientista escocês James Watt (1736-1819) aumentou consideravelmente o rendimento da máquina de Thomas Newcomen [*sic*]. Ele conseguiu fazer com que grande parte da energia térmica liberada pela queima do carvão mineral fosse convertida em movimento por sua máquina térmica (até então, a energia térmica era desperdiçada ao ser usada para aquecer e resfriar a máquina), tornando possível reduzir em ao menos três vezes a quantidade de carvão necessária para o seu funcionamento (GODOY; DELL'AGNOLO; MELO, 2020a, p. 124-125).

Mesmo que esta informação não esteja disponível no livro, torna-se interessante apontar aqui o modo como a ilustração que representa a máquina térmica de Thomas Savery (Figura 29) provém da obra *Lexicon technicum*, escrita por John Harris e publicada em 1704. Este é mais um exemplo de como os livros didáticos atuais ainda recebem a influência do design dos aparatos de séculos anteriores (TURNER, 1987).

Figura 29 – Máquina térmica de Thomas Savery.



Fonte: Godoy; Dell’Agnolo; Melo (2020a).

Além de tal contextualização histórica, o volume reserva também uma lauda inteira à explicação do funcionamento do motor de combustão interna, caracterizado como “[...] uma máquina térmica que transforma a energia proveniente da queima do combustível (reação de combustão) em energia mecânica.” (GODOY; DELL’AGNOLO; MELO, 2020a, p. 111).

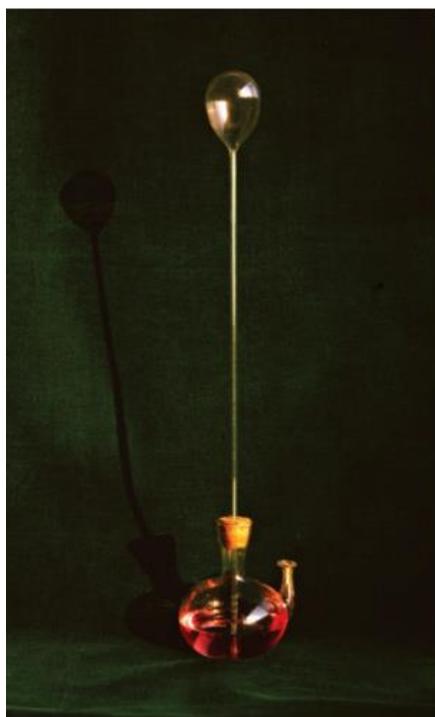
Mesmo que teoricamente inalcançável, a obra destaca uma representação da máquina de movimento perpétuo idealizada por Leonardo da Vinci (1452-1519). Todavia, esta menção serve apenas como elemento introdutório à temática das máquinas térmicas, visto que há uma carência em elementos históricos e explicações científicas acerca de como o modo-contínuo viola as leis da termodinâmica. A respeito desta máquina, o material discursa que “O moto-contínuo é uma categoria de máquinas hipotéticas que reutilizariam indefinidamente a energia gerada por seu próprio movimento, mantendo um movimento perpétuo a partir de um dado impulso inicial.” (GODOY; DELL’AGNOLO; MELO, 2020a, p. 106).

Já no que se refere às atividades práticas, este quinto volume da coleção Multiversos sugere a realização de duas oficinas que requerem a utilização de um termômetro, com vistas à

construção de um forno solar e ao reconhecimento de processos exotérmicos e endotérmicos. Desse modo, apesar de ser possível localizar no livro uma variedade de conteúdo no que concerne ao termômetro, não são dispostos quaisquer elementos históricos que possam auxiliar os alunos no melhor entendimento deste assunto. Entretanto, detecta-se no manual do professor o seguinte material:

Caso deseje, é possível citar outro dispositivo capaz de obter uma medida qualitativa da temperatura, o termoscópio. Este instrumento foi idealizado por Galileu Galilei por volta de 1592, sendo composto por uma esfera oca de vidro conectada a um tubo também de vidro. O princípio de funcionamento do termoscópio está relacionado à dilatação, variação de temperatura e da pressão. Galileu usou um recipiente de vidro e um tubo com um bulbo em sua extremidade, cheio d'água. De acordo com um relatório de um estudante, Galileu aqueceu o bulbo com as mãos, tornando o ar interior menos denso que o ar externo, resultando em uma expansão do ar. Após isso, inverteu o recipiente, mergulhando o tubo em outro recipiente contendo água, diminuindo assim, a temperatura do bulbo. Enquanto o tubo era resfriado, o ar contido no bulbo se comprimia e a água, forçada pela pressão atmosférica, subia pelo tubo. O instrumento não era capaz de determinar quantitativamente a temperatura, somente sua variação (GODOY; DELL'AGNOLO; MELO, 2020a, p. 218).

Figura 30 – Termoscópio.



Fonte: Godoy; Dell'Agnolo; Melo (2020a).

Apesar de ser essencial que livros didáticos portem conteúdos que possam assessorar os professores em suas aulas, observa-se aqui um caso onde o livro do estudante escasseia historicidade relacionada a um instrumento cuja única menção histórica é dedicada apenas aos

profissionais responsáveis por lecionar as aulas. Dessa maneira, conforme exemplificado pelo quadro 23, apenas os motores dispõem de elementos históricos:

Quadro 23 – Análise do livro 5 da coleção Multiversos.

Instrumentos	Definição	Fotografia	Atividades Práticas	Criação	Uso	Evolução
Polarímetro	x	-	-	-	-	-
Termômetro	x	x	x	-	-	-
Pirômetro	x	x	-	-	-	-
Calorímetro	x	-	-	-	-	-
Motor	x	x	-	x	x	x

Fonte: elaborado pela autora.

O sexto livro da coleção, *Ciência, Tecnologia e Cidadania*, é o volume que melhor clarifica a produção do conhecimento científico. Logo em sua introdução, a obra prontamente esclarece aos seus leitores que:

Muitos dos conhecimentos científicos construídos ao longo da história costumam ser atribuídos a uma única pessoa, que acaba ganhando grande reconhecimento na comunidade científica. É comum, portanto, considerar que a Ciência se desenvolve por meio das descobertas feitas por cientistas isolados em seus laboratórios. Contudo, é importante lembrar que a Ciência se desenvolve graças à colaboração entre diferentes pessoas, como outros pesquisadores, técnicos de laboratório e até mesmo os participantes de uma pesquisa. Todos são importantes para que uma investigação seja possível, e, portanto, também contribuem para as conclusões que podem ser obtidas por meio dela. Outro fato a ser ressaltado é que os cientistas não são como o estereótipo construído ao longo do tempo pela mídia: geralmente homens de idade avançada, com mentes brilhantes, que trabalham sozinhos no interior de laboratórios e são capazes de chegar instantaneamente a soluções para problemas. Pelo contrário, os cientistas podem pertencer a várias faixas etárias e, principalmente, são representados por homens e por mulheres. Eles não necessariamente realizam pesquisas no interior de laboratórios, como muitas das pesquisas realizadas na área das Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, que estudam materiais históricos e podem trabalhar no campo, em museus e em bibliotecas, por exemplo. Além disso, para que sejam capazes de construir suas conclusões a respeito do tema pesquisado, pode ser necessário que sejam conduzidas diversas investigações, algumas delas que podem perdurar anos (GODOY; DELL'AGNOLO; MELO, 2020b, p. 15).

O livro propõe-se a descrever também o trabalho dos cientistas em seus laboratórios. Por esta razão, são ilustradas e descritas as funcionalidades de vidrarias e demais equipamentos de laboratórios, tais como tubo de ensaio, proveta, béquer, erlenmeyer, pipeta, balão de fundo chato, funil de separação, condensador, centrífuga, autoclave e bico de Bunsen. Optou-se por

não considerar aqui tais objetos como instrumentos científicos. Realça-se, entretanto, a presença deste conteúdo na obra didática e a ausência de uma contextualização histórica.

De modo similar à coleção Diálogo, este volume apresenta também uma linha do tempo no que se refere aos avanços e descobertas na área da radioatividade. Ainda que esta ferramenta veicule um maior número de cientistas, diferentemente da coleção analisada anteriormente, a Ampola de Crookes não recebe nenhuma fotografia ou menção explícita. A presente linha do tempo elabora apenas que:

[...] o físico britânico William Crookes (1832-1919), por volta da década de 1870, estudava a condução da eletricidade por gases em um tubo de vidro com vácuo parcial. Ele percebeu que quando os gases no interior do tubo eram atingidos por um feixe de elétrons, havia emissão de luz. Ele chamou esse feixe de elétrons de raios catódicos (GODOY; DELL'AGNOLO; MELO, 2020b, p. 96).

A falta de menção a um instrumento científico relacionado a esta temática repete-se uma vez mais ao longo das páginas do livro, onde é possível observar a imagem de um contador Geiger, mesmo que o nome deste instrumento e de seu inventor sequer sejam mencionados pela obra.

Ainda que identificado o apagamento dos instrumentos científicos em experimentos históricos e até mesmo a ausência de certos eventos da História da Ciência, este volume, por evidenciar a construção do conhecimento científico, realiza demonstrações de uma quantidade mais elevada de experimentações científicas. No que se refere à descoberta da radiação infravermelha, o livro aponta a utilização de um termômetro:

Foi descoberta pelo astrônomo inglês William Herschel (1738-1822), em 1800, ao colocar o bulbo de um termômetro de mercúrio na região de cada uma das cores visíveis do espectro e verificar que a temperatura aumentava pela incidência da luz, notou ainda que o aumento era mais intenso na região do vermelho. Em determinado momento colocou o termômetro fora da área visível e verificou que a temperatura aumentava mais ainda, indicando que havia alguma radiação que provocava grande aquecimento. Como ficava abaixo do vermelho, deu o nome de radiações infravermelhas (abaixo do vermelho) (GODOY; DELL'AGNOLO; MELO, 2020b, p. 138).

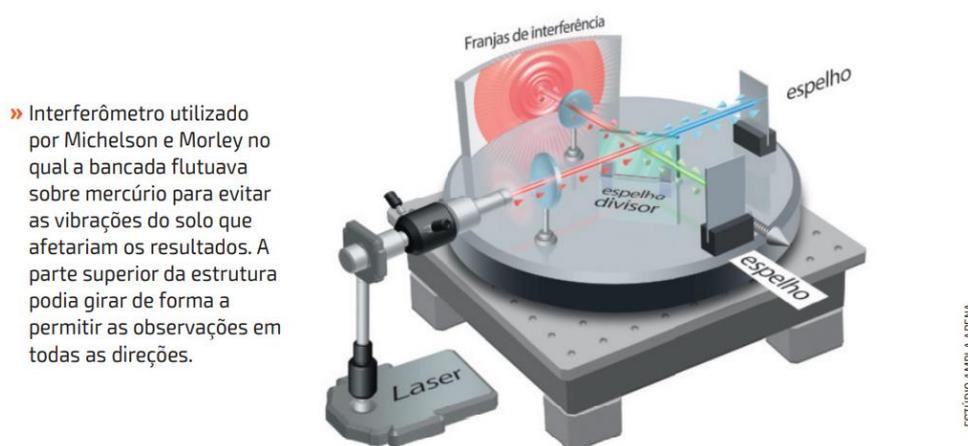
Em contraposição ao carecente relato acima, são dedicadas duas laudas para tratar as diferenciações entre os tipos de microscópios existentes. Apresentam-se as funcionalidades dos microscópios ópticos, de campo claro, de contraste de fase e de fluorescência, além dos eletrônicos de varredura e de transmissão, embora não sejam dispostas nenhuma fotografia de tais instrumentos, apenas de suas micrografias. Ainda a respeito destes instrumentos, o manual para professor acrescenta que:

Ao tratar sobre os microscópios, é possível comentar que há evidências de que o primeiro microscópio tenha sido construído pelo holandês Hans Janssen, no século XVI. Contudo, o primeiro a fazer observações biológicas foi o pesquisador Antonie van Leeuwenhoek (1632 - 1723) também da Holanda. A abordagem histórica da Ciência é relevante para que os estudantes compreendam que o avanço tecnológico contribui para o avanço da Ciência, assim como o avanço da Ciência contribui para o avanço tecnológico, demonstrando a relação entre Ciência e Tecnologia, um dos Temas Contemporâneos Transversais (GODOY; DELL'AGNOLO; MELO, 2020b, p. 207-208).

Faz parte também do conteúdo exposto pelo livro o experimento de Albert Michelson (1852-1931) e Edward Morley (1838-1923) com um interferômetro, onde revela-se que:

Até o século XIX, acreditava-se que toda onda, mecânica ou eletromagnética, deveria se apoiar em um meio material para se propagar. Esse meio era o éter. Visando detectar sua presença, em 1887, os físicos estadunidenses Albert Michelson (1852-1931) e Edward Morley (1838-1923) idealizaram e realizaram um experimento que ficou conhecido como experimento de Michelson-Morley. No experimento, propunham que as medidas de tempo da viagem da luz em dois percursos distintos deveriam ser diferentes. A diferença seria decorrente das direções desse movimento em relação ao éter, semelhante ao que ocorre quando nadamos em um rio a favor ou contra a correnteza [...] O que se esperava era a detecção de uma diferença  $\Delta T = \Delta t_1 - \Delta t_2$  que permitiria identificar o movimento relativo da Terra através do éter. No entanto, após inúmeras tentativas, o experimento foi considerado inconclusivo, pois nenhuma diferença foi notada (GODOY; DELL'AGNOLO; MELO, 2020b, p. 147-148).

Figura 31 – Interferômetro de Michelson e Morley.



Fonte: Godoy; Dell'Agnolo; Melo (2020b).

Uma observação interessante a ressaltar em relação a este volume diz respeito à falta de menção aos relógios. No manual do professor, o material que serve de embasamento para as aulas acerca da Teoria da Relatividade de Einstein informa que:

É possível citar uma aplicação prática sobre a Teoria da Relatividade em um instrumento utilizado com bastante frequência nos dias atuais: o GPS, instrumento capaz de determinar posições com alta precisão. O GPS é um dos sistemas mais

importantes do mundo atual, sendo utilizado em diversos serviços, além de substituir os mapas e outros acessórios de navegação. A localização no GPS é calculada com o tempo de resposta entre os satélites que orbitam a Terra e os aparelhos. Sabe-se que os satélites estão localizados a uma altura de aproximadamente 20 mil quilômetros acima da superfície terrestre, estando sujeitos a uma influência menor da gravidade quando comparados aos aparelhos de localização. Além disso, soma-se a velocidade aproximada de 10.000 km/h dos satélites em órbita, resultando em uma diferença de sete microssegundos em relação à Terra. Essa diferença poderia resultar em uma variação de 10 quilômetros na localização de um GPS terrestre. Devido a isso, os aparelhos contam com cronômetros de alta precisão que conseguem se adaptar ao tempo na Terra (GODOY; DELL'AGNOLO; MELO, 2020b, p. 254-255).

Mesmo que esta explicação esteja contida na seção do livro voltada aos professores, não há qualquer exemplificação da Teoria de Einstein no livro dos estudantes. A descrição deste caso envolvendo o GPS seria uma boa oportunidade para introduzir aos alunos o relógio atômico e a evolução de tal instrumento. Este exemplo permitiria demonstrar como este aparato está presente no nosso dia-a-dia realizando certas funções que passam despercebidas. Além disso, sob o ponto de vista científico, a inserção do trecho acima no livro dos estudantes proporcionaria ainda uma concatenação com diversos outros tópicos científicos, tal como a lei do inverso do quadrado, o que possibilitaria debates enriquecedores e um melhor entendimento das relações científicas, como é o caso da balança de torção de Coulomb, abordada pelo terceiro volume da coleção e cujo experimento também está diretamente conectado à lei do inverso do quadrado, introduzida no quarto volume.

Além disso, no que diz respeito às atividades práticas, o volume sugere a utilização de um cronômetro e de uma balança em uma oficina científica que tem como objetivo estudar oscilações e frequências a partir da construção de dois pêndulos de comprimentos diferentes. Desse modo, apesar desta obra fazer referência a diversos instrumentos científicos, observa-se no quadro abaixo que apenas o interferômetro e o termômetro foram citados como instrumentos participantes e essenciais a algum experimento histórico:

Quadro 24 – Análise do livro 6 da coleção Multiversos.

Instrumentos	Definição	Fotografia	Atividades Práticas	Criação	Uso	Evolução
Termômetro	-	-	-	-	x	-
Microscópio	x	x	-	-	-	-
Interferômetro	x	x	-	x	x	-
Telescópio	-	-	-	-	-	-
Cronômetro	-	-	x	-	-	-
Balança	-	-	x	-	-	-

Fonte: elaborado pela autora.

Desse modo, constata-se até o momento que, apesar das coleções destacarem a História da Ciência como uma abordagem metodológica, esta não é empregada de maneira a correlacionar os ensinamentos científicos dispostos nos livros e facilitar a compreensão dos estudantes, especialmente no que se refere ao uso dos instrumentos científicos históricos como uma ferramenta para atingir esta finalidade. Representa-se este fato no quadro abaixo, que sumariza os instrumentos científicos retratados pela coleção Multiversos.

Quadro 25 – Análise da coleção Multiversos.

Instrumentos	Definição	Fotografia	Atividades Práticas	Criação	Uso	Evolução
Amperímetro	x	x	-	-	x	-
Astrolábio	-	-	-	-	x	-
Balança	-	-	x	-	-	-
Balança de torção de Coulomb	x	x	-	x	x	-
Balança de Kibble	x	x	-	-	-	-
Bússola	x	x	x	x	x	-
Calorímetro	x	-	-	-	-	-
Compasso de proporção	x	x	-	x	-	-
Cronômetro	-	-	x	-	-	-
Dínamo	x	-	-	-	-	-
Eletroscópio	x	-	x	-	-	-

Instrumentos	Definição	Fotografia	Atividades Práticas	Criação	Uso	Evolução
Gerador de Van de Graaff	x	x	-	-	-	-
Interferômetro	x	x	-	x	x	-
Microscópio	x	x	x	-	-	-
Motor	x	x	x	x	x	x
MOXIE	x	-	-	-	-	-
Peagâmetro	x	x	-	-	-	-
Pirômetro	x	x	-	-	-	-
Polarímetro	x	-	-	-	-	-
Relógio	-	-	x	-	-	-
Satélite	x	x	-	x	-	-
Telescópio	x	x	-	x	x	x
Termômetro	x	x	x	-	x	-
Voltímetro	x	-	x	-	-	-

Fonte: elaborado pela autora.

### 6.3 COLEÇÃO SER PROTAGONISTA

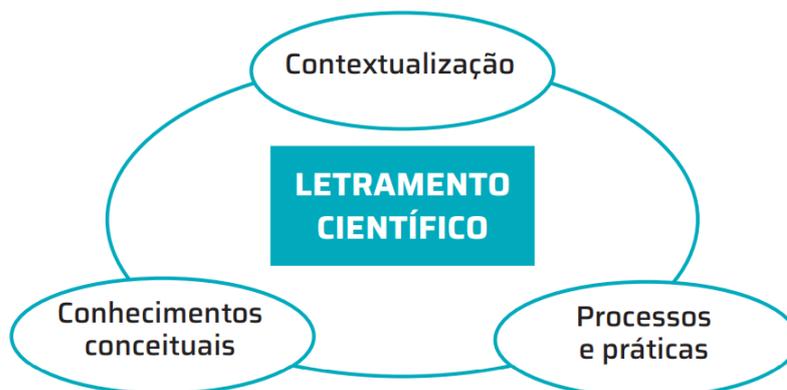
A coleção Ser Protagonista, publicada pela editora SM Educação, é o resultado do trabalho conjunto entre os editores André Zamboni<sup>12</sup> e Lia Monguilhott Bezerra<sup>13</sup> e diversos autores. Uma de suas propostas é a disposição, em cada capítulo, de seções intituladas *Ciência tem História*. Este espaço “Discute a história da ciência, o contexto histórico, personagens, conflitos, construção de conceitos, métodos, mudanças de paradigmas, etc. Evidencia o caráter social e histórico da ciência como empreendimento humano.” (FUKUI et al., 2020a, p. 176).

<sup>12</sup> “Possui licenciatura em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Especialista em Jornalismo Científico pela Unicamp. Atualmente é editor executivo na SM Educação. Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Educação.” (Informação extraída do Currículo Lattes) (ZAMBONI, 2021).

<sup>13</sup> “Possui graduação em Biociências pela Universidade de São Paulo (2003) e mestrado em Ciências Biológicas (Botânica) pela Universidade de São Paulo (2006). Atua na área de produção de conteúdos didáticos para a Educação Básica.” (Informação extraída do Currículo Lattes) (BEZERRA, 2021).

