

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE MINAS GERAIS - *CAMPUS* BAMBUÍ
LICENCIATURA EM FÍSICA

Gediane Cristina de Souza de Andrade

ESCALAS TERMOMÉTRICAS: Uma proposta de sequência de conteúdos para o ensino no Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* Bambuí

Bambuí

2025

Gediane Cristina de Souza de Andrade

ESCALAS TERMOMÉTRICAS: Uma proposta de sequência de conteúdos para o ensino no Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* Bambuí

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* Bambuí para obtenção do grau de licenciada em Física.
Orientador: João Henrique Rodrigues

Bambuí

2025

Catálogo na Fonte Biblioteca IFMG - *Campus* Bambuí

A554e Andrade, Gediane Cristina de Souza de.

Escalas termométricas: uma proposta de sequência de conteúdos para o ensino no Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* Bambuí [manuscrito] / Gediane Cristina de Souza de Andrade. – 2025.

52 f. : il. ; color.

Orientador: João Henrique Rodrigues.

Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais. *Campus* Bambuí, 2025.

1. Escalas termométricas. 2. Proposta de sequência didática. 3. Termodinâmica. I. Rodrigues, João Henrique. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – *Campus* Bambuí. III. Título.

CDD. 370.733

Catálogo: João Batista Rodrigues - CRB-6/2022



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS
Campus Bambuí
Diretoria de Ensino
Departamento de Ciências e Linguagens
Faz. Varginha - Rodovia Bambuí/Medeiros - Km 05 - Caixa Postal 05 - CEP 38900-000 - Bambuí - MG
37.3431-4900 - www.ifmg.edu.br

Gediane Cristina de Souza de Andrade

**ESCALAS TERMOMÉTRICAS: Uma proposta de sequência de conteúdos para o ensino no Instituto Federal de Minas Gerais -
Campus Bambuí**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal
de Minas Gerais - *Campus Bambuí* para obtenção
para obtenção do grau de licenciado(a) em Física.

Aprovado em 13/02/2025 pela banca examinadora:

Prof. Dr. João Henrique Rodrigues - IFMG/Bambuí (Orientador)

Prof. Ms. Gustavo Henrique Pereira Luz - IFMG/Bambuí

Prof. Dr. José Hilton Pereira da Silva - IFMG/Bambuí

Bambuí, 13 de fevereiro de 2025.



Documento assinado eletronicamente por **João Henrique Rodrigues, Professor**, em 25/02/2025, às 17:07, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Jose Hilton Pereira da Silva, Professor**, em 25/02/2025, às 19:17, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Gustavo Henrique Pereira Luz, Professor**, em 25/02/2025, às 20:21, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadoes> informando o código verificador **2198871** e o código CRC **F29A95DE**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e à minha família.

Agradeço ao meu orientador.

Agradeço à banca por aceitar o convite.

Enfim, muito obrigada!

RESUMO

O presente trabalho aborda o tema "Escalas Termométricas", com o objetivo de construir uma sequência de conteúdos para o ensino no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus Bambuí*. Dessa forma, foi realizada a leitura de livros didáticos do Ensino Médio, Ensino Superior - Graduação e de artigos de revistas indexadas, dos quais buscamos conteúdos em comum entre eles e conteúdos interessantes que pudessem colaborar para o ensino deste tema em nível de Ensino Médio. Além disso, realizamos a leitura de artigos que descrevem como a História da Ciência pode colaborar para que os alunos tenham maior clareza e, assim, consigam aprender de maneira mais efetiva os conteúdos. Após realizadas todas as leituras, foi possível reconhecer conteúdos que são comumente apresentados em todos os livros didáticos do Ensino Médio, os quais mantivemos em nossa proposta de sequência de conteúdo. Em seguida, encontramos alguns conteúdos que são pouco apresentados ou são apresentados somente nos livros didáticos de nível de graduação, e adicionamos em nossa proposta, pois concluímos que eles ajudam a entender melhor o assunto de escalas termométricas. Por último, encontramos históricos interessantes que esclarecem a complexidade por trás dos termômetros e de suas escalas, os quais não são apresentados nos livros de Ensino que analisamos. Sendo assim, ao juntar todos os conteúdos mencionados anteriormente, conseguimos montar uma lista ordenada de conteúdos que acreditamos que possa colaborar para que os estudantes aprendam mais facilmente as Escalas Termométricas. Ao final de nossa análise, percebemos um fato interessante nas diferentes modalidades de Ensino. Os livros do Ensino Médio apresentam uma maior riqueza de detalhes sobre a história das Escalas Termométricas. Os livros da Graduação apresentam informações sobre a tecnicidade de padronização entre termômetros e escalas de temperatura, e da criação da Escala Absoluta. E os artigos, assim como esperado, são os melhores em contar a história das escalas de temperatura, apresentando, assim, fatos que se sobressaem aos conteúdos comuns. Outro ponto importante é que foi possível observar que acrescentar a parte da história aos conteúdos facilita a compreensão deles, apesar de deixá-los mais extensos, o que demanda mais horas-aulas para ensiná-los. Por último, podemos apontar as dificuldades no decorrer do desenvolvimento deste trabalho, por exemplo, encontrar referências que abordem a parte histórica, visto que se refere a um tema apresentado de maneira resumida e sem maior aprofundamento.

Palavras-chave: Escalas Termométricas. Proposta de sequência didática. Termodinâmica.

ABSTRACT

This study focuses on the topic "Temperature Scales" and aims to develop a didactic sequence for teaching at the Federal Institute of Minas Gerais - Bambuí Campus. To achieve this, we conducted a thorough review of high school and undergraduate textbooks, as well as indexed journal articles. We sought common content across these resources and identified engaging topics that could enhance the teaching of this subject at the high school level. Additionally, we reviewed articles that discuss how the history of science can help students gain greater clarity and learn content more effectively. After completing all the readings, we identified topics commonly covered in high school textbooks, which we retained in our proposed teaching material. Subsequently, we found some topics that are rarely included or only appear in undergraduate-level textbooks. These were added to our proposal because they provide a better understanding of temperature scales. Finally, we discovered historical accounts that clarify the complexity behind thermometers and their scales, which are absent from the textbooks we analyzed. By integrating all the previously mentioned content, we compiled an ordered list of topics that we believe will facilitate students' understanding of temperature scales. At the end of our analysis, we noticed some interesting patterns across different levels of education. High school textbooks offer more detailed information about the history of temperature scales. Undergraduate textbooks, on the other hand, focus on the technical aspects of standardizing thermometers and temperature scales, including the creation of the Kelvin scale. As expected, journal articles excel at recounting the history of temperature scales, presenting information that goes beyond the common content found in textbooks. An important observation is that adding historical context to the content makes it easier to understand, although it extends the material, requiring more classroom hours to teach it. Lastly, we encountered some challenges during this project, such as finding references that address the historical aspects, as this topic is often presented in a summarized manner with limited depth.

Keywords: Thermometric Scales. Proposal for a Didactic Sequence. Thermodynamics

Sumário

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Justificativa	11
1.2 Objetivos.....	13
<i>1.2.1 Objetivo Geral</i>	<i>13</i>
<i>1.2.2 Objetivos Específicos</i>	<i>13</i>
2 METODOLOGIA.....	14
3 REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1 Livros do Ensino Médio.....	15
3.1.1 Conteúdo comum a todos livros.....	15
3.1.2 Conteúdo presente somente no Ser Protagonista 2.....	18
3.1.3 Conteúdo presente somente no Física aula por aula 2.....	20
3.1.4 Conteúdo presente somente no Física 2: contextos e aplicações.....	22
3.1.5 Conteúdo presente somente no Moderna Plus: Ciências da natureza e suas Tecnologias.....	25
3.1.6 Considerações parciais.....	27
3.2 Livros do Ensino Superior - Graduação.....	28
3.2.1 Conteúdo comum a todos livros.....	28
3.2.2 Conteúdo presente somente no Livro Física para Cientistas e Engenheiros 2.....	29
3.2.3 Conteúdo presente somente no Livro Física 2: Uma abordagem estratégica.....	31
3.2.4 Conteúdo presente somente no Livro Fundamentos de Física 2: gravitação, ondas e termodinâmica.....	33
3.2.5 Conteúdo presente somente no Livro Física 2: Termodinâmica e Ondas.....	36
3.2.6 Considerações parciais.....	38
3.3 Artigos.....	39
3.3.1 Conteúdos principais do Artigo: Breve história da medição de temperaturas.....	39
3.3.2 Conteúdos principais do Artigo: Do termoscópio ao termômetro digital: quatro séculos de termometria.....	42
3.3.3 Considerações parciais.....	46

4 RESULTADOS	47
5 CONCLUSÃO.....	50
REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

As Escalas Termométricas ocupam uma posição muito importante na disciplina Termodinâmica, da Física, tanto do Ensino Médio quanto do Ensino Superior, pois são fundamentais para compreender fenômenos térmicos ou termodinâmicos ou entre sistemas. Por exemplo, é através do valor de temperatura que se distingue a energia interna, o estado físico e as propriedades de um material, e é graças ao calor (a transferência de energia térmica) que se entende sobre as mudanças de estado físico, a dilatação de sólidos, líquidos e gases, e o trabalho realizado por um gás, em que este último é muito importante para se entender os motores de combustão interna. Contudo, o seu ensino, muitas vezes, limita-se a aspectos operacionais matemáticos e técnicos, os quais podem não ser eficientes para a internalização de seu conteúdo. Por isso, o presente trabalho tem como objetivo propor uma abordagem que busca melhorar a internalização do conteúdo das Escalas Termométricas. Silva, Figueirôa, Newerla e Mendes (2008) apontam que a inclusão da História das Ciências no ensino favorece o questionamento da transmissão dogmática de conhecimento, o que colabora para a conscientização sobre o funcionamento da investigação científica e de suas apropriações tecnológicas. Por isso, acreditamos que a inserção de elementos históricos no conteúdo das Escalas Termométricas pode ajudar em nosso objetivo.

Pensando nisso, é possível entender que medir a temperatura é essencial para compreender e controlar processos que influenciam tanto a natureza quanto as atividades humanas. Essa necessidade surge porque muitas áreas dependem diretamente de variações térmicas, como na saúde, onde a temperatura corporal indica possíveis doenças, e nas indústrias, onde controlar a temperatura é indispensável na fabricação de diversos produtos. Além disso, as teorias de temperatura impulsionam o progresso científico, já que permitem padronizar estudos, comprovar conhecimentos e os aplicar de forma prática.

Segundo Cabral (2015), Galileu Galilei inventou o termoscópio a partir do princípio físico da expansão do ar, que servia para realizar comparações entre temperaturas. Por algum tempo, ele foi muito utilizado; porém, ele propôs um protótipo suspenso sobre um reservatório aberto. De acordo com Pires, Afonso e Chaves (2006) e Cabral (2015), em 1660, foi comprovado que o termômetro a ar variava não somente com as mudanças de temperatura, mas também com as variações de pressão. Então, logo após essa descoberta, o Grão-Duque da Toscana, Fernando II, solucionou o problema ao selar o tubo. O seu termômetro ofereceu uma boa eficácia e ficou conhecido como Termômetro Florentino.

Pires, Afonso e Chaves (2006) apontam que, logo mais, Robert Hooke estabeleceu os primeiros princípios de comparação entre termômetros de diferentes construções, evitando, assim, a necessidade de construir réplicas exatas de cada termômetro. Para tanto, Hooke sugeriu que os termômetros deveriam ser calibrados a partir de dois pontos fixos de temperatura: o ponto de fusão do gelo e o de ebulição da água. Após essa proposta, os cientistas passaram a criar suas escalas de temperatura. Em 1778, foram identificadas cerca de 27 escalas termométricas, das quais apenas três permaneceram: Escala Celsius, Escala Fahrenheit e Escala Kelvin.

Os parágrafos acima apresentaram como a inserção de alguns elementos históricos ao conteúdo de Escalas Termométricas pode tornar o seu ensino mais atraente, ao serem comparadas ao seu formato tradicional (em que as escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin são apresentadas diretamente ao estudante e que elas se diferenciam por valores numéricos, os quais podem ser obtidos através de operações matemáticas simples). Assim como apresentado por Matthews (1995), vimos que a História da Ciências apresenta potencial para tornar o conteúdo mais rico e multicolor, podendo promover uma melhor compreensão crítica dos fatos por trás dos conceitos físicos e aumentar a eficiência educacional, como defendido por Gooday, Lynch, Wilson e Barsky (2008).

1.1 Justificativa

De acordo com Godoi e Figueirôa (2008) e após realizarmos nossa leitura, observamos que os elementos históricos são escassos nos estudos de muitos conteúdos de Ciências, inclusive na Termodinâmica. Além disso, também observamos que os fatores históricos ligados às Escalas Termométricas contribuem para deixar o conteúdo mais claro, assim como apontado pelos autores Sequeira e Leite (1988) e Martins (1990). Dessa forma, a história da ciência oferece uma perspectiva valiosa para o ensino, pois conecta os alunos às raízes dos conhecimentos contemporâneos, promovendo a compreensão do contexto cultural e social em que foram desenvolvidos, assim como facilita a abordagem estrutural de aula preparada pelo professor e a dinamicidade em sala de aula.

A História da ciência pode assim contribuir para que os alunos se sintam mais à vontade não só para apresentar ao professor e aos colegas as suas próprias ideias sobre o mundo, mas também para as discutir e avaliar, melhorando a comunicação na sala de aula e facilitando o papel diagnosticador do professor[...] (Sequeira; Leite, 1988, p.35).

Ainda de acordo com Sequeira e Leite (1988) e Silva *et al.* (2008), a exploração da História da Ciência pode despertar nos estudantes, em diferentes níveis de ensino, um maior interesse e uma construção sequencial baseada nos objetivos do ensino no que diz respeito à natureza dos conhecimentos científicos. Como é apontado por Godoi e Figueirôa (2008), o ensino da história permite também que os estudantes produzam raciocínios críticos mediante o estudo dos modelos apresentados pelo professor e constatem as modificações, adaptações e transformações que ocorreram com o passar do tempo. Além disso, colabora para uma preparação e formação cultural dos estudantes, que serve não somente como incentivo, mas também torna o estudo mais atrativo (pois as disciplinas que estão englobadas no estudo de ciências da natureza são apresentadas como disciplinas difíceis e que abordam mais práticas matemáticas) e, ainda, como estratégia de formação do indivíduo para viver em sociedade.

O Ensino da História da Ciência também deve se preocupar com uma formação cultural mais ampla. De fato: a história cultural da humanidade é, sem dúvida, um dos pontos básicos de uma formação cultural ampla. Ela inclui a História da Arte (da pintura, da música, etc.), da Filosofia, das instituições, leis e costumes – e também a História da Ciência (Martins, 1990, p.2).

Dessa forma, de acordo com Silva *et al.* (2008), pode-se observar que, com uma educação histórica bem redigida, partindo desde os anos iniciais de cada ciência, permite-se a formação de estudantes bem preparados para viver em sociedade, com uma visão mais ampla e crítica do saber científico e das interpretações que envolvem as Ciências da Natureza. Essas mudanças podem contribuir para um ensino mais completo, que mostra aos estudantes de onde saíram as concepções que são apresentadas e ensinadas em sala de aula. Então, em nosso trabalho, procuramos enriquecer o conteúdo das Escalas Termométricas com fatos históricos para contribuir com o processo de aprendizado mais efetivo dos estudantes.

1.2 Objetivos

Geral

Investigar a história das Escalas Termométricas nas Bibliografias Básicas dos livros à disposição de Física II (Ensino Médio) e de Termodinâmica (Graduação) do Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* Bambuí e em artigos publicados em revistas indexadas, a fim de propor um conteúdo com elementos históricos que ajude no ensinamento desse tema.

Específicos

- Pesquisar a história das Escalas Termométricas em livros do Ensino Médio;
- Pesquisar a história das Escalas Termométricas em livros do Ensino Superior;
- Realizar comparações e encontrar conteúdos diferentes e em comum em cada nível de escolaridade;
- Pesquisar em artigos de revistas indexadas;
- Construir uma sequência de conteúdos sobre Escalas Termométricas que contenha elementos históricos, curiosidades, entre outros, que auxilie em seu ensinamento.

2 METODOLOGIA

Este trabalho foi pensado e desenvolvido como uma pesquisa bibliográfica básica e descritiva, no qual foi estabelecida uma análise qualitativa de como seria possível melhorar o ensino das Escalas Termométricas presentes nos livros didáticos ao inserir elementos históricos de sua criação.

Mediante isso, inicialmente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre Escalas Termométricas, partindo da leitura de alguns livros do Ensino Médio e de Graduação aos quais tínhamos acesso. Em seguida, realizamos a leitura dos livros do Ensino Médio e separamos os conteúdos presentes em tópicos, a fim de encontrar os temas que eles compartilham entre si e aqueles que são exclusivos de cada um. Após isso, fizemos uma análise na qual identificamos os pontos importantes que os autores dos livros se preocupam em transmitir para os estudantes nesse nível de ensino. Posteriormente, o mesmo foi feito com os livros de graduação.

Em seguida, foi realizada uma busca por artigos publicados em revistas indexadas pela plataforma *Google*¹ e *Google Acadêmico*². Em 13 de março de 2024, usamos as plataformas e fizemos a procura através das palavras-chave "artigo", "história" e "escalas termométricas", o que nos levou a inúmeros artigos. A seleção partiu, nesta devida ordem, pelo próprio título (o qual possibilitou ver o quão próximos ou afastados os trabalhos estavam do conteúdo que procurávamos), pela leitura de seus resumos (para averiguarmos se a impressão que recebemos dos títulos estavam condizentes com o tema que estávamos pesquisando) e se o trabalho pertencia a uma revista indexada (que agrega maior confiabilidade, uma vez que o trabalho precisa ser examinado por revisores da área antes de ser publicado). Por essa primeira e única busca, encontramos dois artigos que exploram, de forma mais detalhada, a história das escalas, possibilitando comparar conteúdos e descobrir fatos interessantes que pudessem enriquecer o estudo das Escalas Termométricas.

A proposta acima permitiu compreender melhor a história das Escalas Termodinâmicas e encontrar a identidade delas na visão de diferentes autores dos livros didáticos. Ao final, foram feitas sugestões de algumas implementações em cima do conteúdo em comum entre os livros, a fim de favorecer a compreensão dos estudantes em relação a esse tema. Esperamos que uma revisão histórica sobre as suas criações possa colaborar para que esse objetivo seja alcançado.

¹Google. Disponível em: <https://www.google.com>. Acesso em: 3 set. 2024.

²Google Acadêmico. Disponível em: <https://scholar.google.com>. Acesso em: 3 set. 2024

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, foi realizada uma análise de algumas obras didáticas utilizadas em disciplinas de Ensino Médio e de Ensino Superior, e, assim, identificamos e comparamos os conteúdos envolvidos sobre as Escalas Termométricas, determinando quais conceitos e explicações são recorrentes entre os materiais que consultamos e quais tópicos se revelam exclusivos de determinadas obras, para compreender melhor o tratamento dado ao tema em cada nível de ensino.

3.1 Livros do Ensino Médio

O tema Escalas Termométricas é, geralmente, abordado no segundo ano do Ensino Médio, refletindo a progressão do currículo escolar nesse nível de ensino. Por esse motivo, como será detalhado a seguir, observa-se que esse conteúdo costuma ser introduzido no segundo volume das obras didáticas, possibilitando aos alunos uma compreensão gradual dos conceitos vistos na disciplina de Termodinâmica.

3.1.1 Conteúdo comum a todos livros

Para analisar o material pedagógico referente ao tema "Escalas Termométricas" para o Ensino Médio, foram utilizados quatro livros didáticos:

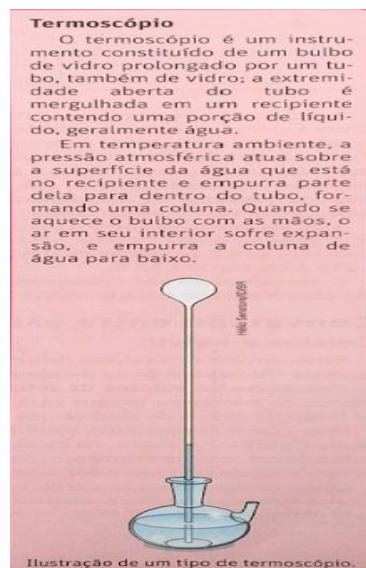
- Ser Protagonista 2, escrito por Adriana Válio; *et al.*, publicado pela editora SM; Obra coletiva – na cidade de São Paulo, no ano de 2016;
- Física Aula por Aula 2, escrito por Benigno Barreto; Claudio Silva e publicado pela editora FTD – na cidade de São Paulo, no ano de 2016;
- Física 2: contextos e aplicações, escrito por Antônio Luz; Beatriz Álvares; Carla Guimarães e publicado pela editora Scipione – na cidade de São Paulo, no ano de 2017;
- Moderna Plus: Ciências da Natureza e suas Tecnologias, escrito por José Amabis; *et al.*, publicado pela editora Moderna – na cidade de São Paulo, no ano de 2020.