Assim como nas demais coleções, estes livros, observados no quadro 26, destacam a importância do letramento científico e ilustram o enfoque proposto pela BNCC a partir da seguinte figura:

Figura 32 – Letramento científico.



Fonte: Fukui et al. (2020a).

Quadro 26 – Volumes presentes na coleção Ser Protagonista.

Volumes	Coleção
1. Composição e estrutura dos corpos	SER PROTAGONISTA
2. Matéria e transformações	
3. Energia e transformações	
4. Evolução, tempo e espaço	
5. Ambiente e ser humano	
6. Vida, saúde e genética	

Fonte: SM Educação ([202-]).

O primeiro volume desta coleção faz menção às balanças uma plethora de vezes ao longo do texto. Ilustrado a partir de diversas imagens, este instrumento é caracterizado pela sua capacidade de medir a massa dos corpos. Nesse contexto, o livro divulga um trecho do artigo *A batalha científica para que um quilo seja sempre um quilo*, publicado pelo jornal El País, no qual discursa-se a respeito da mudança na definição do quilograma (kg) no Sistema Internacional de Unidades (SI). Entretanto, diferente da coleção Multiversos, não há qualquer referência à Balança de Kibble no material, ainda que a íntegra do artigo a mencione.

Além disso, um instrumento de medição exposto pelo livro por meio de fotografias, atividades práticas e conteúdo textual é o termômetro, descrito como um aparelho que

[...] relaciona a temperatura com a altura da coluna de um líquido no interior de um tubo fino de vidro. Um aumento de temperatura faz o líquido se dilatar e a coluna desse líquido aumentar dentro do tubo de vidro. Um líquido muito utilizado nos termômetros é o álcool, pois sua dilatação térmica é grande e uniforme. A graduação na parte externa do tubo é chamada de escala termométrica [...] Os termômetros digitais apresentam algumas vantagens em relação aos termômetros analógicos, como rápida resposta a variações de temperatura, praticidade e baixo custo. Alguns são munidos de sensor infravermelho e medem a temperatura a partir do calor que emana de uma superfície, sem a necessidade de contato físico e, por isso, adquiriram visibilidade na entrada de estabelecimentos comerciais, aeroportos e escolas durante a pandemia de covid-19 (FUKUI et al., 2020a, p. 18).

Apesar de ser possível localizar algumas fotografias de termômetros ao longo da obra, nota-se a ausência de imagens de modelos históricos deste instrumento. Todavia, no que diz respeito à historicidade do termômetro, o material discorre brevemente a respeito do sueco Anders Celsius:

Anders Celsius (1701-1744), astrônomo, físico e geofísico sueco, foi o primeiro cientista a associar a aurora boreal ao campo magnético da Terra. Ele também fez observações sobre eclipses e publicou um catálogo com um total de trezentas estrelas com os respectivos cálculos de magnitude. Entretanto, Celsius se tornou conhecido principalmente pela escala termométrica que hoje leva seu nome. Ele propôs utilizar uma escala de temperatura centígrada em termômetros de mercúrio, na qual a temperatura de ebulição da água (à pressão atmosférica ao nível do mar) é zero e a temperatura de solidificação da água é 100 graus. O também sueco Carl Linnaeus (1707-1778), médico e botânico, sugeriu a inversão da escala centígrada (zero grau Celsius para a temperatura de solidificação e 100 graus Celsius para a de ebulição) e é dessa forma que essa escala é utilizada até hoje. Celsius possibilitou a popularização do termômetro de mercúrio. Esse metal não adere ao vidro, sua aparência permite uma leitura fácil e sua expansão térmica é uniforme, podendo ser utilizado para medir amplas faixas de temperatura. Hoje, esse tipo de termômetro teve a fabricação e a comercialização proibidas pelo fato de o mercúrio ser um metal altamente tóxico (FUKUI et al., 2020a, p. 24).

O livro também faz referência ao espectrômetro de massas como um instrumento que, devido à sua capacidade de determinar a massa de um átomo, possibilitou descobertas de isótopos de elementos não radioativos. Além disso, algumas páginas à frente, o material complementa que

Cromatógrafos, espectrômetros de massa e espectrofotômetros são instrumentos utilizados pelos cientistas e por grandes indústrias para identificar materiais e realizar testes de controle de qualidade de produtos. Esses aparelhos são acoplados a computadores que identificam os sinais produzidos e os comparam com sinais em banco de dados. Os resultados obtidos são interpretados por especialistas em análises químicas (FUKUI et al., 2020a, p. 114).

Figura 33 – Cromatógrafo.



O cromatógrafo, como o da imagem, é um aparelho que realiza separação e/ou purificação de substâncias. Foto de 2020.

Fonte: Fukui et al. (2020a).

Já no capítulo que trabalha as células do corpo, veicula-se o papel do microscópio nas descobertas relacionadas à citologia. Seguindo essa perspectiva, a seção *Ciência tem História* deste capítulo discursa a respeito das contribuições de Robert Hooke para a microscopia e para a Ciência. Este material expõe fotografias e trechos textuais retirados da obra *Micrographia*, publicada por Hooke em 1665. São mencionadas ainda demais figuras históricas como Nehemiah Grew (1641-1712), Marcello Malpighi (1628-1694) e Antonie van Leeuwenhoek (1632--1723). Dentre o conteúdo presente nesta seção, ressalta-se aqui a passagem onde o livro evidencia um caso de anacronismo:

Embora Hooke tenha observado essa mesma estrutura em outras plantas, ele não generalizou sua presença para todos os vegetais, muito menos a estendeu para os animais. Por essas razões, não se pode atribuir a Robert Hooke a descoberta da célula ou a fundação do estudo das células, a citologia. Isso seria um equívoco que os historiadores das ciências denominam anacronismo, isto é, um juízo sobre o passado com base nos conhecimentos atuais (FUKUI et al., 2020a, p. 131).

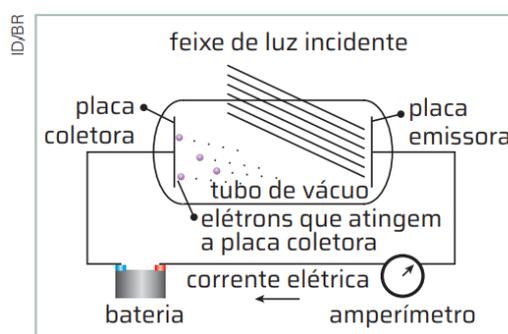
Enfatiza-se ainda que esta relação do microscópio para com as descobertas na área da citologia foi introduzida aos estudantes a partir do seguinte trecho disposto no livro:

O desenvolvimento da citologia – o estudo das células – foi possível graças à construção, no final do século XVI, de um dos primeiros instrumentos ópticos para ampliação de objetos. Esse instrumento, fabricado pela família Janssen na Holanda, levou à criação e ao aperfeiçoamento do microscópio, ferramenta que permitiu um dos mais importantes avanços na Biologia: a observação da célula. O desenvolvimento do microscópio eletrônico no século XX possibilitou, graças a seu enorme poder de aumento das imagens, descobrir, no interior das células, a existência

de uma grande variedade de estruturas, especializadas nas mais diversas funções (FUKUI et al., 2020a, p. 128).

Além disso, ao elucidar os estudantes a respeito do efeito fotoelétrico, a obra apresenta também o desenho de um amperímetro como peça integrante da representação do efeito fotoelétrico, conforme observado na figura abaixo. Contudo, não há demais menções ao instrumento no decorrer do texto.

Figura 34 – Efeito fotoelétrico.



Representação do efeito fotoelétrico decorrente da ação do campo elétrico sobre os elétrons emitidos, estabelecendo uma corrente elétrica mensurável. Cores-fantasia.

Fonte: Fukui et al. (2020a).

Em relação às atividades práticas, além de compartilhar instruções para a criação de um microscópio a partir da câmera de um celular, o material indica também o uso do termômetro para diferenciação de líquidos similares a partir do aquecimento das amostras. Sendo assim, não foram localizadas fotografias de instrumentos científicos históricos neste volume, apenas breves menções à historicidade do termômetro e microscópio, conforme evidenciado no quadro 27.

Quadro 27 – Análise do livro 1 da coleção Ser Protagonista.

Instrumentos	Definição	Fotografia	Atividades Práticas	Criação	Uso	Evolução
Balança	x	x	x	-	-	-
Termômetro	x	x	x	x	-	-
Espectrômetro de massas	x	-	-	-	-	-
Cromatógrafo	x	x	-	-	-	-
Espectrofotômetro	x	-	-	-	-	-
Microscópio	x	-	x	x	x	-
Telescópio	-	-	-	-	-	-
Amperímetro	-	x	-	-	-	-

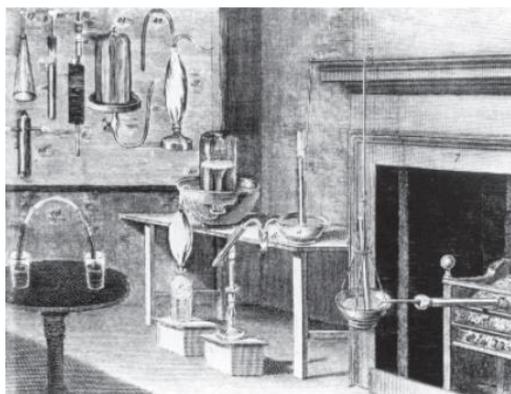
Fonte: elaborado pela autora.

Em continuidade, ao longo do segundo livro, uma das seções dedicadas ao *Ciência tem História* discursa a respeito dos estudos do geoquímico Charles David Keeling (1928-2005) acerca da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera durante o século XX. Neste trecho, são mencionados um manômetro de mercúrio, assim como a utilização da espectroscopia de massas:

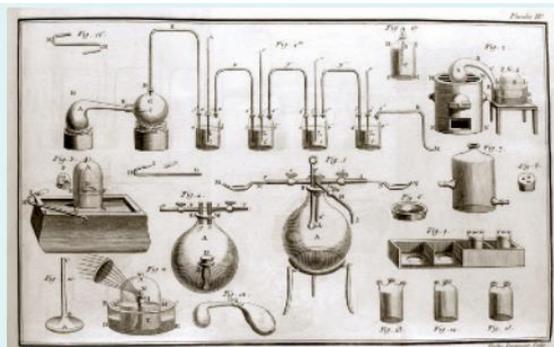
Charles David Keeling (1928-2005) foi um geoquímico estadunidense dedicado ao estudo da concentração de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) na atmosfera terrestre. Ainda quando estudante de pós-graduação no Instituto de Tecnologia da Califórnia (Caltech), Keeling foi motivado a estudar a interação do CO<sub>2</sub> atmosférico e o carbonato de cálcio presente na água. Entretanto, durante seus estudos, Keeling notou que as concentrações de CO<sub>2</sub> indicadas por outros pesquisadores variavam e impossibilitavam que ele adotasse um padrão para suas pesquisas. Assim, ele se viu obrigado a determinar essas concentrações por ele mesmo, e, para isso, utilizou um instrumento para medição da pressão parcial de CO<sub>2</sub> – um manômetro de mercúrio com precisão de 0,1% – e análise por espectroscopia de massas (NERY; LIEGEL; AOKI, 2020a, p. 40).

Seguindo a temática de gases atmosféricos, localiza-se breves relatos de experimentos relacionados à descoberta do oxigênio, tais como os realizados por Antoine Lavoisier (1743-1794), Joseph Priestley (1733-1804) e o Carl Wilhelm Scheele (1742-1786). Junto deste conteúdo, encontram-se ilustrações dos equipamentos e da sala de experimentos de Priestley, ainda que não haja nenhuma descrição explícita dos aparatos.

Figura 35 – Equipamentos e sala de experimentos de Joseph Priestley.



A gravura representa a sala de experimentos da casa de Priestley, onde ele realizou seus estudos sobre os diferentes tipos de "ar".



Equipamentos utilizados por Joseph Priestley para estudar o comportamento dos "ares". Gravura presente na obra *Nomenclature Chimique: Ou Synonymie Ancienne Et Moderne, Pour Servir A L'Intelligence Des Auteurs* (1789).

Fonte: Nery; Liegel; Aoki (2020).

Outro instrumento introduzido por este volume é o peagâmetro, definido como um aparelho que possibilita a medição do pH. O material também esclarece que "A leitura se dá em função da condutividade elétrica da solução. O aparelho é calibrado para converter os valores medidos em milivolts para a escala usual de pH de 0 a 14." (NERY; LIEGEL; AOKI, 2020, p. 144). Também são sugeridas atividades práticas tais como o cálculo da porcentagem da massa de ferro presente na palha de aço, sob o auxílio de uma balança analítica; e o uso de um peagâmetro para investigar o pH das soluções.

Quadro 28 – Análise do livro 2 da coleção Ser Protagonista.

Instrumentos	Definição	Fotografia	Atividades Práticas	Criação	Uso	Evolução
Manômetro	x	-	-	-	x	-
Espectrômetro de massas	-	-	-	-	-	-
Peagâmetro	x	-	x	-	-	-
Microscópio	-	-	-	-	-	-
Balança	-	-	x	-	-	-

Fonte: elaborado pela autora.

O terceiro livro da coleção, *Energia e transformações*, caracteriza o dínamo pela sua capacidade de transformar a energia mecânica em energia elétrica. Há também a menção a um voltímetro durante a explicação da equação do gerador, embora o livro não esclareça detalhes

a respeito deste instrumento. De modo similar, ao demonstrar a indução eletromagnética, faz-se menção ao amperímetro, mesmo que o material não fundamente para que serve este instrumento e como este foi criado.

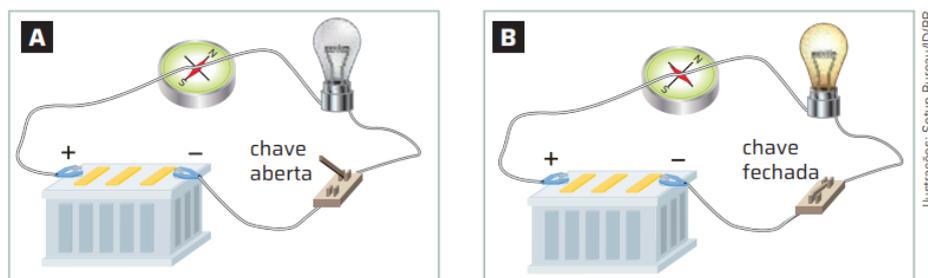
A obra comenta ainda a respeito do funcionamento das bússolas e revela sua conexão com o campo magnético da Terra. De modo introdutório a esta explicação, apresenta-se também a importância deste instrumento para o avanço das navegações:

A humanidade utiliza as bússolas há séculos. Para se ter ideia, a bússola mais antiga de que se tem conhecimento é datada do século I d.C. A partir do século XII, os chineses passaram a utilizá-la como instrumento de auxílio à navegação e, com isso, tornou-se possível também elaborar cartas marítimas. Então, podemos dizer que o desenvolvimento e o aperfeiçoamento da bússola permitiram o avanço das navegações. De fato, com o auxílio desse instrumento, as navegações, que eram apenas costeiras, puderam ser realizadas em alto-mar em qualquer época do ano, em qualquer condição climática, como em noites nubladas, em que não é possível observar as estrelas nem se orientar por elas, e a distâncias mais longas. Esses conhecimentos acumulados possibilitaram que terras, até então desconhecidas, fossem desbravadas com a chegada de Vasco da Gama às Índias, de Cristóvão Colombo à América e de Pedro Álvares Cabral ao Brasil (FUKUI; MOLINA; OLIVEIRA, 2020, p. 92)

Assim como na coleção Multiversos, nota-se também uma explicação acerca do experimento histórico realizado pelo dinamarquês Hans Christian Ørsted, além de breves menções, mais adiante, aos experimentos performados por figuras como André-Marie Ampère (1775-1836), Michael Faraday (1791-1867), Joseph Henry (1797-1878 e James Clerk Maxwell (1831-1879).

Durante muito tempo, os fenômenos elétricos e magnéticos foram estudados separadamente, pois não havia nenhuma evidência de relação entre eles. Isso começou a mudar no século XIX, com o trabalho do físico dinamarquês Hans Christian Oersted (1777-1851), que, em seu livro *Pesquisa sobre a identidade de forças elétricas e químicas* (publicado em 1812), analisou a possibilidade de fenômenos elétricos serem influenciados por fenômenos magnéticos. Em um famoso experimento (imagens A e B), Oersted mostrou que a direção da agulha de uma bússola é desviada quando dela se aproxima um fio em que há corrente elétrica. Esse experimento é considerado o início da abordagem conjunta entre eletricidade e magnetismo e, por isso, diz-se que foi o marco inicial do eletromagnetismo. Ao mover o fio com corrente elétrica ao redor da bússola, Oersted constatou que a agulha tendia a se posicionar perpendicularmente à direção em que o fio estava. A força que movia a agulha era diferente das forças retilíneas propostas por Newton. Para explicar esse e outros fenômenos, foi criado um novo modelo teórico, cujo fundamento principal era o fato de que cargas elétricas em movimento produzem campo magnético (FUKUI; MOLINA; OLIVEIRA, 2020, p. 94).

Figura 36 – Experimento de Ørsted.



Representações da experiência de Oersted. Em **A**, não há corrente passando pelo fio, e a agulha da bússola está alinhada com a direção do campo magnético terrestre. Em **B**, a passagem de corrente elétrica altera a direção da agulha, que está alinhada quase perpendicularmente com o fio. Se não houvesse a ação do campo magnético da Terra, a agulha ficaria exatamente perpendicular ao fio. Quando o sentido da corrente é invertido, a agulha da bússola inverte sua orientação, permanecendo praticamente perpendicular ao fio. Cores-fantasia.

Fonte: Fukui; Molina; Oliveira (2020).

Este livro também se responsabiliza por elucidar os alunos quanto ao surgimento do termoscópio e do termômetro, bem como das escalas de temperatura Celsius, Kelvin e Fahrenheit. Acompanhado de uma ilustração, o material descreve o funcionamento do termoscópio e menciona sua evolução para o aparelho que conhecemos como termômetro:

Atribui-se ao físico, matemático e astrônomo italiano Galileu Galilei (1564- -1642) a construção, no século XVI, do primeiro termoscópio, instrumento que possibilitava comparar temperaturas. O fundamento desse equipamento está na observação da expansão das substâncias quando aquecidas e na conseqüente variação na altura da coluna do líquido, que é colocado no termoscópio. No termoscópio de Galileu, em geral usava-se água, e ele não tinha escala graduada, portanto, não fornecia valores quantitativos. Nos anos seguintes, o princípio do termoscópio evoluiu para aparelhos com escalas graduadas, até o surgimento do instrumento conhecido como termômetro, e desenvolveram-se modelos com bulbo de mercúrio ou de álcool, mais comuns atualmente. Com o tempo, várias escalas de medida de temperatura foram criadas – cada uma adotando diferentes valores de comparação – e diversas alterações foram feitas no instrumento, como o fechamento da outra extremidade do bulbo, para evitar a evaporação do conteúdo, e a substituição do líquido, para encontrar aquele que indicasse com mais precisão as variações de temperatura. O líquido que se mostrou mais adequado para preencher o bulbo do termômetro foi o mercúrio, substância bastante sensível às variações térmicas, pois pequenas elevações ou quedas de temperatura causam aumento ou redução de volume dessa substância perceptíveis a olho nu, além de o volume do mercúrio variar linearmente com a temperatura. No entanto, atualmente seu uso é restrito ou proibido devido a suas propriedades tóxicas (FUKUI; MOLINA; OLIVEIRA, 2020, p. 122).

Localiza-se também no material a fundamentação por trás do funcionamento dos calorímetros. Todavia, ainda que uma fotografia deste instrumento esteja disposta no livro, não é possível encontrar referências à sua historicidade.

Figura 37 – Calorímetro.