A primeira observação que pudemos fazer foi que os livros **Ser Protagonista 2** e **Física aula por aula 2** iniciam os respectivos capítulos com os temas de Temperatura e Calor, apresentando-os com didáticas interessantes, por exemplo: **Física aula por aula 2** inicia o capítulo propondo um experimento para que o professor possa iniciar os conceitos com os

alunos a partir dele, e o **Ser Protagonista 2** inicia o capítulo apresentando um debate através de uma charge. Os demais livros iniciam os capítulos diretamente no conteúdo, sem propor nenhum tipo de abordagem pedagógica diferente. O livro **Ser Protagonista 2 e Moderna Plus: Ciências da Natureza e suas Tecnologias** começa trazendo à tona alguns conceitos básicos (temperatura, calor, energia interna e energia térmica) antes de abordar os temas de Medidas de Temperatura e Escalas Termométricas, para que os alunos recebam um assunto mais simples, que sirva como base para auxiliar os seus aprendizados. O livro **Física aula por aula 2**, por sua vez, aborda esse mesmo tema de uma forma mais resumida, com uma abordagem mais ampla e sem aprofundamento, para, em seguida, iniciar os temas de Medidas de Temperatura e Termômetros. Em contrapartida, o livro **Física 2: contextos e aplicações** inicia o capítulo com o tema Temperatura e Equilíbrio Térmico, seguindo para o tema Termômetro, de uma forma sucinta, quando relata um pouco sobre os diferentes modelos de termômetros existentes atualmente e seus funcionamentos.

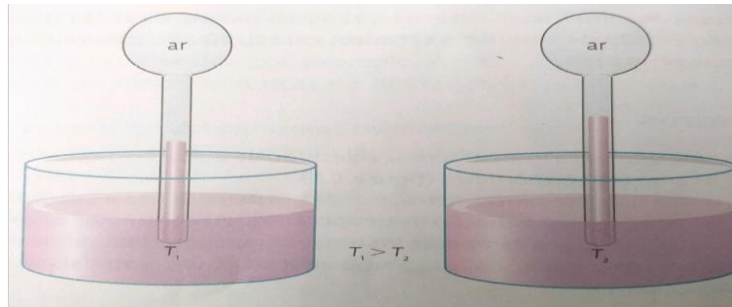
Os livros **Física 2: Contextos e Aplicações** e **Ser Protagonista (Física 2)** mencionam como foi criado o primeiro instrumento que mais se assemelha ao clássico termômetro de bulbo: o termoscópio. Mencionam que o instrumento foi inventado por Galileu Galilei e foi produzido a fim de comparar temperaturas. Em poucas palavras, o seu funcionamento se dá pela mudança da altura de um líquido (geralmente, água) em um tubo aberto devido à mudança de temperatura. Tal instrumento não possuía escala graduada nem apresentava valores quantitativos, como está apresentado nas Figuras 1 e 2, abaixo.

Figura 1- Ilustração do termoscópio apresentado no livro Ser Protagonista



Fonte: Válio, A; *et al.*, Ser Protagonista 2, 2016, p.13.

Figura 2- Ilustração do termoscópio apresentado no livro Física 2: Contextos e Aplicações



Fonte: Luz; Álvares; Guimarães, Contextos e Aplicações 2, 2017, p.12

O termoscópio e o termômetro também são conteúdos comumente apresentados pelos autores dos livros didáticos. Ambos são instrumentos utilizados para medir temperatura, mas apresentam diferenças fundamentais em seu funcionamento e aplicação. Por exemplo, o termoscópio, que é um dispositivo que indica variações de temperatura através da expansão de um líquido, geralmente água ou álcool, em um tubo de vidro, sem fornecer uma escala numérica precisa. Em contrapartida, o termômetro é um instrumento graduado, mais avançado, que não apenas mede a temperatura, mas também a quantifica em uma escala de temperatura, permitindo uma leitura exata e comparativa. Dessa forma, enquanto o termoscópio serve mais como um indicador visual das mudanças térmicas, o termômetro é essencial para medições precisas em diversas áreas, como na medicina e em áreas industriais.

No livro **Física aula por aula 2**, podemos observar, na Figura 3, a ilustração do termoscópio. Porém, se analisarmos, é possível perceber uma diferença em relação às anteriores, pois ele apresenta uma Escala de Temperatura.

Figura 3 -Ilustração do termoscópio apresentado no livro Física aula por aula



Fonte: Barreto; Silva, Física aula por aula 2, 2016, p. 40.

De acordo com o livro **Ser Protagonista (Física 2)**, diversas modificações foram feitas no instrumento de medição, e a substância que mais se adequou para seu funcionamento

foi o mercúrio, graças à sua sensibilidade a variações térmicas e à propriedade que essa substância tem de variar seu volume linearmente com a temperatura (o uso dessa substância com o tempo foi restrito, devido às suas propriedades tóxicas). De acordo com os textos, as escalas mais utilizadas no dia a dia são Celsius e Fahrenheit, enfatizando-se que o controle da temperatura desempenha papéis extremamente importantes para a sociedade, seja no ramo industrial, na medicina, nos laboratórios ou no cotidiano das pessoas.

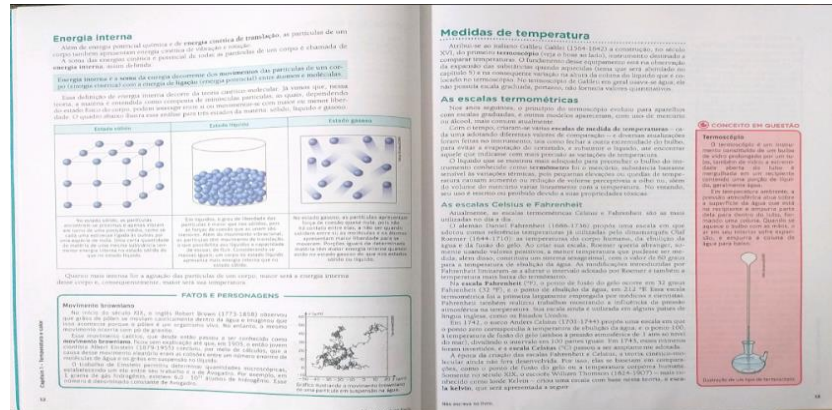
As Escalas comumente apresentadas nos três livros didáticos do Ensino Médio são as Escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin. A primeira a ser citada é a Escala Celsius, criada em 1742 pelo sueco Anders Celsius (1701- 1744), a qual teve como proposta a temperatura de ebulição da água no ponto 0 e a temperatura de fusão do gelo no ponto 100 (proposta contrária de seu atual uso). Ela é uma escala centígrada, ou seja, dividida em cem partes iguais. Em 1743, os pontos de ebulição da água e fusão do gelo tiveram seus valores invertidos, e essa escala passou a ser muito utilizada. A segunda a ser citada é a Escala Fahrenheit, criada pelo alemão Daniel Fahrenheit (1686-1736), a qual tem o ponto de fusão do gelo em 32 °F e o ponto de ebulição da água em 212 °F. Essa escala foi a primeira a ser utilizada por médicos e cientistas, e, hoje em dia, é muito empregada nos países de língua inglesa, sendo a terceira escala Absoluta de temperatura. No século XIX, o escocês William Thomson (Lorde Kelvin) criou uma escala baseada na teoria cinética-molecular, que se tratava de propor uma escala que associava a temperatura à energia cinética média das partículas constituintes do corpo. Por ela, o valor 0 é o ponto em que não haveria agitação das moléculas - ou seja, as partículas ficam em repouso - passando a ser chamado de Zero Kelvin ou Zero Absoluto (que seria -273,15 °C na Escala Celsius). Essa escala de temperatura não utiliza o termo graus, pois o Sistema Internacional de Unidades (SI) a adotou como uma das sete unidades que compõem sua base, em 1967. A sua graduação ficou estabelecida com a mesma da escala Celsius, sendo o 0 °C e 100 °C, dados, respectivamente, por 273,15K e 373,15K. O Zero Absoluto não é observado em nossa natureza, e os valores próximos a ele são vistos exclusivamente em laboratórios.

3.1.2 Conteúdo presente somente no Ser Protagonista 2

O livro **Ser Protagonista 2** possui 400 páginas. O material destinado aos estudantes conta com páginas padronizadas nas cores verde e branco, destacando alguns pontos importantes em vermelho para facilitar a compreensão de determinados conteúdos ou de seu aprofundamento. Além disso, o livro é enriquecido com uma série de ilustrações coloridas, fatos e aplicações científicas e sociais, que complementam os textos e favorecem a assimilação dos

temas abordados em cada capítulo. Abaixo, na Figura 4, são apresentadas duas páginas desse livro, em que é possível ver algumas das descrições mencionadas.

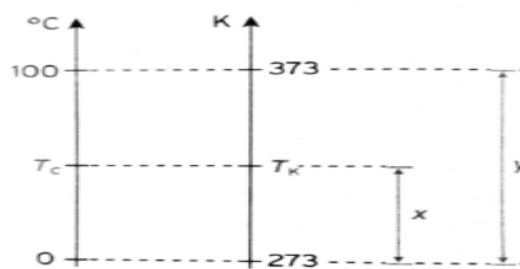
Figura 4 - Imagem da página do livro Ser Protagonista



Fonte: Válio, A; *et al.*, Ser Protagonista 2, 2016, p. 12 e 13.

No primeiro Capítulo (Temperatura e Calor) da Unidade 1 (Calorimetria), página 13, encontra-se o conteúdo de Escalas de Temperaturas. Esse livro, em específico, apresenta a Escala Fahrenheit com uma particularidade, a qual não é citada nos demais livros do Ensino Médio utilizado neste trabalho, pois relata que a Escala Fahrenheit teve como referência temperaturas já utilizadas pelo dinamarquês Ole Roemer (1644-1710). Ele propôs uma escala sexagesimal (60 graduações) em que os valores para as temperaturas do corpo humano, da ebulição da água e da fusão do gelo abrangessem somente valores positivos. A maior temperatura dessa escala era de 60 graus, para ebulição da água. Fahrenheit pegou essa escala e alterou o intervalo adotado por Roemer e a temperatura mais baixa do termômetro, propondo que o ponto de fusão do gelo ocorresse em 32°F , o ponto de ebulição da água em 212°F e a temperatura mais fria, medida na cidade de Copenhague, a capital da Dinamarca, de 0°F (favorecendo, assim, que qualquer outra temperatura ambiente seja positiva). Além disso, nesse livro, também é ensinado a fazer a conversão entre as escalas termométricas, apresentando, inicialmente, que as variações de 1°C na Escala de Celsius são iguais às de 1K na Escala de Kelvin. Abaixo, na Figura 5, é apresentada a relação entre as Escalas de Celsius e Kelvin.

Figura 5- Relação entre os valores de referência das escalas Celsius e Kelvin

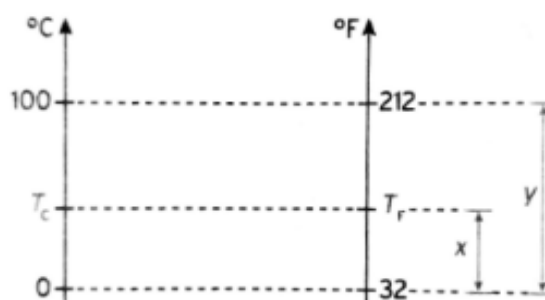


Fonte: Válio, A; et al, Ser Protagonista 2, 2016, p.14.

Na figura acima, temos a relação entre as escalas apresentadas em eixos verticais, cujos pontos de fusão e ebulição entre elas coincidem. Por elas, entende-se que um aumento de temperatura provocado por X faz com que as alturas observadas entre as escalas sejam as mesmas, ainda que os valores numéricos entre elas não sejam correspondentes.

Existe, também, uma comparação entre as escalas Celsius e Fahrenheit, seguindo os mesmos moldes apresentados no parágrafo anterior. No entanto, a mudança de temperatura entre as escalas não é de 1 para 1, uma vez que a Escala de Celsius é dividida em 100 partes, e a de Fahrenheit, em 180. Assim, a mudança de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ corresponde a $1,8\text{ }^{\circ}\text{F}$, além das demais divergências numéricas referenciais, como mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Relação entre os valores de referência das escalas Celsius e Fahrenheit



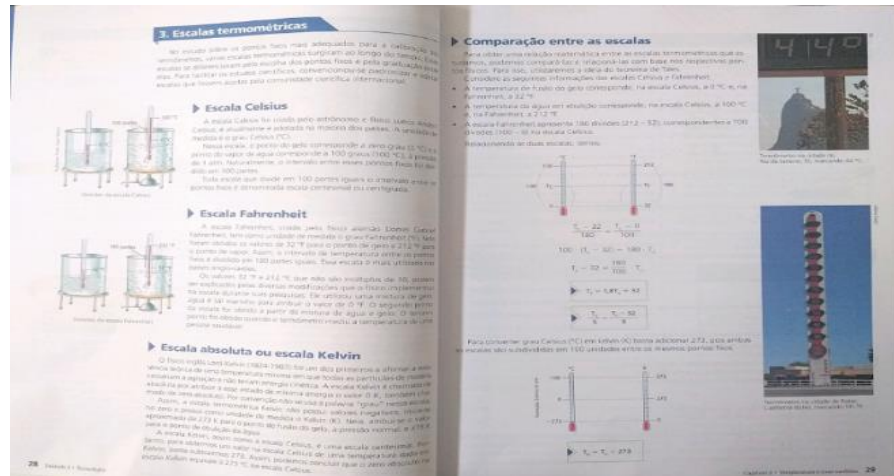
Fonte: Válio, A; et al., Ser Protagonista 2, 2016, p.14.

3.1.3 Conteúdo presente somente no Física aula por aula 2

O livro Física Aula por Aula 2 possui 384 páginas. O material destinado aos estudantes conta com páginas padronizadas nas cores azul e branco, sem explorar outras cores para melhorar a sua didática ou tornar sua aparência mais atraente. Além disso, não contém

tópicos que sobressaem os textos e há poucas figuras. Abaixo, na Figura 7, são apresentadas duas páginas desse livro, em que é possível ver algumas das descrições mencionadas.

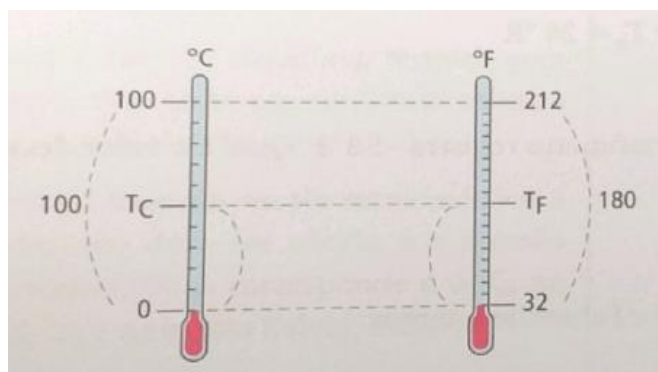
Figura 7 - Imagem da página do livro Física Aula por Aula 2



Fonte: Barreto; Silva, Física aula por aula 2, 2016, p.28 e 29.

Na unidade 2 (Termologia), Capítulo 2 (Temperatura e suas medidas), página 28, encontra-se o conteúdo de escalas de temperaturas. Neste capítulo, é possível encontrar a explicação de como realizar a comparação entre as três escalas: Celsius e Fahrenheit, e Celsius e Kelvin. Apresenta que a temperatura de fusão do gelo é de 0°C e que a temperatura de ebulição da água é 100°C , para a escala Celsius, e, para a escala Fahrenheit, é 32°F a fusão do gelo, e, ebulição da água, 212°F , assim como apresentado na subseção anterior e ilustrado na Figura 8. Note que estes autores se preocuparam em elaborar um desenho mais próximo da imagem dos termômetros de mercúrio encontrados no cotidiano, o que favorece o aprendizado do estudante e a internalização de conteúdo, uma vez que ele consegue associar mais facilmente o conteúdo ensinado em sala de aula com um objeto que pode encontrar em seu dia a dia. Além disso, a riqueza de detalhes da imagem favorece o estudante a perceber que a escala de Fahrenheit tem mais divisões que a escala de Celsius.

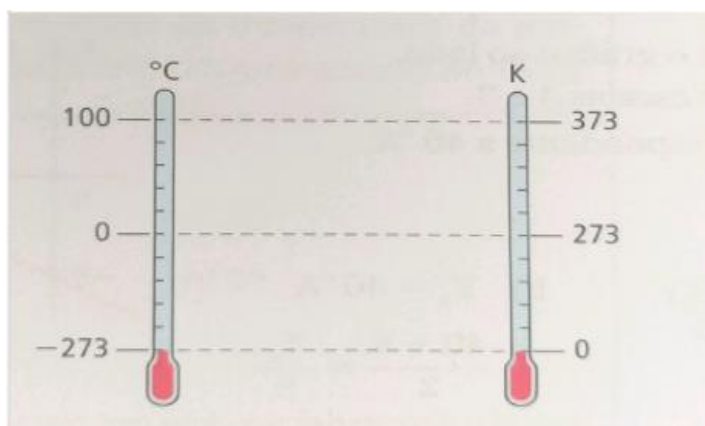
Figura 8- Relação entre as Escalas Celsius e Fahrenheit



Fonte: Barreto; Silva, Física aula por aula 2, 2016, p.29.

No exemplo apresentado acima, temos a relação entre as escalas de dois termômetros: a Escala Celsius, que possui 10 divisões, e a Escala Fahrenheit, com 18 divisões, oferecendo uma relação de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ para $1,8\text{ }^{\circ}\text{F}$. Assim, como apresentado no exemplo acima, na Figura 9, a seguir, também foram utilizados dois termômetros para relacionar as Escalas Celsius e Kelvin, porém com uma relação de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ para 1 K . Pela imagem, vê-se que os números de divisões entre os termômetros são iguais, mudando somente os valores de referência.

Figura 9 - Relação entre as Escalas Celsius e Kelvin



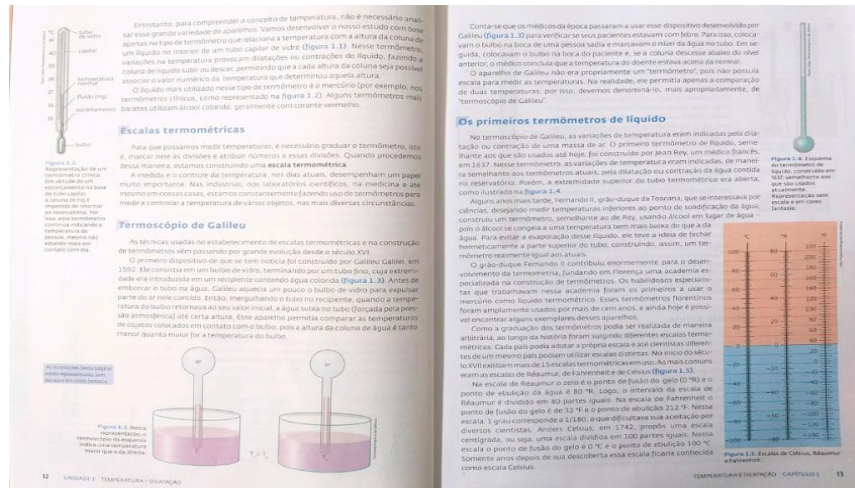
Fonte: Barreto; Silva, Física aula por aula 2, 2016, p.29.