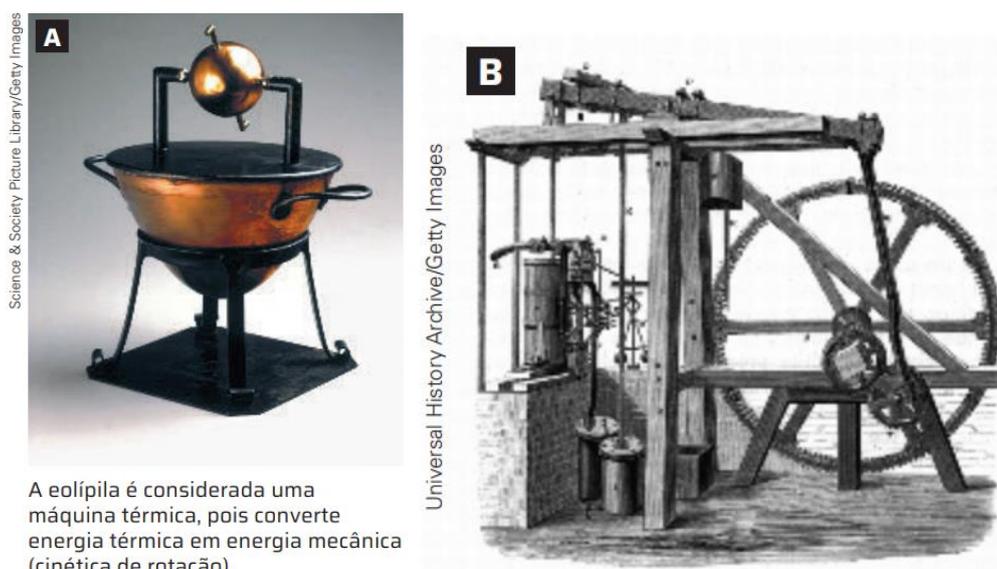


Fonte: Fukui; Molina; Oliveira (2020).

Em contraste a isto, as máquinas térmicas seguem o mesmo padrão de conteúdo das coleções anteriores, isto é, nota-se no livro uma introdução histórica aos motores. São apresentadas ilustrações das máquinas de Heron de Alexandria e de James Watt (Figura 38), além da passagem textual que informa que:

[...] as máquinas térmicas são dispositivos capazes de converter energia térmica em energia de movimento. Historicamente, as máquinas térmicas passaram por muitas mudanças até chegar a suas configurações atuais. A primeira máquina térmica de que se tem notícia é a eolípila, projetada pelo matemático grego Heron de Alexandria (10 d.C.-70 d.C.), no século I d.C. Ela é constituída de uma esfera oca que recebe vapor de água por meio de um cano. O vapor é expelido por duas saídas laterais, provocando a rotação da esfera e a conversão de energia térmica em energia cinética de rotação (imagem A). Ao se analisar o processo de conversão de energia, a panela de pressão pode ser considerada uma representante atual da eolípila. De fato, quando a panela é aquecida, o vapor que escapa pela válvula ocasiona seu movimento de rotação. No século XVIII, o matemático e engenheiro britânico James Watt (1736- -1819) aperfeiçoou a máquina a vapor, projetando um aparelho com maior eficiência, ou seja, que demandava menos energia térmica para obter os mesmos resultados (imagens B e C). Esse avanço foi um dos responsáveis pela reestruturação social e econômica ocorrida no período conhecido como Revolução Industrial (FUKUI; MOLINA; OLIVEIRA, 2020, p. 148).

Figura 38 – Máquinas térmicas.



A eolípila é considerada uma máquina térmica, pois converte energia térmica em energia mecânica (cinética de rotação).

Fonte: Fukui; Molina; Oliveira (2020).

A título de curiosidade, é interessante apontar também a disposição de um pequeno quadro, na página do livro acerca da segunda lei da termodinâmica, que apresenta o conceito de moto-perpétuo. Neste momento, repara-se no modo como a coleção Multiversos apresentou uma visualização deste aparelho idealizado por Leonardo da Vinci sem correlacioná-lo com o conteúdo científico abordado pelo livro. Em contraposição, a presente coleção não fez quaisquer referências à idealização do instrumento e nem dispôs de fotografias, embora tenha elaborado uma relação direta entre este dispositivo e o conteúdo científico apresentado aos alunos. Nesse sentido, nota-se como os conteúdos de ambas as coleções se complementam:

O moto-perpétuo ou moto-contínuo seria o movimento de uma máquina que, uma vez posta em movimento, funcionaria indefinidamente. É possível imaginar dois tipos de moto-perpétuo: A máquina geraria a própria energia (violando a primeira lei da termodinâmica), usando a energia criada por seu movimento para realimentá-lo. A máquina converteria em trabalho todo o calor recebido, violando a segunda lei da termodinâmica (FUKUI; MOLINA; OLIVEIRA, 2020, p. 144).

A obra ainda dedica duas laudas para demonstrar a evolução dos dispositivos de armazenamento, englobando desde a elaboração do primeiro disco rígido em 1956 até os atuais dispositivos SSD. Apesar do ponto de vista de Taub (2018) ter sido explorado por este trabalho, neste contexto tais dispositivos não são considerados instrumentos científicos. Contudo, julgou-se interessante o modo como o volume apresentou a evolução de tal tecnologia aos alunos, metodologia que também pode vir a ser explorada com os instrumentos científicos históricos.

Outros instrumentos rapidamente discutidos pelo volume são o heliostato, que recebe apenas uma menção; e o galvanômetro, caracterizado como um medidor de corrente elétrica.

Quanto às atividades práticas, o volume sugere o manuseio de um multímetro para verificar as características dos circuitos; a construção de um minigerador eólico a partir da utilização de um motor elétrico; e o emprego do termômetro e do cronômetro para que os estudantes possam determinar a curva de fusão do gelo.

Quadro 29 – Análise do livro 3 da coleção Ser Protagonista.

Instrumentos	Definição	Fotografia	Atividades Práticas	Criação	Uso	Evolução
Dínamo	x	x	-	-	-	-
Voltímetro	-	-	-	-	-	-
Amperímetro	-	x	-	-	-	-
Bússola	x	x	-	x	x	-
Termoscópio	x	x	-	x	-	x
Termômetro	x	-	x	x	-	x
Calorímetro	x	x	-	-	-	-
Motor	x	x	x	x	-	x
Heliostato	-	-	-	-	-	-
Galvanômetro	x	-	-	-	-	-
Multímetro	-	-	x	-	-	-
Cronômetro	-	-	x	-	-	-

Fonte: elaborado pela autora.

Já o quarto volume da coleção, *Evolução, tempo e espaço*, trabalha especialmente na fundamentação de instrumentos como telescópios e satélites artificiais. Além de apresentar fotografias, o texto menciona a importância dos satélites para a meteorologia, agricultura, telecomunicações, funcionamento do GPS, busca por informações sobre exoplanetas e demais temáticas. Respalda-se também a movimentação de tais instrumentos na órbita da Terra e o modo como os satélites COBE (Satélite Explorador do Fundo Cósmico) e WMAP (Sonda Wilkinson da Anisotropia de Micro-ondas) possibilitaram a medição da intensidade da radiação cósmica de fundo nos anos de 1989 e 2001.

O volume introduz aos estudantes o projeto Telescópio Horizonte de Eventos, que por meio da interferometria, permitiu que um grupo de telescópios espalhados pelo mundo fotografasse um buraco negro. Além disso, o material faz referência também às observações celestes de Galileu, propiciadas por uma versão histórica deste instrumento. Já a seção *Ciência*

*tem História* dispõe de uma fotografia do telescópio de Isaac Newton, a respeito do qual é dito que:

Entre suas brilhantes criações, inventou um novo tipo de telescópio, eficiente e barato, que se tornou popular em todo o mundo e até hoje é conhecido como refletor de Newton. Esse invento chamou a atenção de uma das mais influentes sociedades científicas do século XVII, a Royal Society de Londres, não vinculada a tradições religiosas e a superstições de qualquer tipo. Na posição independente da Royal Society, figuram três personagens principais: Edmond Halley (1656-1742), Christopher Wren (1632-1723) e Robert Hooke (1635-1703) (FUKUI et al., 2020b, p. 42).

Figura 39 – Telescópio newtoniano.



O telescópio newtoniano foi uma invenção que se tornou popular em todo o mundo e é conhecido até hoje como refletor de Newton. A foto de 2009 mostra um telescópio feito por Newton exposto ao lado de sua estátua, na sede da Royal Society de Londres, na Inglaterra.

Fonte: Fukui et al. (2020b).

Ilustra-se também o telescópio refletor do Observatório Monte Wilson, na Califórnia. O material informa que este instrumento, utilizado por Edwin Hubble (1889-1953) no ano de 1929, permitiu que o referido astrônomo calculasse a distância entre a Terra e diversas outras galáxias. Ademais, um segundo evento astronômico mencionado pelo livro é o eclipse em Sobral, no Ceará, em 29 de maio de 1919. Localizado na seção *Ciência tem História*, essa passagem é composta por alguns trechos retirados da reportagem *Há 100 anos, eclipse em Sobral pôs Einstein e Teoria da Relatividade na história*, publicada pelo jornal O Estado de S. Paulo em 2019. Embora a disposição deste evento histórico no texto seja de suma importância, realça-se aqui a falta de menção ao apoio que o Observatório Nacional e seu então diretor, Henrique Morize, ofereceram aos astrônomos estrangeiros nessa expedição que comprovou o pressuposto científico de Einstein (BOZI; PESSOA, 2019). Além disso, os instrumentos científicos e as placas fotográficas utilizadas neste dia encontram-se salvaguardadas pelo Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST, [20--b]), que disponibiliza também a visualização digital de tais fotografias. À vista disso, identifica-se aqui um exemplo complementar de como os livros didáticos podem usufruir dos instrumentos científicos e de

instituições brasileiras como o MAST e o Observatório Nacional para facilitar o entendimento dos alunos e enriquecer o ensino das Ciências.

Além disso, este quarto volume evidenciou também o modo como o desenvolvimento dos microscópios possibilitou a descoberta de microrganismos antes desconhecidos, fato que ocasionou múltiplas controvérsias científicas. Neste contexto, o material apresenta aos alunos alguns experimentos históricos, onde torna-se possível encontrar menções à utilização de microscópios por parte de figuras como Felix Archimède Pouchet (1800-1876), Thomas Huxley (1825-1895), Louis Pasteur (1822-1895) e Sidney Fox (1912-1998).

Outro instrumento descrito brevemente pelo material é o sismógrafo, caracterizado como um aparelho que permite “[...] detectar terremotos e estudá-los –, são utilizados pelos cientistas para analisar, mesmo que indiretamente, o interior da Terra.” (FUKUI et al., 2020b, p. 99). A obra propõe ainda que os estudantes utilizem um cronômetro ou relógio para investigar o movimento circular uniforme.

Figura 40 – Sismógrafo.



Fonte: Fukui et al. (2020b).

Quadro 30 – Análise do livro 4 da coleção Ser Protagonista.

Instrumentos	Definição	Fotografia	Atividades Práticas	Criação	Uso	Evolução
Satélite	x	x	-	-	x	-
Telescópio	x	x	-	x	x	-
Microscópio	-	-	-	-	x	-
Sismógrafo	x	x	-	-	-	-
Cronômetro	-	-	x	-	-	-
Relógio	-	-	x	-	-	-

Fonte: elaborado pela autora.

O quinto livro da coleção, *Ambiente e ser humano*, faz referência ao satélite como fundamental para o sensoriamento remoto e a conservação ambiental. Dentro deste contexto, o material exhibe fotografias capturadas por satélites e instrui que os estudantes interpretem os dados disponibilizados por tais imagens. Além desta atividade, recomenda-se também a utilização de um cronômetro para calcular o tempo de evaporação do álcool em uma oficina de produção de álcool em gel.

Quadro 31 – Análise do livro 5 da coleção Ser Protagonista.

Instrumentos	Definição	Fotografia	Atividades Práticas	Criação	Uso	Evolução
Satélite	x	-	x	-	-	-
Cronômetro	-	-	x	-	-	-

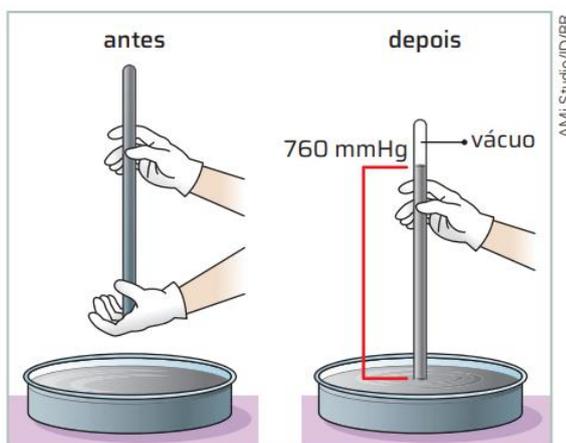
Fonte: elaborado pela autora.

Por fim, o sexto volume desta coleção, *Vida, saúde e genética*, exemplifica o apagamento histórico localizado ao longo desta análise de dados. Ao ensinar os alunos a respeito da pressão atmosférica, a obra didática menciona, em um único parágrafo, o experimento realizado por Evangelista Torricelli (1608-1647) no século XVII. Neste momento, além da carência de explicações e contextualizações históricas acerca do experimento, não se faz menção ao instrumento científico conhecido como barômetro:

O físico italiano Evangelista Torricelli (1608-1647) foi o primeiro a medir a pressão atmosférica. Em 1643, ele preencheu um tubo com mercúrio e o inverteu sobre um recipiente que também continha mercúrio. Torricelli observou que o mercúrio não escoava completamente e que ficava um espaço vazio na parte superior da coluna

(vácuo). O mercúrio descia até uma altura de 760 mm, ao nível do mar. Essa altura   proporcional   pressão exercida pelo ar. Assim, a pressão de 1 atmosfera equivale a 760 mmHg ou 760 torr (FUKUI et al., 2020c, p. 39).

Figura 41 – Representa o do experimento de Torricelli.



Representa o, em cores-fantasia, do experimento de Torricelli.

Fonte: Fukui et al. (2020c).

Repara-se então em um apagamento duplo no que se refere   dimensão histórica das Ciências da Natureza e suas tecnologias. Observou-se ao longo das leituras que, apesar dos experimentos potencializarem a inser o e o estudo da História da Ciência no conteúdo científico programado aos alunos, há uma tendência em repassar estes eventos de forma superficial. Acima disso, constatou-se ainda uma omissão dos instrumentos científicos históricos em certos experimentos e do papel que estes exerciam.

Deste modo, a falta de uma men o ao bar metro impossibilita a interpreta o de que este instrumento foi abordado pelo livro. Em vista disso, visualiza-se no quadro abaixo outro instrumento que, de fato, recebeu uma breve cita o, embora não tenha sido explorado pelo material.

Quadro 32 – Análise do livro 6 da cole o Ser Protagonista.

Instrumentos	Defini�o	Fotografia	Atividades Pr�ticas	Cria�o	Uso	Evolu�o
Term�metro	-	-	-	-	-	-

Fonte: elaborado pela autora.

Sintetiza-se ainda, no quadro 33, os instrumentos científicos abarcados pela cole o Ser Protagonista. Verifica-se a mesma predisposi o das cole es analisadas anteriormente em

debater mais detalhadamente instrumentos como o telescópio, microscópio, bússola, motor e termômetro, dos quais certos elementos históricos foram averiguados.

Quadro 33 – Análise da coleção Ser Protagonista.

Instrumentos	Definição	Fotografia	Atividades Práticas	Criação	Uso	Evolução
Amperímetro	-	x	-	-	-	-
Balança	x	x	x	-	-	-
Bússola	x	x	-	x	x	-
Calorímetro	x	x	-	-	-	-
Cromatógrafo	x	x	-	-	-	-
Cronômetro	-	-	x	-	-	-
Espectrofotômetro	x	-	-	-	-	-
Espectrômetro de massas	x	-	-	-	-	-
Galvanômetro	x	-	-	-	-	-
Heliostato	-	-	-	-	-	-
Manômetro	x	-	-	-	x	-
Microscópio	x	-	x	x	x	-
Motor	x	x	x	x	-	x
Multímetro	-	-	x	-	-	-
Peagâmetro	x	-	x	-	-	-
Relógio	-	-	x	-	-	-
Satélite	x	x	x	-	x	-
Sismógrafo	x	x	-	-	-	-
Telescópio	x	x	-	x	x	-
Termômetro	x	x	x	x	-	x
Termoscópio	x	x	-	x	-	x
Voltímetro	-	-	-	-	-	-

Fonte: elaborado pela autora.

Com base nestas interpretações, tornou-se possível a elaboração de um novo quadro, que representa a totalidade dos instrumentos científicos históricos abarcados nas três coleções didáticas analisadas nesta dissertação. Observa-se que dentre os 17 instrumentos listados, somente a bússola, o motor, satélite, microscópio e telescópio tiveram algum de seus aspectos

históricos apresentados por todas as três coleções. Já a grande maioria dos instrumentos, tal como o amperímetro, ampola de Crookes, astrolábio, balança, balança de torção de Cavendish, compasso de proporção, contador Geiger, interferômetro, manômetro e termoscópio, teve sua historicidade explorada por somente uma das três coleções.

Quadro 34 – Instrumentos científicos históricos presentes nas coleções didáticas.

Instrumentos	Diálogo			Multiversos			Ser Protagonista		
	Criação	Uso	Evolução	Criação	Uso	Evolução	Criação	Uso	Evolução
Amperímetro	-	-	-	-	X	-	-	-	-
Ampola de Crookes	X	X	-	-	-	-	-	-	-
Astrolábio	-	-	-	-	X	-	-	-	-
Balança	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Balança de torção de Cavendish	X	X	-	-	-	-	-	-	-
Balança de torção de Coulomb	X	X	-	X	X	-	-	-	-
Bússola	X	X	-	X	X	-	X	X	-
Compasso de proporção	-	-	-	X	-	-	-	-	-
Contador Geiger	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Interferômetro	-	-	-	X	X	-	-	-	-
Manômetro	-	-	-	-	-	-	-	X	-
Microscópio	-	X	-	-	X	-	X	X	-
Motor	X	X	X	X	X	X	X	-	X
Satélite	X	-	-	X	-	-	-	X	-
Telescópio	X	X	X	X	X	X	X	X	-
Termômetro	-	-	-	-	X	-	X	-	-

Instrumentos	Diálogo			Multiversos			Ser Protagonista		
	Criação	Uso	Evolução	Criação	Uso	Evolução	Criação	Uso	Evolução
Termoscópio	-	-	-	-	-	-	x	-	x

Fonte: elaborado pela autora.

Destaca-se ainda, de modo a antecipar parcialmente a justificativa para o produto técnico-científico desta dissertação, a presença de conteúdo nas três coleções no que se refere aos satélites artificiais e à tecnologia GPS. Anteriormente no texto, constatou-se que alguns livros das coleções Diálogo e Ser Protagonista tratam a respeito da forma como os satélites possibilitam o monitoramento ambiental. O quarto volume desta última coleção descreve ainda o movimento dos satélites artificiais, além de relacionar o funcionamento do GPS com as proposições de Einstein. Este tópico também recebeu menção na coleção Multiversos, mesmo que, neste caso, o conteúdo tenha sido disponibilizado somente ao professor.

A observação de ocorrências como estas durante o processo de análise de dados acentuou a ausência dos relógios nos livros didáticos. Entende-se que experimentos como os realizados por Eratóstenes de Cirene (276 a.C. – 194 a.C.) ao calcular a circunferência da Terra e pressupor sua esfericidade e por Léon Foucault (1819-1868) ao comprovar a rotação do planeta serviriam de grande auxílio para o desenvolvimento do raciocínio dos alunos. Estes experimentos históricos fizeram uso, respectivamente, de um relógio de sol e de um pêndulo. Nesse sentido, apesar de não ter sido o objeto de pesquisa deste trabalho, repara-se no apagamento dos eventos históricos juntamente aos instrumentos científicos ao longo das coleções analisadas.

## 7 PRODUTO TÉCNICO-CIENTÍFICO

Esta dissertação teve como produto técnico-científico a elaboração de um material acerca dos instrumentos científicos históricos de medição de tempo. A escolha dessa tipologia de instrumento para realização desta atividade de divulgação científica foi influenciada por diversos fatores. Entende-se que o tempo (segundo) é uma das sete grandezas de base do Sistema Internacional de Unidades (SI), juntamente do comprimento (metro), massa (kg), corrente elétrica (ampere), temperatura termodinâmica (kelvin), quantidade de substância (mol) e intensidade luminosa (candela). Sua importância é tanta que a unidade básica segundo é utilizada para estabelecer as definições de outras medições, como o metro (comprimento), o quilograma (massa), o ampere (corrente elétrica), o kelvin (temperatura termodinâmica) e a candela (intensidade luminosa) (INMETRO, 2022).

A medição do tempo é uma atividade realizada pelos seres humanos há milhares de anos e os métodos utilizados para tal há muito evoluíram. Apesar disso, a análise de dados deste trabalho permitiu observar a ausência total das dimensões histórica e científica dos relógios nos livros didáticos. Por este motivo, propôs-se uma lista de sugestões de como introduzir ao ensino escolar alguns dos principais instrumentos de medição de tempo desenvolvidos e utilizados ao longo da História da humanidade, tal como os relógios de sol; de pêndulo; atômico; e entre outros.