3.1.4 Conteúdo presente somente no Física 2: contextos e aplicações

O livro **Física 2: contextos e aplicações** possui 328 páginas e o material destinado aos estudantes conta com páginas padronizadas nas cores azul e branco. O material é enriquecido com uma série de ilustrações coloridas, entre elas, muitas figuras de termômetros, fatos e aplicações científicas e sociais, que complementam os textos e favorecem a assimilação

dos temas abordados em cada capítulo. Abaixo, na Figura 10, são apresentadas duas páginas desse livro, em que é possível ver algumas das descrições mencionadas.

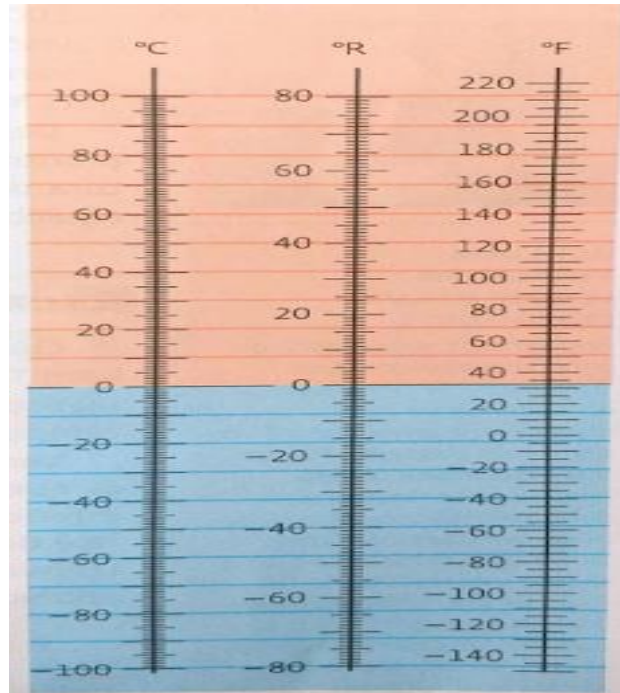
Figura 10 - Imagem da página do livro Física 2: contextos e aplicações



Fonte: Luz; Álvares; Guimarães, Contextos e Aplicações 2, 2017, p.12 e 13.

Na unidade 1 (Temperatura), Capítulo 1 (Temperatura e dilatação), página 12, encontra-se o conteúdo de escalas de temperaturas. A primeira escala a ser citada de forma bem resumida e sem nenhum aprofundamento é a Escala Réaumur, o qual apresenta que o seu ponto de fusão do gelo é 0°R e o ponto de ebulição da água é 80°R . Essa escala tem um intervalo dividido em 80 partes iguais. Em seguida, apresenta rapidamente as escalas Celsius, Réaumur e Fahrenheit, e uma figura ao lado que representa a comparação entre elas, para facilitar a compreensão dos estudantes, como exposto na Figura 11, abaixo. É possível perceber que os autores se preocuparam em mostrar o número de divisões das escalas Celsius e Réaumur, o que ajuda a evidenciar qual delas tem o maior número de divisões. A escala Fahrenheit, por outro lado, apresentou um menor número de divisões do que deveria ter, caso tivesse seguido o padrão das demais. Acreditamos que os autores evitaram colocá-las, para deixar a imagem visualmente melhor, uma vez que poderia ser indistinguível perceber a existência de divisões na escala, caso houvessem todas as 360 marcações. A escala da figura também serve como um guia importante para auxiliar os estudantes a conferirem suas respostas nos exercícios de mudanças de Escalas Termométricas, pois podem usá-la como um "gabarito" para conferirem a assertividade de suas respostas.

Figura 11- Comparação entre as escalas Celsius, Réaumur e Fahrenheit



Fonte: Luz; Álvares; Guimarães, Contextos e Aplicações 2, 2017, p.13.

O livro menciona que os médicos de antigamente começaram a usar os primeiros termoscópios para verificar se seus pacientes estavam com febre. Cita que o primeiro termômetro líquido que se assemelha aos atuais foi criado em 1637 por Jean Rey, que mostrou que as variações de temperatura eram medidas pela dilatação e contração da água contida no reservatório. A principal diferença é que o termômetro de Rey tinha a parte superior do tubo aberta, como mostrado na Figura 12.

Figura 12 - Termômetro de líquido construído em 1637



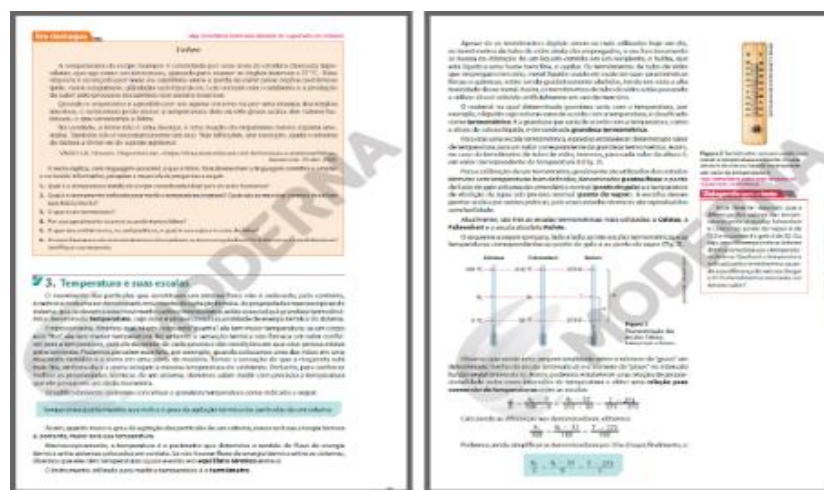
Fonte: Luz; Álvares; Guimarães, Contextos e Aplicações 2, 2017, p.13.

Ainda relata que, anos depois, o Grão-Duque da Toscana, Fernando II, construiu um termômetro semelhante ao de Rey, mas seu interesse era medir temperaturas inferiores ao ponto de solidificação da água. Dessa forma, tomou como iniciativa trocar a água por álcool e fechou hermeticamente a parte superior do tubo, para evitar que o líquido evaporasse. Esse, então, se tornou um termômetro realmente parecido com os atuais, ficando conhecido como termômetro florentino. Ao longo dos anos, foram surgindo diversas escalas termométricas, visto que não haviam regras nem padrões a serem seguidos para se fazer a graduação de termômetros. Dessa forma, no século XVII, já haviam sido notificadas cerca de 15 escalas termométricas ou mais em uso por diversos países.

3.1.5 Conteúdo presente somente no Moderna Plus: Ciências da Natureza e suas Tecnologias

O livro **Moderna Plus: Ciências da Natureza e suas Tecnologias** possui 268 páginas. O material destinado aos estudantes conta com páginas padronizadas na cor branca, com títulos nas cores preta e azul. Contém tópicos que sobressaem os textos destacados na cor azul, apresentando sugestões de atividades em grupo. Há, também, muitas figuras e alguns tópicos destacados em quadros na cor alaranjada, que apresentam curiosidades. Ao final de cada capítulo, há exercícios apropriados ao nível escolar, contribuindo para uma melhor aprendizagem dos alunos. Abaixo, na Figura 13, mostram-se duas páginas desse livro, podendo-se ver algumas das descrições mencionadas.

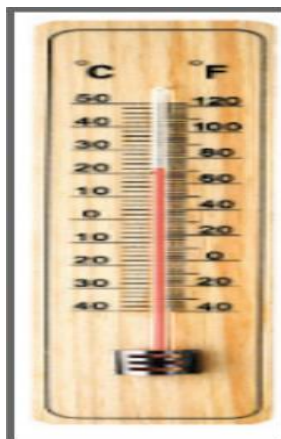
Figura 13 - Imagem da página do livro Moderna Plus: Ciências da Natureza e suas Tecnologias



Fonte: Amabis *et al.*, Moderna Plus, 2020, p.49 e 50.

No Capítulo 4 (Energia Térmica), Unidade 3 (Temperatura e suas escalas), página 49, encontra-se o conteúdo de escalas de temperaturas. Neste capítulo, é possível encontrar, de maneira resumida, conteúdos sobre o termômetro com tubo de vidro, como mostrado na Figura 14.

Figura 14 - Termômetro comum usado para medir a temperatura ambiente

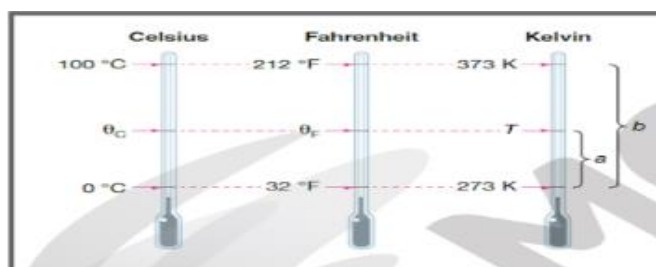


Fonte: Amabis *et al.*, Moderna Plus, 2020, p.50.

O texto apresenta que o funcionamento dos termômetros, iguais aos da figura anterior, é baseado na dilatação de um líquido, sendo o mais comum de ser utilizado, antigamente, o mercúrio (metal líquido), porém a sua utilização está sendo abolida por ser tóxico para a saúde. Nos dias atuais, esses termômetros passaram a utilizar o álcool colorido artificialmente. É possível observar, na figura, que há marcações de temperaturas das Escalas Celsius e Fahrenheit, possibilitando que esse termômetro seja utilizado para as duas Escalas de Temperatura.

Também é possível encontrar, nesse capítulo, a representação das Escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin, como exposto na Figura 15. Nela, pode-se entender que existem três termômetros idênticos, e o autor indica que as mudanças de temperatura a e b fazem com que os líquidos de cada um cheguem na mesma altura, sendo que os valores numéricos mudarão de escala para escala.

Figura 15 - Comparação entre as Escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin



Fonte: Amabis *et al.*, Moderna Plus, 2020, p.50.

3.1.6 Considerações parciais

A partir das apresentações das subseções acima, conseguimos observar e destacar alguns pontos importantes dos livros do Ensino Médio, os quais apresentaremos ao longo desta subseção.

O livro **Ser Protagonista**, mesmo que apresente informações resumidas e descreva pouco sobre a história das escalas termométricas, traz informações, explicações e desenhos que são úteis e complementam o texto em si. Além disso, esse livro citou brevemente uma escala diferente: a Escala Roemer. Já o livro **Física aula por aula** apresenta as informações de forma muito ampla e com pouco aprofundamento, como se fossem lembretes de assuntos que já foram estudados pelos alunos. Ele exclui informações que enriquecem o conteúdo e não apresenta abordagem histórica, deixando as informações muito objetivas. No livro **Física: Contextos e Aplicações**, as informações são resumidas, porém foi um dos que revelaram melhor desempenho ao tratar um pouco da história dos termômetros. Também, citou uma escala termométrica diferente: a Escala Réaumur. E o livro **Moderna Plus: Ciências da Natureza e suas Tecnologias**, em nenhum momento, descreveu nenhum fato sobre a história das Escalas de Temperatura e sequer citou o nome de seus criadores. Os autores apenas citam os nomes das Escalas Termométricas mais utilizadas e fazem comparações entre elas. As suas informações são resumidas e os conceitos são trabalhados de forma breve, sem maiores aprofundamentos. Esse livro, inicialmente, aborda alguns conceitos físicos, voltando-os mais para um contexto biológico de animais (como a influência da temperatura no comportamento deles). Dessa forma, o texto perde um pouco de sua essência da Termodinâmica (Física). No geral, os livros didáticos do Ensino Médio aprofundam pouco na perspectiva histórica da origem dos termômetros e das escalas termométricas, visto que os alunos são, principalmente, direcionados para a abordagem matemática presente na Física. É visível que a inclusão da história das Escalas Termodinâmicas se torna importante para os seus ensinamentos. Em nossa leitura, vimos como os contextos históricos dispõem de elementos que ajudam a criar vínculos mais fortes com o conteúdo conceitual e

matemático. Acreditamos que o mesmo pode ocorrer com os estudantes do Ensino Médio, o que os ajudaria a melhorar seu desempenho nas atividades avaliativas.

3.2 Livros do Ensino Superior - Graduação

O tema Escalas Termométricas, no Ensino Superior - Graduação (Licenciatura em Física e Engenharias, por exemplo), é, geralmente, abordado no segundo volume da coleção dos livros didáticos. O primeiro volume, comumente, foca em conceitos de Mecânica, apresentando aos alunos fundamentos essenciais para os conteúdos posteriores - como a Conservação de Energia, que é crucial para a compreensão da Termodinâmica. Assim, uma divisão em volumes contribui para organizar o conteúdo de forma progressiva, iniciando com conceitos básicos, que auxiliarão os estudantes a entenderem melhor os conteúdos posteriores mais complexos.

3.2.1 Conteúdo comum a todos livros

Para analisar o material didático referente ao tema "Escalas Termométricas" na Graduação, foram utilizados quatro livros didáticos.

- Física para cientistas e engenheiros 2, escrito por John Jewett; Raymond Serway e publicado pela editora Cengage – na cidade de São Paulo, no ano de 2017;
- Física 2: Uma abordagem estratégica, escrito por Randall Knight e publicado pela editora Bookman – na cidade de Porto Alegre no ano de 2009;
- Fundamentos de Física 2: gravitação, ondas e termodinâmica, escrito por David Halliday; Robert Resnick; Jearl Walker e publicado pela editora LTC – na cidade do Rio de Janeiro no ano de 2016;
- Física 2: termodinâmica e ondas, escrito por Hugh Young; Roger Freedman e publicado pela editora Pearson - na cidade de São Paulo, no ano de 2008.

Os livros de Ensino Superior compartilham informações com os livros do Ensino Médio, por exemplo, os pontos fixos da Escala Celsius sendo $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ponto de fusão da água) e $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ponto de ebulição da água), da Escala Fahrenheit sendo $32\text{ }^{\circ}\text{F}$ (ponto de fusão da água) e $212\text{ }^{\circ}\text{F}$ (ponto de ebulição da água) e da Escala Kelvin sendo 0 K (zero absoluto), 273 K (ponto de fusão da água) e 373 K (ponto de ebulição da água).

O ponto triplo da água é comumente abordado em todos os livros estudados no presente trabalho, como ponto-base da escala absoluta de temperatura. Sua conexão se encontra na combinação de temperatura e pressão que o gelo, a água líquida e o vapor d'água coexistem

em equilíbrio térmico. Ele ocorre, unicamente, na temperatura de $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ e pressão de $4,58\text{ mm}$ de mercúrio, que pode ser reproduzida somente em laboratórios. Foi graças à exclusividade do ponto triplo da água, junto com a redução linear da pressão de um gás com a temperatura em um recipiente de volume constante, que Kelvin conseguiu determinar o zero absoluto (0 K) a partir da Escala Celsius, dada por $-273,16\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esse ponto foi determinado pelo Sistema Internacional (SI) como a temperatura-padrão para a calibração dos termômetros.

Os quatro livros também compartilham o conteúdo relacionado ao termômetro a gás com volume constante. É apresentado como termômetro-padrão, sendo que todos os termômetros são calibrados a partir dele. Seu princípio de funcionamento é baseado de forma extrapolada na variação de pressão de um volume fixo de gás, conforme a temperatura se altera. Ele é calibrado a partir da pressão de um gás, tendo o ponto triplo da água como a temperatura de referência, que é ajustado em um gráfico pressão por temperatura que possibilita acompanhar facilmente as suas mudanças em sua escala. A variação da pressão dentro do recipiente é devido a muitas colisões que ocorrem entre as moléculas, e a pressão nula significa que não há movimento das moléculas, e as colisões entre elas cessam. A temperatura em que não há mais colisões é chamada de zero absoluto. Algo que comumente é apresentado nos livros estudados é que há exercícios condizentes com o nível de ensino proposto ao término de cada capítulo, além de serem abordadas várias discussões e aplicações da Física.

3.2.2 Conteúdo presente somente no Livro Física para Cientistas e Engenheiros 2

O livro **Física para Cientistas e Engenheiros 2** possui 288 páginas, as quais têm a cor padrão branca, com títulos em azul e vermelho. Alguns fatos que servem para complementar os conteúdos são apresentados em quadros evidenciados na cor azul. Há, também, muitas figuras demonstrativas apresentadas em quadros na cor marrom, os quais se referem aos conteúdos que colaboram para a melhor compreensão dos alunos. O livro apresenta muitas equações, exemplos resolvidos apresentados em quadros na cor cinza, resumo ao final do conteúdo, trabalhado em um quadro amarelo. Abaixo, na Figura 16, mostram-se duas páginas desse livro, sendo possível ver algumas das descrições mencionadas.

Figura 16 - Imagem da página do livro Física para Cientistas e Engenheiros 2



Fonte: Jewett; Serway, Física para cientistas e engenheiros 2, 2017, p.114 e 116.

As escalas de temperatura se encontram a partir da página 112, Capítulo 5 (Temperatura), seção 2 (Temperatura e a Lei Zero da Termodinâmica). É explorado como a calibração de termômetros é única para cada líquido, exemplificando, através de dois termômetros calibrados nos pontos de congelamento e de ebulição da água: um cujo líquido foi o mercúrio, e outro, que foi o álcool. Aponta-se que os termômetros ofertaram os mesmos valores nesses dois pontos; contudo, podem apresentar leves diferenças em valores intermediários, devido aos seus diferentes coeficientes de dilatação. Os autores também citam os limites que os termômetros podem ter devido aos líquidos que usam em seu interior. Por exemplo, o termômetro com mercúrio não consegue fazer medições abaixo de $-39\text{ }^{\circ}\text{C}$, pois é inferior ao seu ponto de congelamento, e o termômetro de álcool não seria adequado para medir temperaturas acima de $+85\text{ }^{\circ}\text{C}$, pois está acima do ponto de ebulição. O livro também exemplifica como observar a variação de temperatura em um termômetro, assim como ilustrado na Figura 17, abaixo.

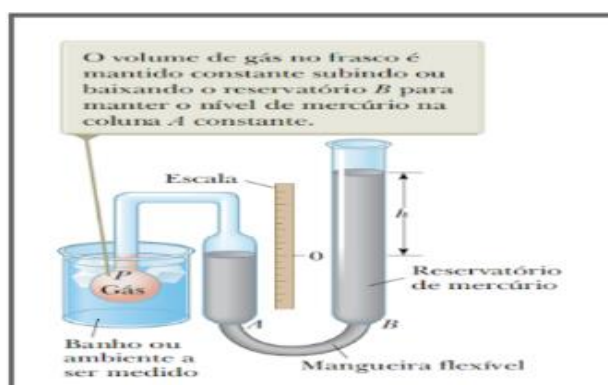
Figura 17 - Termômetro calibrado de acordo com a Escala Celsius



Fonte: Jewett; Serway, Física para cientistas e engenheiros 2,2017, p.114.

Neste capítulo, também é possível encontrar conteúdo sobre o termômetro a gás, como mostrado na Figura 18.

Figura 18 - Imagem do termômetro a gás com volume constante



Fonte: Jewett; Serway, Física para cientistas e engenheiros 2,2017, p.115.

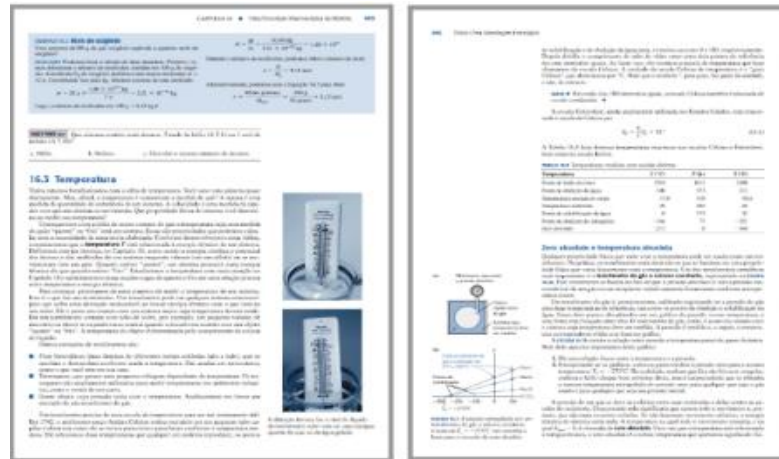
A figura acima demonstra que o termômetro mede a pressão do gás contido no frasco imerso no banho.