Compreende-se que o tempo faz parte de todas as vivências do cotidiano e presta serviços essenciais aos indivíduos. Por esta razão, apesar dos resultados obtidos pela presente pesquisa, essa grandeza pode ser uma excelente maneira de relacionar os conteúdos de Ciência e Tecnologia com a sociedade, conforme sugerido pela BNCC e pelas teorias que abarcam a alfabetização científica. Nesse mesmo sentido, seria interessante que tais materiais didáticos divulgassem também o papel exercido pelo Observatório Nacional como uma instituição fundamental para geração, disseminação e conservação da Hora Legal Brasileira (HLB). O relato do eclipse em Sobral, disponibilizado pela coleção Ser Protagonista, sequer mencionou o papel desta instituição na comprovação científica que o evento proporcionou. Sendo assim, requisita-se que futuros materiais didáticos introduzam não apenas os experimentos e instrumentos científicos históricos em seus conteúdos, mas também a importância de instituições brasileiras como o Observatório Nacional e o Museu de Astronomia e Ciências Afins.

Desse modo, além da elaboração de sugestões referentes aos instrumentos científicos denominados relógios, o material também se propôs a evidenciar o potencial detido pelo

Observatório Nacional e pelo Museu de Astronomia e Ciências Afins para auxiliar as escolas no processo de educação científica dos estudantes. Dado os objetivos da presente pesquisa, esse conteúdo foi desenvolvido considerando como público-alvo editores e professores do Ensino Médio brasileiro. Todavia, o material será também indicado a qualquer indivíduo que se interesse pelo assunto. Há de se mencionar ainda que a escolha da nomenclatura “instrumentos científicos de medição de tempo” teve como respaldo a fundamentação teórica vista anteriormente neste trabalho, que abarca as diversas categorizações de instrumentos científicos.

Espera-se que o desenvolvimento deste material contribua para demonstrar como os instrumentos científicos históricos podem ser utilizados para ensinar a Ciência e relacioná-la com outras áreas do conhecimento e o mundo atual. A partir dos instrumentos científicos de medição de tempo, por exemplo, oportuniza-se a apresentação das mudanças na definição do segundo, uma unidade base. A integração dos instrumentos nesse contexto possibilita o ensino a respeito das mais variadas temáticas da Ciência. Podemos relacionar o tempo e a maior precisão contida no segundo com aspectos geográficos, astronômicos, históricos, de forma a sempre explorar a interdisciplinaridade com os estudantes. Nesse contexto, é possível introduzir assuntos em sala de aula como a rotação e eclipse da Terra; o efeito Coriolis; a gravidade; a radiação eletromagnética; a piezoelectricidade; a determinação da longitude; a teoria da relatividade; os satélites e a utilização do GPS; entre outras diversas temáticas multidisciplinares. Há ainda as questões culturais sobre o tempo, que embora não sejam o nosso foco, podem ser exploradas pelas Ciências Humanas sob muitos enfoques.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Entende-se que é incabível abarcar com profundidade todas as temáticas científicas existentes durante os três anos de Ensino Médio. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), vigente em território nacional, foi elaborada com o intuito de padronizar os currículos escolares das escolas do país e promover qualidade e equidade na educação. Uma rápida leitura deste documento normativo evidencia, entretanto, a falta de menções aos instrumentos científicos, considerados uma importante ferramenta para a aprendizagem da História da Ciência e o desenvolvimento da alfabetização científica dos estudantes. Considera-se então que os resultados obtidos na presente pesquisa são um reflexo da ausência destes aparatos na BNCC.

A partir desta dissertação, foi possível constatar que as coleções didáticas aqui analisadas, bem como a mencionada base curricular, dispõem de uma série de argumentos a favor da importância da alfabetização científica e da História da Ciência na educação dos alunos do Ensino Médio brasileiro. Todavia, estudos recentes apontam a falta de aprofundamento histórico nos livros pertencentes ao Plano Nacional do Livro e do Material Didático (BIGHETTI, 2019; ROCHA, 2019). Nesse sentido, percebe-se como esta superficialidade histórica é encontrada apesar dos documentos didáticos destacarem a relevância da disciplina História da Ciência.

Com base nesta perspectiva, defende-se aqui a importância da integração dos instrumentos científicos históricos nas obras escolares ambicionando não apenas a preservação e o maior conhecimento acerca destes instrumentos, mas também o uso destes como fontes de informação capazes de facilitar o discernimento científico dos estudantes. A fundamentação teórica desta dissertação expôs a concepção de que estes aparatos são considerados os artefatos que tornam a Ciência possível de ser realizada e sua História cabível de compreensão (HOLLAND, 1999; RICHARD..., 2021). Deste modo, ainda que seja inviável desenvolver uma coleção de livros didáticos responsável por abordar com profundidade todos os conhecimentos científicos, faz-se necessário a presença dos instrumentos científicos históricos, capazes de contribuir para reverter o cenário descontextualizado da educação atual.

A leitura das três coleções didáticas possibilitou a constatação de uma série de instrumentos contemporâneos mencionados ao longo das páginas dos livros. Contudo, a presença destes serviu também como evidência da falta de instrumentos científicos históricos presentes no texto. Observou-se que instrumentos mais populares, como telescópios, microscópios e bússolas, são abordados com uma frequência e conteúdo maior, sendo possível identificar representações visuais e contextualizações históricas destes aparatos. Já no caso de

instrumentos mais desconhecidos, como, por exemplo, o voltímetro, peagâmetro e calorímetro, verifica-se uma carência de aprofundamento e historicidade.

Observou-se também uma tendência em omitir o papel de certos instrumentos em experimentos e descobertas científicas, como foi o caso do apagamento do barômetro no sexto volume da coleção Ser Protagonista e da omissão do contador Geiger e de seu inventor no livro 6 da coleção Multiversos. Além disso, ainda que uma variedade de instrumentos conte com representações visuais ao longo das obras didáticas, notou-se também uma certa carência de fotografias históricas, o que impossibilita a demonstração da evolução histórica e científica dos aparelhos. A incorporação desta perspectiva nos livros escolares viabilizaria o estímulo do raciocínio científico dos estudantes a partir do aprimoramento dos instrumentos e da relação que estes possuem com os avanços científicos de cada época.

Por meio dos instrumentos científicos históricos, é possível compreender a capacidade de resposta da Ciência em um determinado período de tempo. Além do mais, o emprego destes no ensino escolar permite rastrear os passos evolutivos desempenhados pela Ciência, de forma que o entendimento da Ciência do passado facilite a compreensão da Ciência atual. No entanto, torna-se desafiador conquistar tamanho discernimento científico em um cenário onde os instrumentos científicos são apresentados de maneira desconexa do restante dos conhecimentos científicos e históricos narrados pelos livros didáticos. Contemplou-se esta ausência de vínculo em diversos momentos ao longo do processo de análise de dados, como é o caso do volume 4 da coleção Diálogo, que introduz separadamente aos alunos o instrumento conhecido como contador Geiger e uma linha do tempo acerca da radioatividade, sem sequer mencionar o inventor Hans Geiger e sua participação em experimentos científicos da área.

Tal apresentação desconexa de instrumentos científicos históricos nas obras escolares pôde ser representada a partir da notável ausência de elementos históricos que circundam as categorias de *criação*, *uso* e *evolução*, utilizadas durante a análise de dados. Com base nisso, a investigação realizada nesta pesquisa apurou que, apesar das coleções destacarem a História da Ciência como uma abordagem metodológica, há uma tendência em veicular os aspectos históricos de forma superficial, de modo que a menção a experimentos e instrumentos científicos históricos, em múltiplos casos, encontre-se simplificada e descontextualizada dos demais ensinamentos científicos das obras didáticas.

Detectou-se também o apagamento dos instrumentos científicos de medição de tempo ao longo das três coleções analisadas. A ausência desta categoria de instrumentos tornou-se perceptível especialmente nos trechos em que as obras didáticas discutiam a tecnologia de Sistema de Posicionamento Global (GPS) sem ao menos mencionar o papel do relógio atômico

neste processo. Foi notado também, na coleção Ser Protagonista, uma seção dedicada ao eclipse ocorrido na cidade de Sobral, no Ceará, no ano de 1919. Contudo, não foi possível localizar no livro uma sequer menção ao papel do Observatório Nacional nesta expedição histórica. Tais ocorrências influenciaram a criação de uma lista de sugestões de como integrar os instrumentos científicos históricos de medição de tempo ao ensino escolar. Para isso, o produto técnico-científico, que se encontra disponibilizado na íntegra no apêndice deste trabalho, buscou divulgar métodos de como relacionar instrumentos como a clepsidra e os relógios de sol, de pêndulo e atômico aos ensinamentos científicos e históricos vistos em sala de aula. Com vistas a facilitar este objetivo, foi desenvolvida também uma bibliografia recomendada para cada tópico abarcado pela lista, que ainda intentou destacar o potencial detido pelo Observatório Nacional e pelo Museu de Astronomia e Ciências Afins para auxiliar as escolas no processo de educação científica dos estudantes. Espera-se que este material sirva como propulsor para o aumento de conteúdos didáticos que utilizem os instrumentos científicos históricos e as mencionadas instituições brasileiras como ferramentas capazes de enriquecer o ensino das Ciências.

## REFERÊNCIAS

- AGUILAR, João Batista; NAHAS, Tatiana; AOKI, Vera Lucia Mitiko. **Ambiente e ser humano**. São Paulo: SM Educação, 2020. (Ser Protagonista: Ciências da Natureza e suas Tecnologias, 5). Disponível em: <https://materiais.smbrasil.com.br/obras-pnld-2021-objeto-2-colecao-ser-protagonista-ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias>. Acesso em: 18 jul. 2022.
- AMERICAN CHEMICAL SOCIETY. **Infrared spectrometer and the exploration of Mars**. Berkeley, 2017. Disponível em: <https://www.acs.org/content/acs/en/education/whatischemistry/landmarks/mars-infrared-spectrometer.html>. Acesso em: 31 out. 2022.
- ARNOLD, Matthew. **Discourses in America**. London: Macmillan and co., 1885. Disponível em: [https://www.gutenberg.org/files/44919/44919-h/44919-h.htm#Page\\_72](https://www.gutenberg.org/files/44919/44919-h/44919-h.htm#Page_72). Acesso em: 12 maio 2022.
- BACON, Francis. **Novum Organum ou verdadeiras indicações acerca da interpretação da natureza**. Tradução: José Aluysio Reis de Andrade. São Paulo: Abril Cultural, 1973. (Os Pensadores, 13).
- BAIRD, Davis. **Thing knowledge: a philosophy of scientific instruments**. Berkeley: University of California Press, 2004. *E-book*.
- BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BASSALO, José Maria Filardo. A importância do estudo da história da Ciência. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, n. 8, p. 57-66, 1992. Disponível em: [https://www.sbhc.org.br/arquivo/download?ID\\_ARQUIVO=276](https://www.sbhc.org.br/arquivo/download?ID_ARQUIVO=276). Acesso: 24 maio 2022.
- BATISTA, Antônio Augusto Gomes. Um objeto variável e instável: textos impressos e livros didáticos. *In*: ABREU, Márcia (org.). **Leitura, história e história da leitura**. São Paulo: Associação de Leitura do Brasil, 2002. p. 529-575.
- BENNETT, Jim. O estatuto dos instrumentos científicos. *In*: GIL, Fernando (coord.). **A Ciência tal qual se faz**. Lisboa: Edições João Sá da Costa, 1999. (Coleção Humanismo e Ciência).
- BENNETT, Jim. The mechanics' philosophy and the mechanical philosophy. **History of Science**, [s.l.], v. 24, n. 1, p. 1-28, Mar. 1986. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/007327538602400101>. Acesso em: 11 maio 2022.
- BEZERRA, Lia Monguilhott. **Currículo do Sistema de Currículos Lattes**. [S.l.]: CNPQ, 2021. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/4823069275712095>. Acesso em: 13 nov. 2022.
- BIGHETTI, Rebeca Castro. **História da Ciência e livro didático: Robert Boyle e o PNLD 2018-2020**. 2019. Dissertação (Mestrado em Educação para Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2019. Disponível em:

[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/191652/bighetti\\_rc\\_me\\_bauru.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/191652/bighetti_rc_me_bauru.pdf?sequence=3&isAllowed=y). Acesso em: 19 jul. 2022.

BLASCO, R. *et al.* Bone marrow storage and delayed consumption at Middle Pleistocene Qesem Cave, Israel (420 to 200 ka). **Science Advances**, [s.l.], v. 5, n. 10, p. 1-12, 9 Oct. 2019. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aav9822>. Acesso em: 11 mar. 2022.

BOZI, Alba Livia Tallon; PESSOA, Marília (org.). **O eclipse de 1919: a comprovação da Teoria da Relatividade Geral, a Física moderna e o Observatório Nacional**. Rio de Janeiro: Observatório Nacional, 2019.

BRASIL. [Constituição (1988)]. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Brasília, DF: Presidência da República, 1988. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). Acesso em: 5 abr. 2022.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, ano 134, n. 248, p. 27833-27843, 23 dez. 1996. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm). Acesso em: 5 abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. [S.l.]: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf). Acesso em: 5 abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Bases legais. *In*: BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: ensino médio. [S.l.], 2000a. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/blegais.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias. *In*: BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: ensino médio. [S.l.], 2000b. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Dados estatísticos**. Brasília, DF, [2021a]. Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/dados-estatisticos>. Acesso em: 18 ago. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Dados estatísticos**: PNLD 2020: valores de aquisição ensino médio. Brasília, DF, [2021b]. 1 planilha eletrônica. Disponível em: <https://www.fnde.gov.br/index.php/programas/programas-do-livro/pnld/dados-estatisticos>. Acesso em: 18 ago. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Edital de convocação nº 03/2019 – CGPLI**: edital de convocação para o processo de inscrição e avaliação de obras didáticas, literárias e recursos digitais para o Programa Nacional do Livro e do Material Didático: PNLD 2021. [S.l.], 2021a. Disponível em: <https://www.gov.br/fnde/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/programas/programas-do-livro/consultas-editais/editais/edital-pnld->

2021/EDITAL\_PNLD\_2021\_CONSOLIDADO\_13\_\_RETIFICACAO\_07.04.2021.pdf.  
Acesso em: 8 abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. **O que é a BNCC?** [S.l., 2022]. Disponível em:  
<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/a-base>. Acesso em: 5 abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Guia digital PNLD 2021:**  
didático: apresentação. [S.l.]: UFAL, 2021b. Disponível em: [https://pnld.nees.ufal.br/assets-pnld/guias/Guia\\_pnld\\_2021\\_didatico\\_Apresentacao.pdf](https://pnld.nees.ufal.br/assets-pnld/guias/Guia_pnld_2021_didatico_Apresentacao.pdf). Acesso em: 7 abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Guia digital PNLD 2021:**  
obras didáticas por áreas do conhecimento e específicas: ciências da natureza e suas  
tecnologias. [S.l.]: UFAL, 2021c. [https://pnld.nees.ufal.br/assets-pnld/guias/Guia\\_pnld\\_2021\\_didatico\\_pnld-2021-obj2-ciencias-natureza-suas-tecnologias.pdf](https://pnld.nees.ufal.br/assets-pnld/guias/Guia_pnld_2021_didatico_pnld-2021-obj2-ciencias-natureza-suas-tecnologias.pdf).  
Acesso em: 8 abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. **Guia digital PNLD 2021:**  
projetos integradores e projeto de vida: apresentação. [S.l.]: UFAL, 2021d.  
[https://pnld.nees.ufal.br/assets-pnld/guias/Guia\\_pnld\\_2021\\_proj\\_int\\_vida\\_Apresentacao.pdf](https://pnld.nees.ufal.br/assets-pnld/guias/Guia_pnld_2021_proj_int_vida_Apresentacao.pdf).  
Acesso em: 8 abr. 2022.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Portaria nº 101, de 26 de  
novembro de 2021. Divulga o resultado prévio da avaliação pedagógica das obras didáticas  
inscritas e validadas no âmbito do Edital de Convocação CGPLI nº 3/2019 - PNLD 2021 -  
Objeto 3 - Obras de Formação Continuada. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, DF,  
ano 159, n. 224, p. 64, 30 nov. 2021e. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/portaria-n-101-de-26-de-novembro-de-2021-363155171>. Acesso em: 6 abr. 2022.

BRASIL. **Portaria de 15 de abril de 1932.** Aprova as normas organizadas e os critérios  
estabelecidos pelo Departamento Nacional do Ensino. Rio de Janeiro: Diário Oficial da  
União, 25 abr. 1932. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/diarios/2058061/pg-21-secao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-25-04-1932>. Acesso em: 21 maio 2022.

BRENNI, Paolo. The evolution of teaching instruments and their use between 1800 and 1930.  
**Science & Education**, [s.l.], v. 21, p. 191-226, 2012. Disponível em:  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-010-9326-z>. Acesso em: 18 maio 2022.

BUD, Robert; WARNER, Deborah Jean (ed.). **Instruments of Science:** an historical  
encyclopedia. London: The Science Museum, 1998. (Garland Encyclopedias in the History of  
Science, v. 2).

CAVICCHI, Elizabeth; HEERING, Peter. Introduction: using historical scientific instruments  
in contemporary education. *In:* CAVICCHI, Elizabeth; HEERING, Peter (ed.). **Historical  
scientific instruments in contemporary education.** Leiden: Brill, c2022. p. 1-13. (Scientific  
instruments and collections, v. 9).

CARTA do Rio de Janeiro sobre o Patrimônio Cultural da Ciência e Tecnologia. Rio de  
Janeiro: Museu de Astronomia e Ciências Afins, 9 maio 2017. (6 p). Disponível em:  
<https://www.gov.br/mast/pt-br/imagens/noticias/2017/agosto/carta-do-rio-de-janeiro-sobre-patrimonio-cultural-da-ciencia-e-tecnologia.pdf>. Acesso em: 11 maio 2022.

CONNELLY, Charlotte; CHANG, Hasok. Galvanometers and the many lives of scientific instruments. *In*: NALL, Joshua; TAUB, Liba; WILLMOTH, Frances (ed.). **The Whipple Museum of the History of Science: objects and investigations, to celebrate the 75th anniversary of R. S. Whipple's gift to the University of Cambridge**. Cambridge: Cambridge University Press, 2019. cap. 7, p. 159-186.

CRULS, L. Matériel de l'Observatoire Impérial de Rio de Janeiro. *In*: LIAIS, Emm. **Annales de l'Observatoire Impérial de Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Typographie et Lithographie Lombaerts & Cie, t. 1, 1882. p. 254-264. Disponível em: <https://www.docvirt.com/docreader.net/DocReader.aspx?bib=obnacional&id=3866506679084&pagfis=2992>. Acesso em: 7 set. 2022.

DASTON, Lorraine; MOST, Glenn W. History of Science and History of Philologies. **Isis**, Chicago, v. 102, n. 2, p. 378-390, June 2015. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/10.1086/681980>. Acesso em: 18 ago. 2022

DAVIS, Ira C. The measurement of scientific attitudes. **Science Education**, [s.l.], v. 19, n. 3, p. 117-122, Oct. 1935. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/sce.3730190307>. Acesso em: 16 abr. 2022.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DELL'AGNOLO, Rosana Maria. **Currículo do Sistema de Currículos Lattes**. [S.l.]: CNPQ, 2020. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/4277650005324854>. Acesso em: 13 nov. 2022.

DEWEY, John. The supreme intellectual obligation. **Science Education**, [s.l.], v. 18, n. 1, Feb. 1934. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.3730180102>. Acesso em: 16 abr. 2022.

DOBLER, Guilherme Hammarström. **Alfabetização Científica de alunos do ensino médio de escolas estaduais do município de Ijuí/RS**. 2020. Dissertação (Mestrado em Educação nas Ciências) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2020. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/handle/123456789/7170>. Acesso em: 28 abr. 2022.

DUARTE, Maria da Conceição. A História da Ciência na prática de professores portugueses: implicações para a formação de professores de Ciências. **Ciência & Educação**, [s.l.], v. 10, n. 3, p. 317-331, 2004. Disponível em: <http://old.scielo.br/pdf/ciedu/v10n3/02.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2022.

DURANT, John. O que é alfabetização científica? *In*: MASSARANI, Luisa; TURNEY, Jon; MOREIRA, Ildeu de Castro (org.). **Terra incógnita: a interface entre ciência e público**. Rio de Janeiro: Casa da Ciência da UFRJ, 2005. p. 13-26. (Terra incógnita, v. 4).

DUVERGER, Maurice. **Métodos de las Ciencias Sociales**. Barcelona: Editorial Arte, 1981. (Colección Demos).