3.2.3 Conteúdo presente somente no Livro Física 2: uma abordagem estratégica

O livro **Física 2: uma abordagem estratégica** possui 783 páginas, as quais têm a cor padrão em branco, com títulos em azul. Alguns fatos complementares são apresentados em quadros evidenciados na cor azul e também há muitas figuras demonstrativas referentes aos conteúdos, que colaboram para a melhor compreensão dos alunos. O livro apresenta muitas equações, exemplos resolvidos e resumo ao final do conteúdo, em um quadro azul-claro e azul-

escuro. Além disso, também aborda várias discussões e aplicações da Física. A Figura 19 mostra algumas páginas do livro em questão.

Figura 19 - Imagem da página do livro FÍSICA 2: uma Abordagem Estratégica



Fonte: Knight, Uma abordagem estratégica, 2009, p.485 e 486.

O conteúdo de escalas de temperatura inicia-se na página 485, Unidade 6 (Termodinâmica), Capítulo 16 (Uma descrição macroscópica da matéria), Seção 3 (Temperatura). Nele, é possível encontrar uma tabela de comparação entre as Escalas Celsius, Kelvin e Fahrenheit, atribuída a diferentes temperaturas, como mostrado na Figura 20.

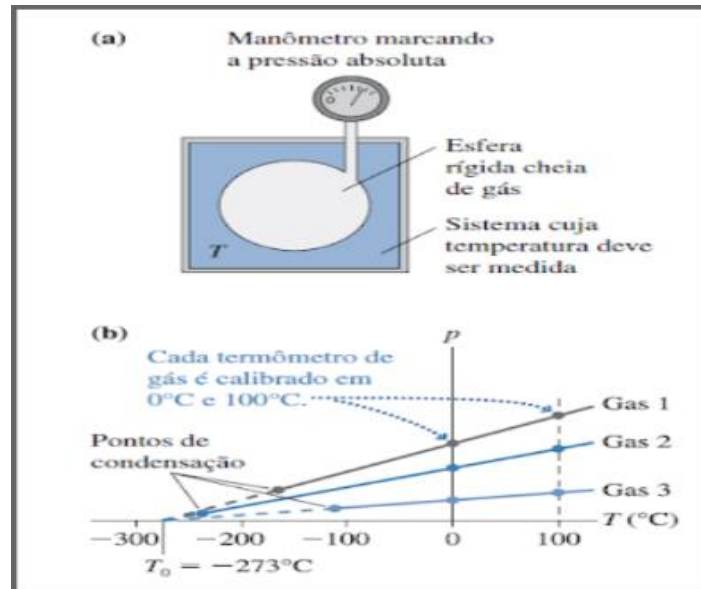
Figura 20 - Temperaturas expressas nas Escalas Celsius, Kelvin e Fahrenheit

Temperatura	$T(^{\circ}\text{C})$	$T(\text{K})$	$T(^{\circ}\text{F})$
Ponto de fusão do ferro	1538	1811	2800
Ponto de ebulição da água	100	373	212
Temperatura normal do corpo	37,0	310	98,6
Temperatura ambiente	20	293	68
Ponto de solidificação da água	0	273	32
Ponto de ebulição do nitrogênio	-196	77	-321
Zero absoluto	-273	0	-460

Fonte: Knight, Uma abordagem estratégica, 2009, p.486.

Neste capítulo, também é possível encontrar conteúdo sobre o termômetro a gás, como mostrado na Figura 21.

Figura 21 - Imagem A e B demonstrando um manômetro como termômetro a gás com volume constante.



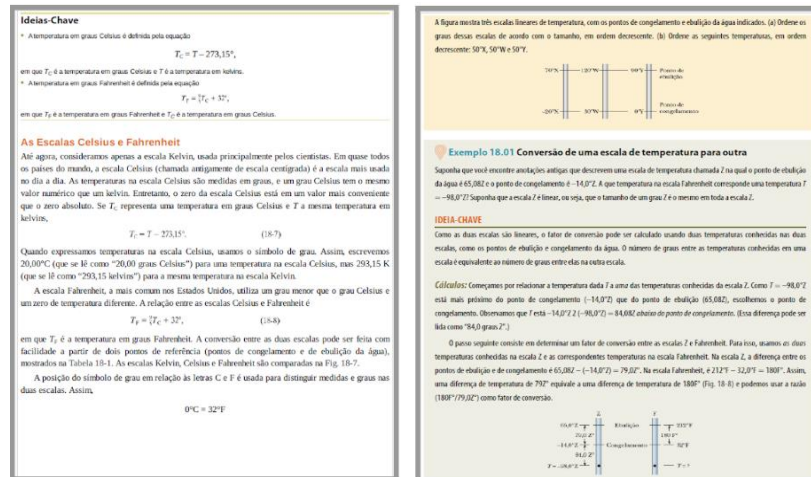
Fonte: Knight, Uma abordagem estratégica, 2009, p.67.

Na figura acima, em sua parte (a), um manômetro (um instrumento que mede a pressão de um gás) é colocado em um recipiente vedado. A parte (b) mostra como diferentes gases apresentam uma mudança linear de suas pressões com o aumento da temperatura. Esse gráfico revela, de forma mais clara, a importância do "termômetro a gás" para calibrar os demais termômetros. Veja que ele oferece sempre uma mudança linear com a mudança de temperatura, até se condensar em baixas temperaturas.

3.2.4 Conteúdo presente somente no Livro Fundamentos de Física 2: gravitação, ondas e termodinâmica.

O livro **Fundamentos de Física 2: gravitação, ondas e termodinâmica** possui 643 páginas, com a cor padrão em branco e títulos em vermelho e azul. Alguns fatos que servem para complementar os conteúdos são apresentados em quadros evidenciados na cor cinza, e também há muitas figuras coloridas demonstrativas referentes aos conteúdos, que colaboram para a melhor compreensão dos alunos. O livro apresenta muitas equações, exemplos resolvidos e resumo ao final do conteúdo. A seguir, na Figura 22, seguem algumas páginas desse livro.

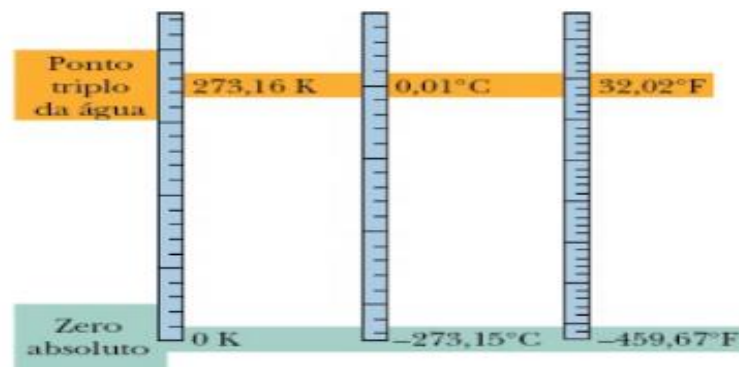
Figura 22 - Imagem da página do livro Fundamentos de Física 2: gravitação, ondas e termodinâmica.



Fonte: Halliday; Resnick; Walker, Fundamentos de Física 2, 2016, p.420 e 422.

As escalas termométricas são apresentadas na página 413 do capítulo 18 (Temperatura, Calor e a Primeira Lei da Termodinâmica), seção 18.1 (Temperatura), na qual é possível encontrar a comparação das Escalas Kelvin, Celsius e Fahrenheit, relacionando-as ao ponto triplo da água e o zero absoluto, considerando-se a temperatura que cada uma apresenta, como mostrado na Figura 23. Por meio dela, vemos que os autores se preocupam em mostrar que a escala Fahrenheit tem um número maior de divisões que as demais.

Figura 23 - Comparação das Escalas Kelvin, Celsius e Fahrenheit



Fonte: Halliday; Resnick; Walker, Fundamentos de Física 2, 2016, p.421.

Próximo a ela, é também apresentada uma tabela que relaciona pontos em comum entre as Escalas Celsius e Fahrenheit, como mostrado na Figura 24.

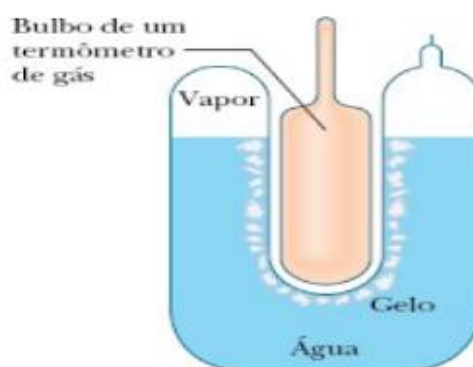
Figura 24 - Relação entre as Escalas Celsius e Fahrenheit

Temperatura	°C	°F
Ponto de ebulição da água*	100	212
Temperatura normal do corpo	37,0	98,6
Temperatura confortável	20	68
Ponto de congelamento da água*	0	32
Zero da escala Fahrenheit	≈ -18	0
Coincidência das escalas	-40	-40

Fonte: Halliday; Resnick; Walker, Fundamentos de Física 2, 2016, p.421.

Neste capítulo, também é possível encontrar informações sobre o ponto triplo da água, como foi abordado anteriormente nos conteúdos comuns entre todos os livros, porém somente neste livro foi possível identificar uma ilustração que o representa, assim como mostrado na Figura 25. Por meio dela, é possível ver o ponto triplo da água - em que o vapor, o líquido e o gelo coexistem -, o qual é usado para regular o termômetro a gás.

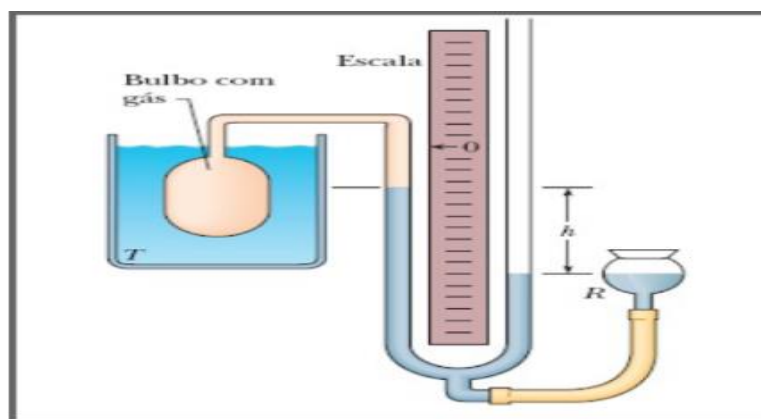
Figura 25 - Célula do ponto triplo da água



Fonte: Halliday; Resnick; Walker, Fundamentos de Física 2, 2016, p. 416.