FERNANDES, Maria Angélica Moreira; PORTO, Paulo Alves. Investigando a presença da história da ciência em livros didáticos de Química Geral para o ensino superior. **Química Nova**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 420-429, 2012. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/qn/a/SNhbHrYwRcmmqspH7TZypPK/?lang=pt>. Acesso em: 19 jul. 2022.

FERREIRA, Marcela de Almeida *et al.* O conjunto de objetos de ensino do laboratório de Física do colégio Pedro II. *In:* GRANATO, Marcus; LOURENÇO, Marta (org.). **Coleções científicas luso-brasileiras**: patrimônio a ser descoberto. Rio de Janeiro: MAST, 2010. p. 123-144. Disponível em:

[http://www.mast.br/projetovalorizacao/textos/cole%C3%A7%C3%B5es%20luso-brasileiras/09%20O%20CONJUNTO%20DE%20OBJETOS%20coleg\\_pedroII.pdf](http://www.mast.br/projetovalorizacao/textos/cole%C3%A7%C3%B5es%20luso-brasileiras/09%20O%20CONJUNTO%20DE%20OBJETOS%20coleg_pedroII.pdf). Acesso em: 20 maio 2022.

FORS, Hjalmar; PRINCIPE, Lawrence M.; SIBUM, Otto H. From the library to the laboratory and back again: experiment as a tool for historians of Science. **Ambix**, [s.l.], v. 63, n. 2, p. 85-97, 2016. Disponível em:

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00026980.2016.1213009>. Acesso em: 9 set. 2022.

FTD EDUCAÇÃO. **Ciências da Natureza e suas tecnologias**: Multiversos Ciências da Natureza. [S.l., 202-]. Disponível em: <https://pnld.ftd.com.br/ensino-medio/ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias/multiversos-ciencias-da-natureza/>. Acesso em: 18 jul. 2022.

FUKUI, Ana; MOLINA, Madson; OLIVEIRA, Venerando Santiago de. **Energia e transformações**. São Paulo: SM Educação, 2020. (Ser Protagonista: Ciências da Natureza e suas Tecnologias, 3). Disponível em: <https://materiais.smbrasil.com.br/obras-pnld-2021-objeto-2-colecao-ser-protagonista-ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias>. Acesso em: 18 jul. 2022.

FUKUI, Ana; NERY, Ana Luiza P.; CARVALHO, Elisa Garcia; AGUILAR, João Batista; LIEGEL, Rodrigo Marchiori; AOKI, Vera Lucia Mitiko. **Composição e estrutura dos corpos**. São Paulo: SM Educação, 2020a. (Ser Protagonista: Ciências da Natureza e suas Tecnologias, 1). Disponível em: <https://materiais.smbrasil.com.br/obras-pnld-2021-objeto-2-colecao-ser-protagonista-ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias>. Acesso em: 18 jul. 2022.

FUKUI, Ana; NERY, Ana Luiza P.; CARVALHO, Elisa Garcia; AGUILAR, João Batista; LIEGEL, Rodrigo Marchiori; AOKI, Vera Lucia Mitiko. **Evolução, tempo e espaço**. São Paulo: SM Educação, 2020b. (Ser Protagonista: Ciências da Natureza e suas Tecnologias, 4). Disponível em: <https://materiais.smbrasil.com.br/obras-pnld-2021-objeto-2-colecao-ser-protagonista-ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias>. Acesso em: 18 jul. 2022.

FUKUI, Ana; NERY, Ana Luiza P.; CARVALHO, Elisa Garcia; AGUILAR, João Batista; LIEGEL, Rodrigo Marchiori; NAHAS, Tatiana; OLIVEIRA, Venerando Santiago de. **Vida, saúde e genética**. São Paulo: SM Educação, 2020c. (Ser Protagonista: Ciências da Natureza e suas Tecnologias, 6). Disponível em: <https://materiais.smbrasil.com.br/obras-pnld-2021-objeto-2-colecao-ser-protagonista-ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias>. Acesso em: 18 jul. 2022.

GARCIA, Tânia Maria Figueiredo Braga; GARCIA, Nilson Marcos Dias; PIVOVAR, Luiz Eduardo. O uso do livro didático de Física: estudo sobre a relação dos professores com as orientações metodológicas. *In:* GARCIA, Nilson Marcos Dias (org.). **O livro didático de Física e de Ciências em foco**: dez anos de pesquisa. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2017. cap. 5, p. 71-89.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GODOY, Leandro Pereira de. **Currículo do Sistema de Currículos Lattes**. [S.l.]: CNPQ, 2021. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/6266606644890326>. Acesso em: 13 nov. 2022.

GODOY, Leandro; DELL'AGNOLO, Rosana Maria; MELO, Wolney C. **Ciência, sociedade e ambiente**. São Paulo: FTD, 2020a. (Multiversos. Ciências da Natureza e suas tecnologias, 5). Disponível em: <https://pnld.ftd.com.br/ensino-medio/ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias/multiversos-ciencias-da-natureza/>. Acesso em: 2 jul. 2022.

GODOY, Leandro; DELL'AGNOLO, Rosana Maria; MELO, Wolney C. **Ciência, tecnologia e cidadania**. São Paulo: FTD, 2020b. (Multiversos. Ciências da Natureza e suas tecnologias, 6). Disponível em: <https://pnld.ftd.com.br/ensino-medio/ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias/multiversos-ciencias-da-natureza/>. Acesso em: 2 jul. 2022.

GODOY, Leandro; DELL'AGNOLO, Rosana Maria; MELO, Wolney C. **Eletricidade na sociedade e na vida**. São Paulo: FTD, 2020c. (Multiversos. Ciências da Natureza e suas tecnologias, 3). Disponível em: <https://pnld.ftd.com.br/ensino-medio/ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias/multiversos-ciencias-da-natureza/>. Acesso em: 2 jul. 2022.

GODOY, Leandro; DELL'AGNOLO, Rosana Maria; MELO, Wolney C. **Matéria, energia e vida**. São Paulo: FTD, 2020d. (Multiversos. Ciências da Natureza e suas tecnologias, 1). Disponível em: <https://pnld.ftd.com.br/ensino-medio/ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias/multiversos-ciencias-da-natureza/>. Acesso em: 2 jul. 2022.

GODOY, Leandro; DELL'AGNOLO, Rosana Maria; MELO, Wolney C. **Movimentos e equilíbrios na natureza**. São Paulo: FTD, 2020e. (Multiversos. Ciências da Natureza e suas tecnologias, 2). Disponível em: <https://pnld.ftd.com.br/ensino-medio/ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias/multiversos-ciencias-da-natureza/>. Acesso em: 2 jul. 2022.

GODOY, Leandro; DELL'AGNOLO, Rosana Maria; MELO, Wolney C. **Origens**. São Paulo: FTD, 2020f. (Multiversos. Ciências da Natureza e suas tecnologias, 4). Disponível em: <https://pnld.ftd.com.br/ensino-medio/ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias/multiversos-ciencias-da-natureza/>. Acesso em: 2 jul. 2022.

GREEN, John. **Antropoceno**: notas sobre a vida na Terra. Tradução de Alexandre Raposo e Ulisses Teixeira. Rio de Janeiro: Intrínseca, 2021.

HARRIS, John. **Lexicon technicum**: or, an universal English dictionary of Arts and Sciences: explaining not only the terms of Art, but the Arts themselves. London: Dan. Brown, 1704. v. 1.

HAZEN, Robert M.; TREFIL, James. **Science matters**: achieving scientific literacy. 1st ed. New York: Doubleday, 1991.

HEATHER, J.F. **A treatise on mathematical instruments**. London: John Weale, 1853.

HIRSCH, E.D. **Cultural Literacy**: what every American needs to know. Boston: Houghton Mifflin, 1987.

HOLLAND, Julian. Historic scientific instruments and the teaching of Science: a guide to resources. *In*: MATTHEWS, Michael R. (ed.). **History, Philosophy & New South Wales Science teaching**: second annual conference. Sydney: [s.n.], 1999. p. 121-129. Disponível em: <http://www.brianjford.com/AvL11.htm>. Acesso em: 22 maio 2022.

HUIZINGA, Johan. **Homo ludens**: o jogo como elemento da cultura. 9. ed. São Paulo: Perspectiva, 2019. (Coleção Estudos).

HURD, Paul DeHart. Science Literacy: its meaning for American schools. **Educational Leadership**: curriculum and survival, [s.l.], v. 16, n. 1, p. 13-16, 52, Oct. 1958. Disponível em: <https://www1.ascd.org/el/articles/science-literacy-its-meaning-for-american-schools>. Acesso em: 9 abr. 2022.

HURD, Paul DeHart. Scientific Literacy: new minds for a changing world. **Science Education**, [s.l.], v. 82, n. 3, p. 407-416, Dec. 1998. Disponível em: [https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199806\)82:3%3C407::AID-SCE6%3E3.0.CO;2-G](https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1098-237X(199806)82:3%3C407::AID-SCE6%3E3.0.CO;2-G). Acesso em: 9 abr. 2022.

HUXLEY, Thomas Henry. **Science and culture, and other essays**. New York: D. Appleton, 1888. Disponível em: <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=coo1.ark:/13960/t73v04721&view=1up&seq=1>. Acesso em: 12 maio 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA (INMETRO). **Quadro geral de unidades de medida no Brasil**. [S.l.], 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/documentos-tecnicos-em-metrologia/quadro-geral-de-unidades-de-medida-no-brasil.pdf/view>. Acesso em: 19 jun. 2022.

KARSTENS, Bart. The peculiar maturation of the History of Science. *In*: BOD, Rens; MAAT, Jaap; WESTSTEIJN, Thijs (ed.). **The making of the humanities**. Amsterdam: Amsterdam University Press, 2014. p. 183-203. (The modern humanities, 3). Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/j.ctt12877vs>. Acesso em: 19 ago. 2022.

KIJEWSKI, Mirek. **Giros tops, brinquedos para crianças**. 2010. 1 fotografia. Disponível em: <https://www.istockphoto.com/br/foto/giros-tops-brinquedos-para-crian%C3%A7as-gm106463096-13770956>. Acesso em: 23 maio 2022.

KRASILCHIK, Myriam. **O professor e o currículo das Ciências**. São Paulo: EDUSP, 1987. (Temas básicos da educação e ensino).

KWAN, Alistar. Reading instruments for historical scientific practice: an experimental pedagogy for material culture. *In*: CAVICCHI, Elizabeth; HEERING, Peter (ed.). **Historical scientific instruments in contemporary education**. Leiden: Brill, c2022. cap. 1, p. 14-33. (Scientific instruments and collections, v. 9).

LIRA, Tatiane Hilário de. **História da ciência, ensino de astronomia e os livros didáticos**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Centro de Educação, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2019. Disponível em: <http://www.repositorio.ufal.br/handle/riufal/5910>. Acesso em: 5 jul. 2022.

LODWIG, T. H.; SMEATON, W. A. **The ice calorimeter of Lavoisier and Laplace and some of its critics**. *Annals of Science*, [s.l.], v. 31, n. 1, p. 1-18, January 1974. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00033797400200101>. Acesso em: 27 ago. 2022.

MAIENSCHIN, Jane; SMITH, George. What difference does History of Science make, anyway? *Isis*, Chicago, v. 99, n. 2, p. 318-321, June 2008. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/10.1086/588689>. Acesso em: 18 ago. 2022

MAMEDE, Maíra; ZIMMERMANN, Erika. Letramento científico e CTS na formação de professores para o ensino de Ciências. *In: CONGRESO INTERNACIONAL DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS*, 7., [Granada]. **Enseñanza de las ciencias**: revista de investigación y experiencias didácticas. València: Universitat de València; Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona, número extra, 2005, p. 1-4. Disponível em: <https://ddd.uab.cat/record/70902>. Acesso em: 15 abr. 2022.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. A História da Ciência e o ensino da Biologia. **Ciência & Ensino**, São Paulo, n. 5, p. 18-21, dez. 1998. Disponível em: [http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/fevereiro2013/ciencias\\_artigos/historia\\_ciencia.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/fevereiro2013/ciencias_artigos/historia_ciencia.pdf). Acesso em: 24 ago. 2022.

MARTINS, Lilian Al-Chueyr Pereira. História da Ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005. Disponível: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/Bg8wgfLgqvKB3tyBKXShCd>. Acesso em: 25 ago. 2022.

MARTINS, Roberto de Andrade. Ciência versus historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre História da Ciência. *In: ALFONSO-GOLDFARB, Ana Maria; BELTRAN, Maria Helena Roxo (org.). Escrevendo a História da Ciência*: tendências, propostas e discussões historiográficas. São Paulo: Livraria da Física, 2004. p. 115-145.

MARTINS, Roberto de Andrade. Sobre o papel da história da ciência no ensino. **Boletim da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, [s.l.], n. 9, p. 3-5, 1990. Disponível em: <https://www.ghtc.usp.br/ram-r42.htm>. Acesso em: 23 ago. 2022.

MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT. **An organ pipe as a telescope**. Berlin, 2014. 1 fotografia. Disponível em: <https://www.mpg.de/7913340/galileo-galilei-telescope>. Acesso em: 26 maio 2022.

MAXIMINO, Damião. Resultado da avaliação do Pisa em 2018. **Dados Roraima**, Roraima, jan. 2020. Disponível em: <http://dadosroraima.com/2020/01/resultado-da-avaliacao-do-pisa-m-2018/>. Acesso em: 15 ago. 2022.

MELO, Marcia de Castro Faria Graça; CARICATTI, José Moscolgiatto (coord.). **O ensino de Ciências e a educação básica**: propostas para superar a crise. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2008.

MELO, Wolney Candido de. **Currículo do Sistema de Currículos Lattes**. [S.l.]: CNPQ, 2022. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/1779063563041798>. Acesso em: 13 nov. 2022.

MILLER, J.D. Scientific Literacy: a conceptual and empirical review. **Daedalus**, [s.l.], v. 112, n. 2, p. 29-48, 1983. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/20024852>. Acesso em: 10 abr. 2022.

MORRIS, Jim; MORRIS, Rhoda. **Galileo's original telescopes**: new measurements of their dimensions with special optical rulers. [S.l.], c2007. Disponível em: <http://www.scitechantiques.com/galileo-telerscope-lenght-measurement/>. Acesso em: 28 maio 2022.

MORRISON-LOW, A. D. **Making scientific instruments in the industrial revolution**. Abingdon: Routledge, 2016. (Science, Technology and Culture, 1700-1945).

MÜLLER, Ralph Holcombe. American apparatus, instruments, and instrumentation. **Industrial and Engineering Chemistry Analytical Edition**, [s.l.], v. 12, n. 10, p. 571-630, Oct. 1940. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ac50150a001>. Acesso em: 19 ago. 2022.

MUSEO GALILEO. **Galileo's telescope**. Florence, c2015a. Disponível em: <https://catalogue.museogalileo.it/object/GalileosTelescope.html>. Acesso em: 28 maio 2022.

MUSEO GALILEO. **Galileo's telescope**. Florence. c2015b. Disponível em: [https://catalogue.museogalileo.it/object/GalileosTelescope\\_n01.html](https://catalogue.museogalileo.it/object/GalileosTelescope_n01.html). Acesso em: 28 maio 2022.

MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS (MAST). **Acervo museológico do MAST**. Rio de Janeiro, [20--a]. Disponível em: [http://site.mast.br/hotsite\\_museologia/index.html](http://site.mast.br/hotsite_museologia/index.html). Acesso em: 6 jul. 2022.

MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS (MAST). Eclipse de Sobral. **Acervo**. Rio de Janeiro, [20--b]. Disponível em: <http://www.mast.br/sobral/acervo.html>. Acesso em: 8 nov. 2022.

MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS (MAST). **Inventário da coleção de objetos de Ciência e Tecnologia do Museu de Astronomia e Ciências Afins**. Rio de Janeiro: MAST, 2011. 233 p.

MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS (MAST). Programa de Pós-Graduação em Preservação de Acervos de Ciência e Tecnologia. **Apresentação**. Rio de Janeiro, [201-]. Disponível em: <http://site.mast.br/ppact/index.html>. Acesso em: 26 abr. 2022.

NASCIMENTO-SCHULZE, Clélia Maria. Um estudo sobre Alfabetização Científica com jovens catarinenses. **Psicologia: teoria e prática**, [São Paulo], v. 8, n. 1, p. 95-106, 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/1938/193818626006.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2022.

NASCIMENTO-SCHULZE, Clélia; CAMARGO, Brígido; WACHELKE, João. Alfabetização Científica e representações sociais de estudantes de ensino médio sobre ciência e tecnologia. **Arquivos Brasileiros de Psicologia**, [Rio de Janeiro], v. 58, n. 2, p. 24-37, 2006. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/317468383\\_Alfabetizacao\\_cientifica\\_e\\_representacoes\\_sociais\\_de\\_estudantes\\_de\\_ensino\\_medio\\_sobre\\_ciencia\\_e\\_tecnologia](https://www.researchgate.net/publication/317468383_Alfabetizacao_cientifica_e_representacoes_sociais_de_estudantes_de_ensino_medio_sobre_ciencia_e_tecnologia). Acesso em: 28 abr. 2022.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **Hubble space telescope**: observatory - optics. 2022. 1 fotografia. Disponível em: <https://www.nasa.gov/content/goddard/hubble-space-telescope-optics-system>. Acesso em: 26 maio 2022.

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). [**James Webb Space Telescope**]. [S.l., 20--]. 1 fotografia. Disponível em: <https://webb.nasa.gov/content/webbLaunch/assets/images/deployment/1000pxWide/122.png>. Acesso em: 3 mar. 2023.

NERY, Ana Luiza P.; LIEGEL, Rodrigo Marchiori; AOKI, Vera Lucia Mitiko. **Matéria e transformações**. São Paulo: SM Educação, 2020. (Ser Protagonista: Ciências da Natureza e suas Tecnologias, 2). Disponível em: <https://materiais.smbrasil.com.br/obras-pnld-2021-objeto-2-colecao-ser-protagonista-ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias>. Acesso em: 18 jul. 2022.

NIELSEN. **Desempenho real do mercado editorial**. [S.l.], julho 2022a. Disponível em: [https://snel.org.br/wp/wp-content/uploads/2022/07/Serie\\_historica\\_pesquisa\\_producao\\_PCR\\_2021\\_V1.pdf](https://snel.org.br/wp/wp-content/uploads/2022/07/Serie_historica_pesquisa_producao_PCR_2021_V1.pdf). Acesso em: 27 nov. 2022.

NIELSEN. **Produção e vendas do setor editorial brasileiro**: ano base: 2021. [S.l.], maio 2022b. Disponível em: [https://snel.org.br/wp/wp-content/uploads/2022/05/apresentacao\\_imprensa\\_Final.pdf](https://snel.org.br/wp/wp-content/uploads/2022/05/apresentacao_imprensa_Final.pdf). Acesso em: 1 jul. 2022.

PELLY, Sylvain. **Gyroscope de Foucault**. Paris, 2013. 1 fotografia. Disponível em: <https://www.arts-et-metiers.net/musee/gyroscope-de-foucault>. Acesso em: 23 maio 2022.

PEREIRA, Ana Isabel; AMADOR, Filomena. A História da Ciência em manuais escolares de Ciências da Natureza. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, [s.l.], v. 6, n. 1, p. 191-216, 2007. Disponível em: [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART12\\_Vol6\\_N1.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART12_Vol6_N1.pdf). Acesso em: 19 jul. 2022.

PINHEIRO, Lena Vania Ribeiro; GRANATO, Marcus. Para pensar a interdisciplinaridade na preservação: algumas questões preliminares. *In*: SILVA, Rubens Ribeiro Gonçalves da (org.). **Preservação documental**: uma mensagem para o futuro. Salvador: EDUFBA, 2012. cap. 2, p. 23-39. *E-book*.

REEVES, Joy. **Why is Hubble important?** Chicago: University of Chicago, [20--]. Disponível em: <https://ecuip.lib.uchicago.edu/the-story-of-the-hubble-space-telescope/01/index.html>. Acesso em: 26 maio 2022.

RICHARD Kremer - Scientific instruments in the history of science. [S.l. : s.n.], 2021. 1 vídeo (13 min). Publicado pelo canal HistoryofScienceCoimbra. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PxbvniJP3Zk>. Acesso em: 23 ago. 2022.

ROCHA, Tiago Ungericht. **Entre a tradição e a ressignificação da Física escolar**: a História da Ciência presente nos livros didáticos de Física do PNLD. 2019. Tese (Doutorado em Educação) - Setor de Educação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2019. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/63009>. Acesso em: 5 jul. 2022.

ROSSI, Paolo. “A História da Ciência é importante por razões educacionais e filosóficas”, diz pesquisador da Universidade de Pisa. [Entrevista cedida a] Mateus Carneiro Guimarães dos Santos. **Revista Balbúrdia**, São Paulo, n. 1, ago. 2020. Disponível em: [https://sites.usp.br/revistabalburdia/wp-content/uploads/sites/615/2020/09/Revista-BALBURDIA-num-1-ago-\\_2020.pdf](https://sites.usp.br/revistabalburdia/wp-content/uploads/sites/615/2020/09/Revista-BALBURDIA-num-1-ago-_2020.pdf). Acesso em: 11 maio 2022.

SANTOS, Ana Flavia. **Lavoisier nos livros didáticos: uma análise à luz da História da Ciência**. Dissertação (Mestrado em História da Ciência) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <https://tede2.pucsp.br/handle/handle/13314>. Acesso em: 5 jul. 2022.

SANTOS, Kelly Cristina dos. **Currículo do Sistema de Currículos Lattes**. [S.l.]: CNPQ, 2020a. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/0306059377117973>. Acesso em: 13 nov. 2022.

SANTOS, Kelly Cristina dos (ed.). **Energia e sociedade: uma reflexão necessária**. São Paulo: Moderna, 2020b. (Diálogo. Ciências da Natureza e suas tecnologias, 4). Disponível em: <https://pnld.moderna.com.br/ensino-medio/obras-didaticas/area-de-conhecimento/ciencias-da-natureza/dialogo>. Acesso em: 7 jun. 2022.

SANTOS, Kelly Cristina dos (ed.). **O universo da Ciência e a Ciência do universo**. São Paulo: Moderna, 2020c. (Diálogo. Ciências da Natureza e suas tecnologias, 1). Disponível em: <https://pnld.moderna.com.br/ensino-medio/obras-didaticas/area-de-conhecimento/ciencias-da-natureza/dialogo>. Acesso em: 7 jun. 2022.

SANTOS, Kelly Cristina dos (ed.). **Ser humano e meio ambiente: relações e consequências**. São Paulo: Moderna, 2020d. (Diálogo. Ciências da Natureza e suas tecnologias, 6). Disponível em: <https://pnld.moderna.com.br/ensino-medio/obras-didaticas/area-de-conhecimento/ciencias-da-natureza/dialogo>. Acesso em: 7 jun. 2022.

SANTOS, Kelly Cristina dos (ed.). **Ser humano: origem e funcionamento**. São Paulo: Moderna, 2020e. (Diálogo. Ciências da Natureza e suas tecnologias, 5). Disponível em: <https://pnld.moderna.com.br/ensino-medio/obras-didaticas/area-de-conhecimento/ciencias-da-natureza/dialogo>. Acesso em: 7 jun. 2022.

SANTOS, Kelly Cristina dos (ed.). **Terra: um sistema dinâmico de matéria e energia**. São Paulo: Moderna, 2020f. (Diálogo. Ciências da Natureza e suas tecnologias, 3). Disponível em: <https://pnld.moderna.com.br/ensino-medio/obras-didaticas/area-de-conhecimento/ciencias-da-natureza/dialogo>. Acesso em: 7 jun. 2022.

SANTOS, Kelly Cristina dos (ed.). **Vida na Terra: como é possível?** São Paulo: Moderna, 2020g. (Diálogo. Ciências da Natureza e suas tecnologias, 2). Disponível em: <https://pnld.moderna.com.br/ensino-medio/obras-didaticas/area-de-conhecimento/ciencias-da-natureza/dialogo>. Acesso em: 7 jun. 2022.

SARTON, George. The History of Science. **The Monist**, [s.l.], v. 26, n. 3, p. 321-365, July 1916. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/pdf/27900596.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2022.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. **Investigação em ensino de Ciências**, [Porto Alegre], v. 16, n. 1, p. 59-77, mar. 2011. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/246/172>. Acesso em: 10 abr. 2022.

SASSERON, Lúcia Helena. **Alfabetização Científica no ensino fundamental**: estruturas e indicadores deste processo em sala de aula. 2008. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/321529729\\_Alfabetizacao\\_Cientifica\\_no\\_Ensino\\_Fundamental\\_Estrutura\\_e\\_Indicadores\\_desto\\_processo\\_em\\_sala\\_de\\_aula](https://www.researchgate.net/publication/321529729_Alfabetizacao_Cientifica_no_Ensino_Fundamental_Estrutura_e_Indicadores_desto_processo_em_sala_de_aula). Acesso em: 10 abr. 2022.

SCIENCE MUSEUM GROUP. **Isaac Newton's reflecting telescope (replica)**. [London, 20--] 1 fotografia. Disponível em: <https://collection.sciencemuseumgroup.org.uk/objects/co56834/isaac-newtons-reflecting-telescope-replica-telescope-newtonian-telescope-reflecting-replica>. Acesso em: 28 maio 2022.

SM EDUCAÇÃO. **Ser Protagonista**: Ciências da Natureza e suas tecnologias. [S.l., 202-]. Disponível em: <https://materiais.smbrasil.com.br/obras-pnld-2021-objeto-2-colecao-ser-protagonista-ciencias-da-natureza-e-suas-tecnologias>. Acesso em: 18 jul. 2022.

SNOW, Catherine E.; DIBNER, Kenne A. (ed.). **Science Literacy**: concepts, contexts and consequences. Washington, DC: The National Academies Press, 2016.

SOARES, Magda. **Letramento**: um tema em três gêneros. Belo Horizonte: Autêntica, 1998. 124 p.

SPENCER, Herbert. **Educação intelectual, moral e física**. [S.l.: s.n.], 2019. Disponível em: [https://filosofia.com.br/figuras/livros\\_inteiros/266.txt](https://filosofia.com.br/figuras/livros_inteiros/266.txt). Acesso em: 15 abr. 2022.

STAVER, John R. **O ensino das Ciências**. Tradução de: Maria Helena Santos Silva, José Pinto Lopes. Bruxelas: UNESCO, 2007. (Série Práticas Educativas, 17). Disponível em: [http://www.ibe.unesco.org/sites/default/files/resources/edu-practices\\_17\\_por.pdf](http://www.ibe.unesco.org/sites/default/files/resources/edu-practices_17_por.pdf). Acesso em: 16 ago. 2022.

TAUB, Liba. What is a scientific instrument, now? **Journal of the History of Collections**, [s.l.], v. 31, n. 3, Dec. 2018. Disponível em: <https://academic.oup.com/jhc/article/31/3/453/5233349>. Acesso em: 17 maio 2022.

TESLA, Nikola. Possibilities of electro-static generators. **Scientific American**, [s.l.], v. 150, n. 3, p. 132-134, 1934. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/24968463>. Acesso em: 8 nov. 2022.

THE BRITISH MUSEUM. **Draft photograph of a trade card of Benjamin Martin, scientific instrument maker**. [London], c1960a. 1 fotografia. Disponível em: [https://www.britishmuseum.org/collection/object/P\\_Heal-105-72](https://www.britishmuseum.org/collection/object/P_Heal-105-72). Acesso em: 17 maio 2022.

THE BRITISH MUSEUM. **Draft trade card of James Simons, scientific instrument maker**. [London], c1960b. 1 fotografia. Disponível em: [https://www.britishmuseum.org/collection/object/P\\_Heal-105-94](https://www.britishmuseum.org/collection/object/P_Heal-105-94). Acesso em: 17 maio 2022.

THESAURUS DE ACERVOS CIENTÍFICOS EM LÍNGUA PORTUGUESA. Rio de Janeiro: MAST; Lisboa: Museu Nacional de História Natural e da Ciência, [201-]. Disponível em: <http://thesaurusonline.museus.ul.pt/>. Acesso em: 30 abr. 2022.

TRINDADE, Diamantino Fernandes; TRINDADE, Lais dos Santos Pinto. **A História da História da Ciência: uma possibilidade para aprender Ciências**. São Paulo: Madras, c2003.

TURNER, Gerard L'E. **Antique scientific instruments**. Poole: Blandford Press, c1980.

TURNER, Gerard L'E. **Nineteenth-century scientific instruments**. London: Sotheby Publications, 1983.

TURNER, Gerard L'E. **Scientific instruments, 1500-1900: an introduction**. London: Philip Wilson; Berkeley: University of California Press, 1998.

TURNER, Gerard L'E. Scientific toys. **The British Journal for the History of Science**, [s.l.], v. 20, n. 4, p. 377-398, 1987. Disponível em: <https://philpapers.org/rec/TURST>. Acesso em: 20 maio 2022.

UNESCO. **Ensino de Ciências: o futuro em risco**. Brasília, DF: UNESCO, 2005. (Série Debates, 6). Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000139948.locale=en>. Acesso em: 16 ago. 2022.

VAN HELDEN, Albert; HANKINS, Thomas L. Introduction: instruments in the History of Science. **Osiris**, [s.l.], v. 9, n. 1, p. 1-6. 1994. Disponível em: <https://www.journals.uchicago.edu/doi/10.1086/368726>. Acesso em: 14 maio 2022.

VIZZOTTO, Patrick Alves. **A proficiência científica de egressos do ensino médio ao utilizar a Física para interpretar o cotidiano do trânsito**. 2019. Tese (Doutorado em Educação em Ciências: Química da Vida e Saúde) – Instituto de Ciências Básicas da Saúde, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/197250>. Acesso em: 28 abr. 2022.

WARNER, Deborah Jean. What is a scientific instrument, when did it become one, and why? **The British Journal for the History of Science**, Washington, DC, v. 23, n. 1, 1990, p. 83-93. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/4026803>. Acesso em: 13 maio 2022.

WESTON, Margaret. Foreword. In: TURNER, Gerard L'E. **Nineteenth-century scientific instruments**. London: Sotheby Publications, 1983.

WISSEHR, Cathy; CONCANNON, Jim; BARROW, Lloyd H. Looking back at the Sputnik era and its impact on Science education. **School Science and Mathematics**, [s.l.], v. 111, n. 7, p. 368-375, Nov. 2011. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1949-8594.2011.00099.x>. Acesso em: 5 jul. 2022.

ZAMBONI, André Henrique. **Currículo do Sistema de Currículos Lattes**. [S.l.]: CNPQ, 2021. Disponível em: <http://lattes.cnpq.br/0051012656068482>. Acesso em: 13 nov. 2022.

ZANCUL, Maria Cristina de Senzi; SOUZA, Rosa Fátima. Instrumentos antigos como fontes para a história do ensino de Ciências e de Física na educação secundária. **Educação: teoria e prática**, Rio Claro, SP, v. 22, n. 40, p. 81-99, maio/ago. 2012. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/educacao/article/view/6272>. Acesso em: 31 mar. 2022.

**APÊNDICE A – PRODUTO TÉCNICO-CIENTÍFICO**

# INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS HISTÓRICOS DE MEDIÇÃO DE TEMPO



MESTRADO PROFISSIONAL EM PRESERVAÇÃO DE ACERVOS  
DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

**INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS  
HISTÓRICOS DE MEDIÇÃO  
DE TEMPO**

RIO DE JANEIRO  
2023

ELABORAÇÃO DO TEXTO  
Paola Maciel Lacerda Silva

PROJETO GRÁFICO  
Fabiana Kobayashi Angulo Lopez

ORIENTADOR  
Prof. Dr. Douglas Falcão Silva

CIP – Catalogação na Publicação

S586i

Silva, Paola Maciel Lacerda.

Instrumentos científicos históricos de medição de tempo / Paola Maciel Lacerda Silva ; ilustrações: Fabiana Kobayashi Angulo Lopez. – Rio de Janeiro, 2023.

15 p. : il.

Orientador: Douglas Falcão Silva.

Produto técnico-científico (Mestrado Profissional em Preservação de Acervos de Ciência e Tecnologia) – Programa de Pós-Graduação em Preservação de Acervos de Ciência e Tecnologia, Museu de Astronomia e Ciências Afins, Rio de Janeiro, 2023.

1. Relógios. 2. Observatório Nacional. 3. Ensino das Ciências. 4. Produto educacional. I. Lopez, Fabiana Kobayashi Angulo. II. Silva, Douglas Falcão. III. Título.

CDU: 681.11

Elaborada pela autora.

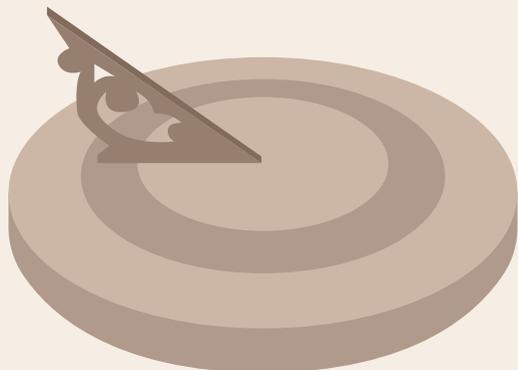
# APRESENTAÇÃO

Esta lista de sugestões de como integrar os instrumentos científicos históricos de medição de tempo aos livros didáticos de Ciências da Natureza e suas tecnologias é o produto de uma dissertação do Programa de Pós-Graduação em Preservação de Acervos de Ciência e Tecnologia (PPACT) do Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST).

A pesquisa realizada baseou-se na proposta de que os instrumentos científicos históricos são uma ferramenta fundamental para engrandecer a aprendizagem dos alunos no que diz respeito à sua alfabetização científica. Por este motivo, buscou-se analisar a presença e a ausência de tais instrumentos nos livros didáticos de Ciências da Natureza e suas tecnologias do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) de 2021. Em virtude da identificada carência destes instrumentos nas obras escolares verificadas, a elaboração da presente lista de sugestões teve como propósito demonstrar o modo como estes aparatos podem ser relacionados aos conhecimentos científicos vistos em sala de aula com o intuito de estimular o desenvolvimento do raciocínio científico dos estudantes e sua compreensão da História da Ciência. Para isso, optou-se por trabalhar com os instrumentos científicos históricos de medição de tempo. Tal escolha teve como base a constatação do apagamento histórico desta tipologia de instrumentos nos livros didáticos analisados.

Ademais, o tempo está presente em todas as vivências do cotidiano, de modo que esta temática possibilite introduzir aos alunos a dimensão da prestação de serviço que se encontra integrada às Ciências. Esta linha de pensamento torna-se ideal para os estudos que, assim como recomendado pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), almejam interrelacionar a Ciência e a Sociedade. Deste modo, além da apresentação dos instrumentos, a lista busca ainda divulgar o Observatório Nacional (ON) e o Museu de Astronomia e Ciências Afins como instituições brasileiras capazes de contribuir para a educação científica dos estudantes.

# RELÓGIO DE SOL



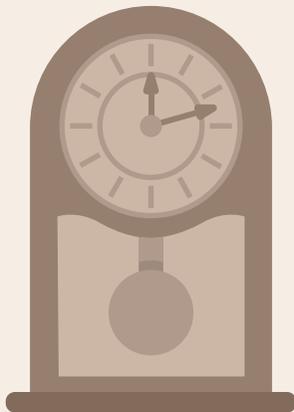
A apresentação deste instrumento em sala de aula permite que os estudantes obtenham uma melhor compreensão em relação aos movimentos do planeta Terra. A partir desta temática, é possível apresentar aos alunos o experimento feito por Eratóstenes de Cirene (276 a.C. – 194 a.C.) ao pressupor a esfericidade da Terra e medir sua circunferência. As reflexões por trás desse experimento observacional podem estimular o raciocínio dos estudantes e facilitar a percepção da movimentação da Terra. De modo similar, a inserção do relógio de sol nos conteúdos didáticos viabiliza o ensino de como medir o tempo a partir deste instrumento, além da fundamentação científica que respalda este fenômeno. Em um cenário como este, a título de exemplo, cabe-se esclarecer aos alunos a mudança no sentido de rotação do planeta Terra a depender do hemisfério de observação. Este fato pode ser exemplificado pelo relógio de sol em virtude de que a sombra projetada por este instrumento gira no sentido horário no hemisfério norte e anti-horário no hemisfério sul, isto é, em sentidos opostos à percepção da movimentação da Terra em cada hemisfério. O estudo mais detalhado deste instrumento oferece conexões a numerosos outros tópicos científicos. As divergências na passagem do tempo obtida por este instrumento se comparado aos relógios digitais são um reflexo da movimentação irregular do planeta Terra. Neste sentido, pode-se explorar questões referentes à inclinação e eclipse do planeta Terra, bem como introduzir aos alunos as leis de Johannes Kepler (1571-1630).

Além de propiciar tamanha relação com os conhecimentos científicos vistos em sala de aula, o estudo histórico comporta ainda o aprendizado da evolução e dos diferentes modelos existentes de relógios de sol. Esta perspectiva possibilita o desenvolvimento do raciocínio de como a Ciência evolui. Neste contexto, é possível mencionar o modo como a correção do posicionamento do gnômon em posição paralela ao eixo de rotação da Terra passou a garantir a consistência das medições ao longo do ano e das estações. Ademais, as tentativas de tornar a medição do tempo mais precisa permitem explorar com os estudantes assuntos históricos como a mudança para o calendário gregoriano e a disposição do ano bissexto, bem como a introdução de conceitos como analema, equação do tempo, horário solar aparente e horário civil. Já a construção de um relógio de sol simples com os estudantes permite correlacionar, de forma prática, demais tópicos como latitude, longitude e declinação magnética, além de oportunizar a utilização de um outro instrumento científico: a bússola.

## RECOMENDAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

- BORDER SUNDIALS. *History of sundials*. Abergavenny, [20–]. Disponível em: <https://www.bordersundials.co.uk/about/history-of-sundials/>. Acesso em: 14 nov. 2022.
- **Dispõe de fotografias históricas e compartilha a evolução de diferentes tipos de relógios de sol.**
- BORDER SUNDIALS. *What is the equation of time?* Abergavenny, 2017. Disponível em: <https://www.bordersundials.co.uk/what-is-the-equation-of-time/>. Acesso em: 14 nov. 2022.
- **Conceitua a equação do tempo e ilustra o analema. Explora questões referentes à movimentação e eclipse do planeta Terra e contextualiza a mudança do calendário juliano para o gregoriano.**
- DECLINAÇÃO magnética - Cosme Ponte Neto e Rodrigo Bijani. Rio de Janeiro: Observatório Nacional, 2016. 1 vídeo (5 min). Publicado pelo canal ObservatorioNacional. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Bzed5x20HCs>. Acesso em: 16 nov. 2022.
- **Ensina a utilizar o software desenvolvido pelo Observatório Nacional encarregado de calcular a declinação magnética de uma localização em um período de tempo.**
- ENTENDA como funciona o relógio de sol da Uniãoeste. Cascavel: Uniãoeste, 2017. 1 vídeo (5 min). Publicado por Imagotvunioeste8320. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=oh0Edo0HfQ8>. Acesso em: 16 nov. 2022.
- **Explica o funcionamento do relógio de sol horizontal da Universidade Uniãoeste. Diferencia o norte magnético do norte geográfico. Menciona a equação do tempo e diferencia a hora solar da hora civil.**
- FALANDO de Ciência - Ano bissexto. Rio de Janeiro: Observatório Nacional, 2020. 1 vídeo (5 min). Publicado pelo canal ObservatorioNacional. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=h3DDSLjZxVk>. Acesso em: 29 nov. 2022.
- **Esclarece a disposição do ano bissexto e a mudança do calendário juliano para o calendário gregoriano. Clarifica também a etimologia da palavra "bissexto".**
- LUX | Relógio Solar (17/09/18). Curitiba: UFPR, 2018. 1 vídeo (6 min). Publicado pelo canal TVUFPR. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=J0mcyliIkw>. Acesso em: 16 nov. 2022.
- **Apresenta orientações de como construir um relógio solar simples de papel.**
- MILONE, André de Castro. *Orientação geográfica e relógio de sol*. [São José dos Campos]: Instituto de Pesquisas Espaciais, 2018. Disponível em: [http://www.inpe.br/ciaa2018/arquivos/oficinas\\_pdfs/Orientacao\\_Geografica\\_e\\_Relogio\\_de\\_Sol.pdf](http://www.inpe.br/ciaa2018/arquivos/oficinas_pdfs/Orientacao_Geografica_e_Relogio_de_Sol.pdf). Acesso em: 16 nov. 2022.
- **Contém instruções para a realização de três atividades práticas envolvendo as temáticas de orientação geográfica e relógio de sol.**
- MOSS, Tony. How sundials work. *The British Sundial Society*, [s.l.], c2022. Disponível em: <https://sundialsoc.org.uk/discussions/how-do-sundials-work/>. Acesso em: 14 nov. 2022.
- **A partir de ilustrações, demonstra o funcionamento de uma variedade de relógios de sol em diferentes localidades do planeta Terra. Exibe a diferença entre os relógios a depender da latitude e diferencia o sentido da sombra do gnômon nos dois hemisférios.**
- MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS (MAST). *O movimento aparente do Sol*. Rio de Janeiro, [20–]. Disponível em: [http://site.mast.br/exposicoes\\_hotspots/exposicao\\_temporaria\\_faz\\_tempo/movimento\\_sol.htm](http://site.mast.br/exposicoes_hotspots/exposicao_temporaria_faz_tempo/movimento_sol.htm). Acesso em: 15 nov. 2022.
- **Site integrante da exposição Faz Tempo do Museu de Astronomia e Ciências Afins. Contextualiza o relógio de sol, relaciona o movimento da Terra com a diferença existente entre as horas solar e civil e ilustra o comprimento das sombras.**
- ORTIZ, Roberto. *Experimentos de Astronomia para o Ensino Fundamental e Médio*. São Paulo: USP, 2011. Disponível em: [http://each.uspnet.usp.br/ortiz/classes/experimentos\\_2011.pdf](http://each.uspnet.usp.br/ortiz/classes/experimentos_2011.pdf). Acesso em: 29 nov. 2022.
- **Fornece aos professores dos Ensinos Fundamental e Médio mais de vinte roteiros de atividades práticas a serem realizadas com os alunos. Inclui instrumentos científicos como os relógios de sol equatorial e horizontal; o telescópio refletor; o astrolábio; o espectroscópio; o termômetro; e a câmera escura.**
- PINTO, Luís Filipe Marques. Funcionamento e traçado do relógio de sol. *Revista Arquitectura Lusitana*, Lisboa, n. 4, p. 9-35, 2013. Disponível em: <http://revistas.lis.ulsiada.pt/index.php/ral/article/view/199>. Acesso em: 15 nov. 2022.
- **Detalha os movimentos do planeta Terra e esclarece a respeito dos componentes de um relógio de sol. Apresenta 9 gêneros deste instrumento, dentre eles o relógio de sol equatorial; polar; horizontal e vertical. Diferencia a hora solar da hora legal.**
- ROHR, René R. J. *Sundials: history, theory and practice*. New York: Dover Publications, 1996. Disponível em: <https://archive.org/embed/sundialshistory0000rohr>. Acesso em: 15 nov. 2022.
- **Fornece a história do relógio de sol e detalha a respeito de uma variedade de modelos deste instrumento. Provém também instruções de como construir um destes relógios.**
- ROMÉY, Kristin. Descoberto relógio de sol feito para celebrar vitória em eleição romana. *National Geographic Brasil*, [s.l.], 10 nov. 2017. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/historia/2017/11/descoberto-relogio-de-sol-feito-para-celebrar-vitoria-em-eleicao-romana>. Acesso em: 16 nov. 2022.
- **Ilustra e contextualiza a descoberta arqueológica de um relógio de sol romano de aproximadamente 2 mil anos.**
- SAGAN, Carl. *Cosmos*. São Paulo: Companhia das Letras, 2017.
- **Obra de divulgação científica que contextualiza a história da Astronomia e interrelaciona numerosas áreas do conhecimento. Abrange figuras históricas que possuem conexão com os relógios e a movimentação da Terra, tal como Anaximandro de Mileto, Eratóstenes de Cirene, Galileu Galilei, Christiaan Huygens, Tycho Brahe e Johannes Kepler.**
- SALVADOR, José Antonio. Ciências e matemática do sol e do gnômon. *Brazilian Electronic Journal of Mathematics*, [s.l.], v. 1, n. 2, p. 63-82, 2020. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/BEJOM/article/view/53719>. Acesso em: 10 dez. 2022.
- **Propõe uma lista de atividades interdisciplinares que podem ser realizadas com os alunos a fim de despertar o interesse pelas Ciências e Matemática. Engloba o relógio de sol e demais instrumentos científicos, bem como os movimentos da Terra, as coordenadas geográficas e figuras históricas como Eratóstenes de Cirene (276a.C. - 194 a.C.) e Aristarco de Samos (310 a.C. - 230 a.C.).**

# RELÓGIO DE PÊNDBULO



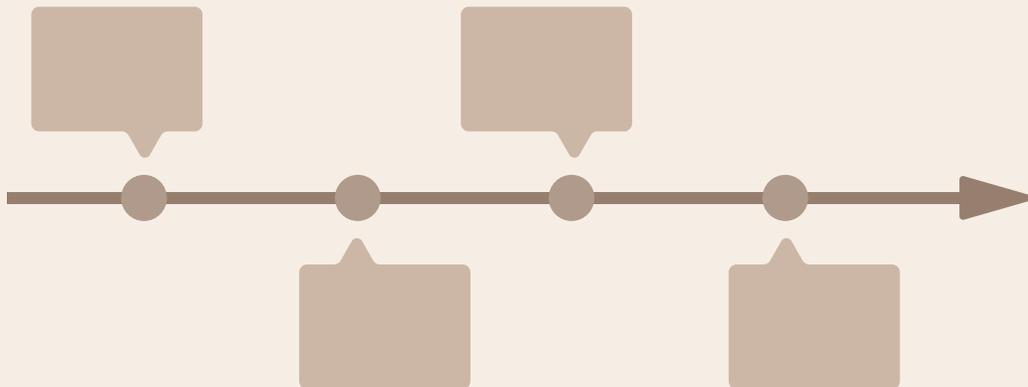
O estudo do pêndulo com os estudantes fornece escopo para interrelacionar uma variedade de assuntos. Similar ao relógio de sol, temáticas como o experimento com o pêndulo de Léon Foucault (1819-1868) facilitam o entendimento acerca da movimentação do planeta Terra. A reprodução deste experimento é capaz de confirmar a rotação e esfericidade da Terra por meio de observações científicas que trazem consigo o entendimento das relações entre o efeito Coriolis, a latitude e o plano de oscilação do pêndulo, além de propiciar a visualização das diferenças no sentido de rotação da Terra a depender do hemisfério de observação. Além de Foucault, o pêndulo permite resgatar e interconectar os estudos de figuras históricas como Galileu Galilei (1564-1642), Isaac Newton (1643-1727) e Christiaan Huygens (1629-1695). Nesse sentido, cabe-se explorar com os alunos a lei do isocronismo e as demais análises de Galileu acerca das oscilações do pêndulo; assim como o papel do pêndulo como instrumento utilizado por Newton na testagem de suas leis e da aceleração centrípeta. Abarca-se ainda os estudos realizados por Huygens ao utilizar este instrumento na determinação da aceleração gravitacional e ao desenvolver o primeiro relógio de pêndulo. A utilização da História da Ciência neste contexto oportuniza a compreensão da Ciência como um processo, o que garante um melhor embasamento aos alunos ao adentrar temáticas como as leis de conservação, o valor da aceleração da gravidade e seu diferencial dos polos para o Equador. Ademais, o pêndulo possibilita ainda demonstrar as

relações existentes entre a Ciência e o contexto histórico de uma determinada época. No caso dos relógios, o seu desenvolvimento foi parcialmente instigado pela necessidade de solucionar o problema da longitude que acometia as grandes navegações. Esta perspectiva viabiliza um estudo imersivo das condições e demandas da época, bem como a fundamentação teórica por trás da solução encontrada por John Harrison (1693-1776) ao engendrar o cronômetro marítimo.

## RECOMENDAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

- BORGES, Emílio; BRAGA, João Pedro. *O efeito de Coriolis*: de pêndulos a moléculas. Química Nova, [São Paulo], v. 33, n. 6, p. 1416-1420, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/LzqzZkj3hgDK4dT9vyCSGH/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 dez. 2022.
- **De modo interdisciplinar, contextualiza o pêndulo e abarca a força de Coriolis em níveis macro e microscópicos.**
- CENTENARO, Francis Jessé; SAUERWEIN, Inés Prieto Schmidt; SAUERWEIN, Ricardo Andreas; PASTORIO, Dioni Paulo; ALVES, Josemar. As TIC no ensino de física: uma proposta de atividade didática com o uso de uma simulação computacional acerca do movimento de um pêndulo simples. *Revista de Enseñanza de la Física*, Córdoba, Argentina, v. 29, n. extra, p. 353-359, 2017. Disponível em: <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/18494/18346>. Acesso em: 10 dez. 2022.
- **A partir do pêndulo, propõe a implementação de simulações computacionais como forma de atividades didáticas a serem realizadas com os estudantes.**
- HIODO, Francisco Yukio. *Determinação da aceleração da gravidade usando um pêndulo simples*. São Paulo: USP, 8 nov. 2019. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=2696063>. Acesso em: 10 dez. 2022.
- **Descreve o passo a passo para determinar a aceleração da gravidade por meio do uso de um pêndulo simples.**
- MATTHEWS, Michael R.; GAULD, Colin F.; STINNER, Arthur (ed.). *The pendulum*. Dordrecht: Springer, 2005.
- **Apresenta o pêndulo detalhadamente a partir das perspectivas científica, histórica, filosófica e educacional. Descreve o papel do instrumento nos estudos de figuras históricas como Galileu Galilei, Christiaan Huygens, Isaac Newton, Robert Hooke, Léon Foucault e Jean Piaget.**
- PÊNDBULO de Foucault, Museu das Ciências, em Valência. [S.l.: s.n.], 2018. 1 vídeo (2 min). Publicado pelo canal Passaronoombro9461. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=T8eTRQPSdXg>. Acesso em: 29 nov. 2022.
- **Disponibiliza a visualização de uma réplica do pêndulo de Foucault localizada no Museu das Ciências em Valência, na Espanha.**
- PhET Interactive Simulations. *Laboratório do pêndulo*. Boulder: University of Colorado Boulder, c2022. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulations/pendulum-lab](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/pendulum-lab). Acesso em: 10 dez. 2022.
- **Laboratório virtual que possibilita a realização de simulações com pêndulos.**
- ROYAL MUSEUMS GREENWICH. *Longitude found: the story of Harrison's clocks*. [London], c2022. Disponível em: <https://www.rmg.co.uk/stories/topics/harrisons-clocks-longitude-problem>. Acesso em: 10 dez. 2022.
- **Sumariza o modo como John Harrison solucionou o problema da longitude.**
- SOBEL, Dava. *Longitude: a verdadeira história do gênio solitário que resolveu o maior problema científico do século XVIII*. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.
- **Esclarece como John Harrison solucionou o problema da longitude a partir da invenção do cronômetro marítimo.**
- SOLAZ PORTOLÉS, J.J.; SANJOSÉ LÓPEZ, V. El papel del péndulo en la construcción del paradigma newtoniano. *Enseñanza de las Ciencias*, València, v. 10, n. 1, p.95-100, 1992. Disponível em: <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v10n1/02124521v10n1p95.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2022.
- **A partir de uma contextualização do trabalho com o pêndulo realizado por figuras como Galileu Galilei, Christiaan Huygens, Robert Hooke, Isaac Newton e Léon Foucault, este artigo demonstra como o pêndulo foi vital para a construção do paradigma newtoniano.**
- STINNER, Art; METZ, Don. Pursuing the ubiquitous pendulum. *American Association of Physics Teachers*, [s.l.], v. 41, p. 25-30, 2003. Disponível em: <https://aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.1533961>. Acesso em: 29 nov. 2022.
- **Oferece três exemplos didáticos de como relacionar o pêndulo com as temáticas de queda livre e plano inclinado.**

# EVOLUÇÃO DOS RELÓGIOS



A integração dos instrumentos científicos históricos de medição de tempo nos livros didáticos favorece a observação da evolução da Ciência e o papel dos instrumentos neste êxito. Sob esta perspectiva, recomenda-se o estudo dos aperfeiçoamentos tecnológicos recebidos por estes aparatos, bem como a análise dos benefícios e obstáculos enfrentados pelo usuário de cada tipologia destes instrumentos. Esta sugestão é dada com base no pensamento de que a compreensão da linha evolutiva tecnológica dos instrumentos facilita o desenvolvimento do raciocínio dos estudantes, que obtêm um melhor discernimento científico. No caso dos relógios, cabe-se a apresentação de aparatos como o relógio de sol, a clepsidra, o relógio de vela, a ampulheta, o relógio de incenso, a pêndula, o relógio de quartzo e o relógio atômico.

Podem ser trabalhadas aqui a falta de funcionamento do relógio de sol durante o céu noturno e nublado, assim como o seu aprimoramento evolutivo após o gnômon passar a ser apontado para o polo mais próximo da localização em que o relógio se encontra. No caso das clepsidras, é interessante destacar como um empecilho o congelamento da água do instrumento em ambientes cuja temperatura alcance um valor abaixo de 0°C. Este aparelho permite também exemplificar as relações científicas entre pressão e velocidade, visto que a diminuição da pressão da água interfere na velocidade do cair do líquido e, conseqüentemente, na passagem do tempo. Nesse sentido, propicia-se ainda a inserção de uma

abordagem histórica por meio do estudo de Ctesíbio de Alexandria (285 a.C. – 222 a.C.), que solucionou o problema da água ao desenvolver a primeira clepsidra automática. Esta invenção proporcionou também uma medição regular da hora solar, uma vez que o aparelho contava com linhas indicativas de horário que variavam conforme a época do ano.

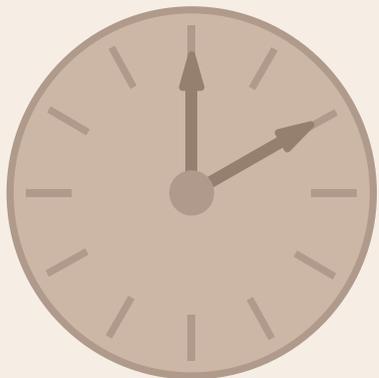
De modo similar à clepsidra, observa-se a interferência do ambiente na medição da passagem do tempo realizada pelos relógios de quartzo, que podem ganhar ou perder alguns segundos com base na oscilação de temperatura. A inserção deste aparelho nos materiais didáticos oportuniza também o estudo do efeito piezoelétrico e a descoberta da piezoelectricidade realizada por Jacques (1855-1941) e Pierre Curie (1859-1906) no ano de 1880.

Ainda sob uma abordagem histórica, a compreensão de que o intervalo de tempo de uma hora só veio a receber uma padronização a partir da invenção dos relógios mecânicos viabiliza integrar em sala de aula os contextos sociais e históricos de determinadas épocas estudadas. A partir disso, é possível ainda comparar as necessidades e demandas de cada período histórico. Dessa maneira, é possível reparar no contraste existente entre a falta da necessidade de precisão do tempo em épocas anteriores às grandes navegações e a demanda da sociedade atual ao utilizar o serviço da determinação precisa do tempo nos estudos sobre a gravidade, no funcionamento da bolsa de valores e em sistemas de navegação como GPS, GLONASS (Sistema de Navegação Global via Satélite) e Galileo.

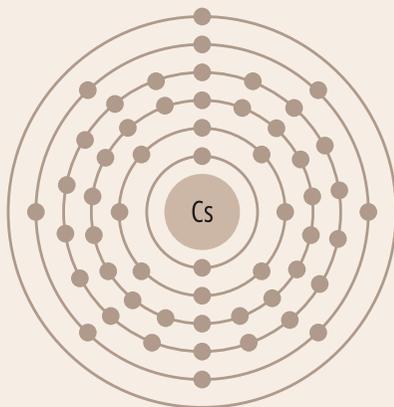
## RECOMENDAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

- BRAGANÇA, João Gabriel Campos de. *A medida do fluir do tempo e a física do relógio de água*. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: [https://www.if.ufrj.br/~pef/producao\\_academica/dissertacoes/2021\\_Joao\\_Braganca/dissertacao\\_Joao\\_Braganca.pdf](https://www.if.ufrj.br/~pef/producao_academica/dissertacoes/2021_Joao_Braganca/dissertacao_Joao_Braganca.pdf). Acesso em: 14 dez. 2022.
- **Estuda o relógio de água e sugestiona a construção de uma versão deste instrumento como atividade prática em sala de aula.**
- KRONENBERG, José Luiz Machado. Fundamentos de metrologia de tempo e frequência. In: KRONENBERG, José Luiz Machado. *Contribuições para o fortalecimento do laboratório nacional brasileiro de metrologia de tempo e frequência*. 2007. Dissertação (Mestrado em Metrologia) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007. f. 27-68. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/colecao.php?strSecao=resultado&nrSeq=11026@1>. Acesso em: 14 dez. 2022.
- **Discursa a respeito de numerosos tópicos que circundam os relógios, como as definições do segundo, as escalas de tempo, os fusos horários e problema da longitude. Inclui também explicações referentes ao relógio de sol, clepsidra, ampulheta, relógios de quartzo e atômico.**
- McNOWN, John S. When time flowed: the story of the clepsidra. *La Houille Blanche*, [s.l.], v. 62, n. 5, p. 347-353, 1976. Disponível em: <https://www.shf-lhb.org/articles/lhb/pdf/1976/04/lhb1976021.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2022.
- **Veicula a história e evolução do relógio de água, também conhecido como clepsidra.**
- MEASUREMENT of time. [S.l. : s.n.], 2019. 1 vídeo (5 min). Publicado pelo canal FAEdu. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=RUD2pvKbpfs>. Acesso em: 15 dez. 2022.
- **Esclarece a mensuração do tempo por meio de uma animação. Abarca a definição do segundo, os movimentos do planeta Terra e explica o funcionamento de um relógio atômico.**
- MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS (MAST). *Faz Tempo*. Rio de Janeiro, [20--]. Disponível em: [http://site.mast.br/exposicoes\\_hotsites/exposicao\\_temporaria\\_faz\\_tempo/index.html](http://site.mast.br/exposicoes_hotsites/exposicao_temporaria_faz_tempo/index.html). Acesso em: 14 dez. 2022
- **Site da exposição Faz Tempo do Museu de Astronomia e Ciências Afins. Apresenta questões do sistema solar, referentes ao tempo natural; e instrumentos como os relógios de pêndulo, quartzo e atômico, referentes ao tempo social.**
- OBSERVATÓRIO NACIONAL (Brasil). *Os relógios e sua evolução*. [Rio de Janeiro, 201-]. Disponível em: <http://pcdsh01.on.br/historelog1.htm>. Acesso em: 14 dez. 2022.
- **Descreve a cronologia dos relógios a partir do período de 3000 a.C. até os dias atuais.**
- SMITHSONIAN. *Time and Navigation: the untold story of getting from here to there*. Washington, DC, [20--]. Disponível em: <https://timeandnavigation.si.edu/>. Acesso em: 12 dez. 2022.
- **Website mantido pelo Smithsonian e dedicado às temáticas de Tempo e Navegação. Descreve e ilustra instrumentos científicos históricos tais como os relógios de pêndulo, quartzo, atômico e o cronômetro marítimo. Detalha a respeito do problema da longitude e menciona o papel de figuras históricas como Galileu, Huygens e John Harrison no desenvolvimento do Tempo e Navegação.**
- VICENTE ABAD, Pablo de. La medida del tiempo. *Anuario del Observatorio Astronómico de Madrid*, Madrid, n. 1, p. 372-399, 2011. Disponível em: <http://astronomia.ign.es/rknowsys-theme/images/webAstro/paginas/documentos/Anuario/lamedidadel tiempo.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2022.
- **Este artigo cobre os principais tópicos acerca da medição de tempo, tal como as definições básicas de dia, mês e ano; o problema dos calendários; a equação do tempo; o problema da longitude; e a cronologia dos relógios.**
- WHITROW, G. J. *O tempo na História: concepções do tempo da pré-história aos nossos dias*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1993. (Ciência e Cultura).
- **Explora a temática do tempo desde o período da pré-história até os dias atuais. Compartilha conceitos relacionados à noção de tempo e veicula a cronologia dos relógios, analisando também as influências que tais instrumentos exerceram sobre as civilizações.**

# RELÓGIO ATÔMICO



9.192.631.770



O Sistema Internacional de Medidas (SI) entende como segundo “[...] a duração de 9 192 631 770 períodos da radiação correspondente à transição entre os dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133.” (INMETRO; IPQ, 2021). Esta definição, determinada pela Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM) no ano de 1967, sucedeu definições anteriormente vinculadas ao dia solar médio e ao ano tropical. A apresentação do relógio atômico no ensino escolar oportuniza elucidar os alunos a respeito da evolução desta conceituação e dos motivos por trás de tais mudanças. A partir deste contexto, torna-se propício a introdução dos fatores que interferem nos movimentos irregulares de rotação e translação do planeta Terra, o que facilita o entendimento de conceitos como Tempo Atômico Internacional (TAI) e Tempo Universal Coordenado (UTC). Além disso, a explicação acerca do funcionamento dos relógios atômicos contribui para a compreensão de uma variedade de tópicos vistos em sala de aula. No que diz respeito às teorias atômicas, este modelo de relógio possibilita uma melhor visualização por parte dos alunos acerca do comportamento dos átomos e seus estados de energia. De maneira similar, a abordagem histórica por trás da escolha do césio 133 como elemento mais indicado para o desenvolvimento deste aparelho viabiliza também uma conexão com as aulas dedicadas ao estudo da tabela periódica. Já no que se refere às aulas de Física, sabe-se que a maior exatidão neste serviço de medição possibilita a demonstração e o estudo dos efeitos da gravidade e velocidade na passagem

do tempo. Esta perspectiva propicia a menção do relógio atômico nas seções dos livros didáticos dedicadas aos satélites artificiais e ao Sistema de Posicionamento Global (GPS). Neste momento, cabe-se exemplificar aos alunos a Teoria da Relatividade de Einstein a partir de sua aplicação nas correções realizadas nos relógios atômicos presentes nos satélites artificiais responsáveis pela localização GPS. É possível também incluir como exemplo nos livros didáticos o acervo detido pelo Observatório Nacional, que conta com um grupo de 10 relógios atômicos utilizados na determinação do UTC, dos quais 9 são de césio 133 e apenas um destes é de maser de hidrogênio.

## RECOMENDAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

- BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES (BIPM). BIPM Time Department Data Base. *ONR* participating clocks to UTC. [Paris, 20--]. Disponível em: <https://webtai.bipm.org/database/clocklab.html?lab=ONR>. Acesso em: 1 dez. 2022.
- **Base de dados do Escritório Internacional de Pesos e Medidas (BIPM). Possibilita a pesquisa dos laboratórios e relógios atômicos ao redor do mundo responsáveis pelo cálculo da hora. Como instituição participante, o Observatório Nacional é representado pela sigla ONR.**
- CAESIUM or Cesium - Periodic Table of Videos. [S.l. : s.n.], 2009. 1 vídeo (7 min). Publicado pelo canal Periodicvideos. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5aD6HwUE2c0>. Acesso em: 15 dez. 2022.
- **Contextualiza a utilização do césio na padronização do segundo e realiza experimentações com cinco gramas deste elemento.**
- INMETRO; INSTITUTO PORTUGUÊS DE QUALIDADE (IPQ). *O Sistema Internacional de Unidades*. Brasília, DF: Inmetro; Caparica: IPQ, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/documentos-tecnicos-em-metrologia/si-versao-final.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2022.
- **Tradução luso-brasileira do Sistema Internacional de Unidades. Compartilha a perspectiva histórica da unidade de tempo segundo e veicula as mudanças em sua definição, previamente vinculada ao dia solar médio e ao ano tropical.**
- OBSERVATÓRIO NACIONAL (Brasil). *Leap second*. [Rio de Janeiro, 20--]. Disponível em: <http://pcdsh01.on.br/LeapSecond.html>. Acesso em: 13 dez. 2022.
- **Explica o motivo por trás das variações na rotação do planeta Terra. Discursa a respeito da necessidade de inserção do segundo intercalado e diferencia os conceitos de Tempo Atômico Internacional (TAI) e Tempo Universal Coordenado (UTC).**
- OLIVEIRA, Marcos de. Frequência do tempo. *Pesquisa Fapesp*, São Paulo, n. 83, 2003. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/frequencia-do-tempo/>. Acesso em: 15 dez. 2022.
- **Apresenta diferentes modelos de relógios atômicos construídos no Brasil.**
- ONODY, Roberto Nicolau. *Do pêndulo ao relógio nuclear*. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2021. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/003022357>. Acesso em: 15 dez. 2022.
- **Menciona os relógios de pêndulo, quartzo e atômico e apresenta suas respectivas frequências de operação. Explica também o funcionamento do relógio atômico e compartilha modelos desta tipologia de instrumento criados em território nacional.**
- TIME AND DATE. *Articles about timekeeping*. [S.l.], c2022. Disponível em: <https://www.timeanddate.com/topics/timekeeping>. Acesso em: 14 dez. 2022.
- **Lista de artigos a respeito da medição do tempo. Veicula temáticas como a diferenciação entre Tempo Atômico Internacional (TAI) e Tempo Universal Coordenado (UTC); a proposta do fim do segundo intercalado; e o funcionamento de um relógio atômico; dentre outras questões.**
- TUBOY, Aparecida M.; MILORI, Débora M. B. P.; CARVALHO, Flávio T.; ZILLO, Sérgio C.; BAGNATO, Vanderlei S. *O relógio atômico brasileiro*. São Carlos: Universidade de São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.cepa.if.usp.br/e-fisica/mecanica/pesquisahoje/cap3/defaultframebaixo.htm>. Acesso em: 23 nov. 2022.
- **Introduz a evolução das medidas de tempo e informa acerca da construção do relógio atômico do Instituto de Física de São Carlos, da Universidade de São Paulo (USP).**
- VOGADO, Gabriela Alencar; SOUZA, Nayana Helena Negrão de; ANDRADE, Vanessa Carvalho de. Jogo Entrega Relativa para auxiliar o ensino da teoria da relatividade restrita, a partir da perspectiva dos sistemas de navegação por satélite. *Revista do Professor de Física*, Brasília, DF, v. 6, n. especial, p. 628-637, dez. 2022. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/46093/35228>. Acesso em: 14 dez. 2022.
- **Apresenta uma alternativa lúdica como forma de ensino da teoria da relatividade restrita de Albert Einstein. Propõe conteúdos a serem aplicados em um período de quatro aulas, onde também são trabalhados os relógios atômicos.**
- ZANOTTA, Daniel Capella; CAPPELLETTO, Eliane; MATSUOKA, Marcelo Tomio. O GPS: unindo Ciência e Tecnologia em aulas de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, [s.l.], v. 33, n. 2, 2313, 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/rbepf/a/dWnb3PykwnCsg9wXkqC9vf/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 14 dez. 2022.
- **Demonstra a utilização da teoria da relatividade geral e restrita na correção temporal dos relógios atômicos no Sistema de Posicionamento Global (GPS).**

# OBSERVATÓRIO NACIONAL



O Observatório Nacional é uma instituição brasileira responsável por atuar nas áreas de Astronomia e Astrofísica; Geofísica; e Tempo e Frequência. Criada a partir do decreto imperial de 15 de outubro de 1827, sua inserção nos materiais didáticos permite interrelacionar tópicos históricos e científicos. Entende-se que sua criação é uma das numerosas medidas implementadas após a independência do Brasil e sucedeu-se a partir da necessidade de orientar as navegações e delimitar os limites geográficos do país. Nesse sentido, além de ser possível trabalhar tal contextualização histórica que circunda sua criação, cabe-se explorar aqui as relações contidas entre as navegações, a Astronomia e a medição de tempo. Compreende-se que o Observatório Nacional é responsável por gerar, conservar e disseminar a Hora Legal Brasileira (HLB). Este fato viabiliza os estudos no que concerne à evolução das metodologias astronômicas e metrológicas aplicadas pela instituição para o cálculo da hora, realizado sob auxílio de instrumentos científicos tais como lunetas meridianas, sextantes e astrolábios para observações astronômicas; e pêndulas e cronômetros para passagem do tempo. Admite-se ainda introduzir aos estudantes as medidas implementadas para disseminação da hora local, como a utilização do “balão da hora” e de um sistema de lâmpadas elétricas ao longo dos séculos XIX e XX, assim como a transmissão da hora por telegrafia e radiotelegrafia. Este contexto propicia a inserção de tópicos como a adesão do Brasil ao meridiano de Greenwich; o crescimento da rede de telégrafos no país; a implementação da lei nº 2784 de 18 de junho de 1913, que determina a hora legal brasileira; e a divisão do território nacional em quatro fusos horários. Deste modo, além da adoção de uma perspectiva que possibilita a imersão no contexto histórico estudado, esta temática apresenta aos estudantes a dimensão da prestação de serviço que se

encontra integrada às Ciências. Esta linha de pensamento torna-se ideal para os estudos que, assim como recomendado pela BNCC, almejam interrelacionar a Ciência e a Sociedade. Além disso, esta é uma das possíveis formas de exemplificar em materiais didáticos a capacidade de resposta da Ciência em diferentes períodos de tempo, afinal, o desenvolvimento de outras metodologias para geração, conservação e disseminação da Hora Legal Brasileira encontra-se refletido na evolução dos instrumentos históricos de medição de tempo até os dias atuais.

Ademais, além do exercício na determinação da hora brasileira, o Observatório Nacional participou e auxiliou em expedições históricas que também podem ser trabalhadas com os estudantes. Menciona-se aqui, a título de exemplificação, a expedição de 1882 que almejou a medição da distância da Terra ao Sol a partir da observação do trânsito de Vênus; e o eclipse de 1919 na cidade de Sobral, no Ceará, responsável por confirmar a Teoria da Relatividade de Einstein. Ambos estes exemplos representam ocasiões em que a instituição colaborou cientificamente em projetos internacionais, o que demonstra a importância do Observatório em âmbito internacional. Além disso, é também uma das instituições mundiais a contar com um grupo de relógios atômicos utilizados na determinação do Tempo Atômico Internacional (TAI) e do Tempo Universal Coordenado (UTC), cujas definições também podem ser vistas em sala de aula. Além da aplicação de tais temáticas no ambiente escolar, é possível que os estudantes beneficiem-se do Observatório Nacional a partir da utilização de seu website e de visitas técnicas in loco, que, dentre outras atividades, possibilitam conhecer a luneta equatorial, considerada o maior telescópio refrator do país e que pode servir de exemplo nos livros didáticos.

## RECOMENDAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

• BARROSO JUNIOR, Jair; JUNQUEIRA, Selma. Difusão da hora legal. In: MATSUURA, Oscar T. (org.). *História da Astronomia no Brasil*. Rio de Janeiro: MAST; Recife: Cepe, 2014. v. 1, cap. 9, p. 299-332.

**Contextualiza a criação do Observatório Nacional e seu papel na determinação da hora. Apresenta a evolução das atividades astronômicas e metrológicas realizadas para cálculo e difusão do tempo e introduz a Divisão Serviço da Hora da instituição. Inclui também demais aspectos históricos que circundam a hora e a longitude.**

• BRASIL. *Lei nº 2.784, de 18 de junho de 1913*. Determina a hora legal. [Rio de Janeiro]: Presidência da República, [2013]. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/historicos/dpl/DPL2784-1913.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/historicos/dpl/DPL2784-1913.htm). Acesso em: 13 dez. 2022.

**Lei nº 2.784, de 18 de junho de 1913, que determina a hora legal brasileira.**

• CARVALHO, Ricardo José de. Divisão Serviço da Hora (DISHO). *Anuário do Observatório Nacional: efemérides astronômicas*, Rio de Janeiro, ano 136, seção H, 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/observatorio/pt-br/servicos/servicos-astronomia/anuarios-do-observatorio-nacional/anuario-astronomico-2020>. Acesso em: 15 dez. 2022.

**Introduz a Divisão Serviço da Hora (DISHO) do Observatório Nacional (ON) e os meios utilizados para disseminação da Hora Legal Brasileira. Divulga também a escala de tempo atômico brasileira, os fusos horários existentes em território nacional e os decretos e leis relativos à Hora Legal.**

• FALANDO de Ciência - Eclipse registrado em Sobral/CE comprova Teoria da Relatividade Geral. Rio de Janeiro: Observatório Nacional, 2018. 1 vídeo (7 min). Publicado pelo canal ObservatorioNacional. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=GFZ6jm7nv6o>. Acesso em: 29 nov. 2022.

**Aborda a história do eclipse solar em Sobral (CE) no ano de 1919 que permitiu comprovar a Teoria da Relatividade Geral de Albert Einstein.**

• LUZ, Sábina. *Observatórios, hora e fusos horários: tempo e Ciência nos periódicos da primeira República do Brasil*. Rio de Janeiro: Fundação Biblioteca Nacional, c2022. Disponível em:

<https://bdigital.bn.gov.br/dossies/historia-da-ciencia/observatorios-hora-e-fusos-horarios-tempo-e-ciencia-nos-periodicos-da-primeira-republica-do-brasil/>. Acesso em: 4 dez. 2022.

**Debate em um só local a Conferência Internacional de Washington em 1884, a lei nº 2.784 de 18 de junho de 1913, o estabelecimento dos quatro fusos horários em território nacional e o papel do Observatório Nacional no serviço da hora.**

• NASCIMENTO, Josina; DAFLON, Simone. A Luneta equatorial do Observatório Nacional. *Revista Brasileira de Astronomia*, São Paulo, v. 4, n. 14, p. 30-35, abr./jun. 2022. Disponível em: <https://sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2022/05/RBA-14online.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2022.

**Celebra os 100 anos de história da luneta equatorial do Observatório Nacional, considerada o maior telescópio refrator do Brasil.**

• OBSERVATÓRIO NACIONAL (Brasil). *Livros digitais*. [Rio de Janeiro], 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/observatorio/pt-br/assuntos/biblioteca/livros-digitais-1>. Acesso em: 13 dez. 2022.

**Biblioteca de livros digitais do Observatório Nacional. Inclui obras dedicadas ao estudo de temáticas como a luneta equatorial; o eclipse de Sobral; a história da instituição e seu papel na geração, conservação e disseminação do tempo.**

• OBSERVATÓRIO NACIONAL (Brasil). *Memória fotográfica em placas de vidro*. Rio de Janeiro, c2019. Disponível em: <http://servicos.on.br/daed/placas/desktop/index.html>. Acesso em: 17 dez. 2022.

**Disponibiliza, de forma digitalizada, 948 placas fotográficas que compreendem o período entre 1885 e 1886. Tal acervo histórico inclui fotografias de instrumentos científicos e expedições realizadas pela instituição, tal como o eclipse de Sobral em 1919.**

• RODRIGUES, Teresinha de Jesus Alvarenga. Da pêndula ao césio, do balão da hora ao sincronismo eletrônico: metrologia em tempo e frequência no Brasil. In: RODRIGUES, Teresinha de Jesus Alvarenga. *Observatório Nacional, 185 anos: protagonista do desenvolvimento científico-tecnológico do Brasil*. Rio de Janeiro: Observatório Nacional, 2012. p. 96-123.

**Este capítulo do livro reúne as medidas implementadas pelo Observatório Nacional na geração, conservação e disseminação da hora. Abrange os instrumentos de observação e de medida utilizados para o cálculo do tempo e apresenta o balão da hora e o sistema de lâmpadas elétricas como antigos métodos de difusão da hora para a sociedade. Inclui ainda tópicos como a Conferência Internacional de Washington de 1884 e a regulamentação da hora legal brasileira no ano de 1913.**

• VEIGA, Carlos H.; SANTOS, Katia T. dos; DIAS, M. Luiza; S. JUNIOR, Renaldo N. da. Placas fotográficas do eclipse de Sobral. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 56, n. 331, p. 34-39, nov. 2015. Disponível em: [https://cienciahoje.periodicos.capes.gov.br/storage/acervo/ch/ch\\_331.pdf](https://cienciahoje.periodicos.capes.gov.br/storage/acervo/ch/ch_331.pdf). Acesso em: 17 dez. 2022.

**Artigo da revista Ciência Hoje acerca do eclipse de Sobral e das placas fotográficas desta expedição, preservadas pelo Observatório Nacional.**

# MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS



Responsável por salvaguardar os objetos científicos e tecnológicos do Observatório Nacional, o Museu de Astronomia e Ciências Afins (MAST) também pode contribuir para a educação científica dos estudantes. No que diz respeito à educação escolar, o MAST conta com dois programas que visam assessorar e capacitar os profissionais educadores, sendo estes o Papo de Educador e o Encontro de Capacitação de Professores (ECAP), este último do qual inclui até mesmo o empréstimo de materiais como telescópio e projetor multimídia. Neste âmbito presencial, é possível também visitar o museu e conhecer suas exposições, reserva técnica, biblioteca e outras atividades oferecidas no local.

Este papel do MAST como fomentador da cultura científica é realizado também à distância. O website da instituição oferece exposições virtuais e materiais referentes às suas exposições presenciais, que podem ser utilizados em sala de aula com os estudantes. Menciona-se aqui a disponibilização online de conteúdos acerca de duas exposições presenciais já encerradas e que trabalham a temática do tempo aqui abordada, sendo estas *Olhar o céu, medir a Terra* e *As estações do ano: Terra em movimento*. Além de tais materiais, o museu viabiliza também o acesso às suas publicações e bases de dados arquivística, bibliográfica e museológica, onde pode-se navegar pelos seus acervos, que incluem diversos instrumentos científicos históricos. A instituição desenvolveu ainda outras formas de alcançar a população à distância, tal como o projeto *MAST em casa* e a

elaboração de aplicativos para celular. Nesse sentido, percebe-se que o Museu Astronomia e Ciências Afins apresenta diversas ferramentas que podem ser utilizadas para ensinar a História da Ciência e educar cientificamente os estudantes da Educação Básica, a começar por seu enriquecedor acervo de instrumentos científicos históricos de medição de tempo.

## RECOMENDAÇÕES BIBLIOGRÁFICAS

• MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS (MAST). *As estações do ano, Terra em movimento*. Rio de Janeiro, 2009. Disponível em: <http://www.mast.br/museu/wp-content/uploads/2018/08/catalogo-expo-estacoesDoAno.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2022.

**Catálogo da exposição As estações do ano, Terra em movimento do Museu de Astronomia e Ciências Afins. Discorre a respeito das estações do ano e da inclinação do eixo de rotação da Terra.**

• MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS (MAST). *Bases de dados dos acervos*. Rio de Janeiro, [202-]. Disponível em: <https://www.gov.br/mast/pt-br/bases-de-dados-dos-acervos>. Acesso em: 17 dez. 2022.

**Possibilita o acesso às bases de dado arquivística, bibliográfica e museológica do Museu de Astronomia e Ciências Afins.**

• MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS (MAST). *Home*. Rio de Janeiro, [20-]. Disponível em: <http://www.mast.br/museu/>. Acesso em: 17 dez. 2022.

**Página principal do Museu de Astronomia e Ciências Afins. Permite a consulta às atividades, cronogramas e exposições da instituição; aos projetos Papo de Educador e Encontro de Capacitação de Professores (ECAP); e ao programa MAST em casa.**

• MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS (MAST). *Olhar o céu, medir a Terra*. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: [http://www.mast.br/museu/wp-content/uploads/2018/07/catalogo\\_olhar\\_o\\_ceu\\_medir\\_a\\_terra.pdf](http://www.mast.br/museu/wp-content/uploads/2018/07/catalogo_olhar_o_ceu_medir_a_terra.pdf). Acesso em: 17 dez. 2022.

**Catálogo da exposição Olhar o céu, medir a Terra, do Museu de Astronomia e Ciências Afins. Apresenta uma série de instrumentos de medição do tempo e espaço e contextualiza as navegações e o problema da longitude.**

• MUSEU DE ASTRONOMIA E CIÊNCIAS AFINS (MAST). *Publicações*. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mast/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes>. Acesso em: 17 dez. 2022.

**Disponibiliza versões digitais das publicações do Museu de Astronomia e Ciências Afins.**

• THESAURUS de acervos científicos em língua portuguesa. Rio de Janeiro: MAST; Lisboa: Museu Nacional de História Natural e da Ciência, [201-]. Disponível em: <http://thesauronline.museum.ul.pt/>. Acesso em: 18 dez. 2022.

**Vocabulário controlado com mais de mil termos referentes aos acervos científicos em língua portuguesa. Sua divisão hierárquica é dada a partir dos seguintes termos: instrumento científico, instrumento de demonstração e estudo, máquina, objeto de referência e utensílio.**



MUSEU DE  
ASTRONOMIA

E CIÊNCIAS AFINS

## ANEXO A – HABILIDADES DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS PARA O ENSINO MÉDIO

### HABILIDADES

**(EM13CNT101)** Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.

**(EM13CNT102)** Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.

**(EM13CNT103)** Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.

**(EM13CNT104)** Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis.

**(EM13CNT105)** Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.

**(EM13CNT106)** Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.

**(EM13CNT107)** Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais –, para propor ações que visem a sustentabilidade.

## HABILIDADES

**(EM13CNT201)** Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.

**(EM13CNT202)** Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

**(EM13CNT203)** Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

**(EM13CNT204)** Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

**(EM13CNT205)** Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.

**(EM13CNT206)** Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.

**(EM13CNT207)** Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.

**(EM13CNT208)** Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana.

**(EM13CNT209)** Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

## HABILIDADES

**(EM13CNT301)** Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

**(EM13CNT302)** Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.

**(EM13CNT303)** Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

**(EM13CNT304)** Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.

**(EM13CNT305)** Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos, em diferentes contextos sociais e históricos, para promover a equidade e o respeito à diversidade.

**(EM13CNT306)** Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.

**(EM13CNT307)** Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.

**(EM13CNT308)** Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.

## HABILIDADES

**(EM13CNT310)** Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de avaliar e/ou promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.