Neste capítulo, também é possível encontrar conteúdo sobre o termômetro a gás, como mostrado na Figura 26.

Figura 26 - Imagem do termômetro de gás em volume constante



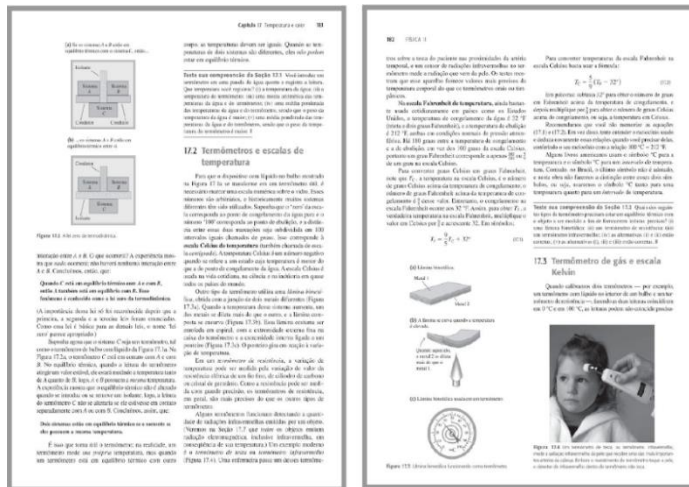
Fonte: Halliday; Resnick; Walker, Fundamentos de Física 2, 2016, p.418.

Na figura acima, observamos um termômetro de gás em volume constante composto por um bulbo preenchido com gás imerso em um líquido, conectado a um manômetro de mercúrio por meio de um tubo. Ao movimentar o reservatório R para cima ou para baixo, é possível alterar o nível de mercúrio contido no lado esquerdo do tubo em formato de U, fazendo com que o volume de gás constante fique estável no ponto de temperatura 0 (zero) da escala. Após realizada a calibração do termômetro, ele estará pronto para medir a temperatura do líquido.

3.2.5 Conteúdo presente somente no Livro Física 2: Termodinâmica e Ondas

O livro **Física 2: Termodinâmica e Ondas** possui 403 páginas, as quais têm a cor padrão em branco, com escrita em preto, havendo, também, muitas figuras coloridas demonstrativas referentes aos conteúdos, que colaboram para a melhor compreensão dos alunos. O livro apresenta muitas equações, exemplos resolvidos e questões para discussão. A seguir, na Figura 27, exibem-se duas páginas desse livro.

Figura 27 - Imagem da página do livro FÍSICA 2: Termodinâmica e Ondas



Fonte: Young, Freedman, Física 2: Termodinâmica e Ondas, 2008, p.181 e 182.

O conteúdo de escalas de temperatura encontra-se na página 181, Capítulo 17 (Temperatura e Calor), Seção 2 (Termômetros e Escalas de Temperatura). Nele, é possível encontrar a comparação entre as Escalas Kelvin, Celsius e Fahrenheit, como mostrado na Figura 28. Por meio dela, observamos quais são as temperaturas registradas em cada Escala Termométrica durante algumas mudanças de fase da água, do gás carbônico e do oxigênio. Além disso, a figura sugere que uma mudança de 100 graduações na Escala Kelvin é equivalente a uma mudança, também, de 100 na Escala Celsius e 180 na Escala Fahrenheit.

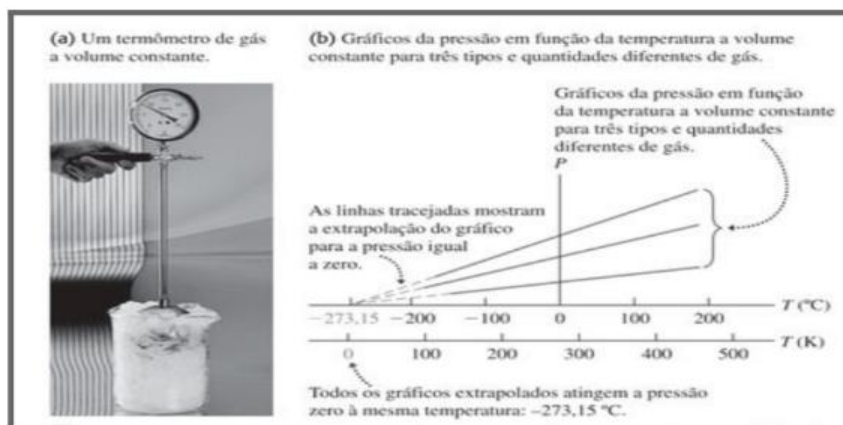
Figura 28 - Comparação entre as Escalas Kelvin, Celsius e Fahrenheit

	K	C	F
Ebulição da água	373	100°	212°
Solidificação da água	273	0°	32°
Solidificação do CO ₂	195	-78°	-109°
Liquefação do oxigênio	90	-183°	-298°
Zero absoluto	0	-273°	-460°

Fonte: Young, Freedman, Física 2: Termodinâmica e Ondas, 2008, p.184.

Neste capítulo, também é possível encontrar conteúdo sobre o termômetro a gás, como mostrado na Figura 29.

Figura 29 - Imagem A e B de um termômetro de gás em volume constante



Fonte: Young, Freedman, Física 2: Termodinâmica e Ondas, 2008, p.183.

Uma foto real de um termômetro a gás em volume constante pode ser observada no item (a) da figura acima, que foi apresentada como ilustrações nos demais livros. Ao comparar as imagens da foto real e as ilustrações do termômetro em questão, acredita-se que os demais autores usam ilustrações para favorecer a didática para seu ensino, pois elas permitem inserir elementos que tornam mais claros os aspectos importantes por trás de seu funcionamento, excluídos os demais, que têm importância tecnológica, mas não conceitual. Em seu item (b), nota-se, novamente, o crescimento linear da pressão dos gases com o aumento da temperatura, evidenciando a confiabilidade desse termômetro em medir temperatura e ser usado para calibrar os demais termômetros.

3.2.6 Considerações parciais

As Escalas de Temperatura comumente abordadas nos quatro livros são Escala Celsius, Kelvin e Fahrenheit. Em nenhum deles, são apresentadas ou mencionadas outras Escalas de Temperatura. Os quatro livros da Graduação não contam a história das Escalas Termométricas nem datas, e raramente citam os nomes completos dos criadores das Escalas de Temperatura. São bem diretos e, desta forma, pouco colaboram com o conhecimento histórico dos estudantes sobre o tema deste trabalho.

O Livro **FÍSICA 2: Uma abordagem estratégica** e o livro **Física para cientistas e engenheiros 2** relacionam o conteúdo de Temperatura com outros conceitos Físicos e não fazem um estudo mais aprofundado sobre os fatos históricos e da evolução histórica dos termômetros. Além disso, apresentam as três Escalas de Temperatura comumente abordadas com equações que servem para transformar as temperaturas entre elas.

O Livro **Fundamentos de Física 2: gravitação, ondas e termodinâmica** e o livro **FÍSICA 2: Termodinâmica e Ondas** são os que melhor se aprofundam em alguns fatos sobre as Escalas de Temperatura, disponibilizando figuras e tabelas que colaboram para o aprendizado dos estudantes. Contudo, deixa uma vasta falta de fatos históricos sobre as Escalas Termométricas.

Além disso, nos livros da Graduação, foi possível estudar de maneira mais significativa dois conteúdos que não foram bem explorados nos livros do Ensino Médio - o ponto triplo da água e o termômetro a gás de volume constante. Estes conteúdos fazem parte da história da Termodinâmica e é importante apresentá-los aos estudantes para que o ensino das Escalas Termométricas seja mais efetivo e colabore para uma melhor absorção do conhecimento.

3.3 Artigos

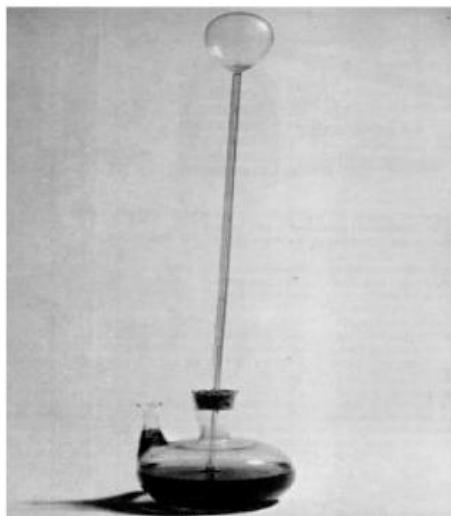
Por meio da análise de alguns artigos, buscamos aprofundar o estudo histórico das Escalas Termométricas, com o propósito de identificar curiosidades que possam enriquecer o ensino desse conteúdo. Dessa forma, foram selecionados fatos históricos relevantes, que podem ser integrados ao ensino das Escalas de Temperatura, tornando o aprendizado mais significativo.

3.3.1 Conteúdos principais do Artigo: Breve história da medição de temperaturas

O artigo **Breve história da medição de temperaturas** foi escrito por Paulo Cabral e publicado pelo Instituto Eletrotécnico Português (IEP), em Senhora da Hora - Portugal, no mês de junho de 2015, e possui 6 páginas. Ele abrange vários fatos históricos das escalas de temperatura e a evolução dos termômetros, assim como será apresentado abaixo.

Em 1592, Galileu Galilei (1564-1642), idealizador do primeiro termoscópio (termômetro que conhecemos hoje), propôs um protótipo suspenso sobre um reservatório aberto cheio de álcool colorido. Juntamente, havia um tubo oco, de vidro fino, com uma de suas extremidades aberta, e outro, com um balão também de vidro fino, como mostrado na Figura 30 abaixo. O seu princípio de funcionamento se dá pela mudança da altura do líquido do reservatório, dada a alteração de temperatura que era provocada no balão do tubo.

Figura 30 - Termoscópio a ar de Galileu Galilei



Fonte: Cabral, Breve história da medição de temperatura, 2015, p.2.

Outros físicos, como Bartolomeu Telioux, em 1611, e Santorio Santorre, em 1612, propuseram protótipos de termoscópio, porém não tiveram êxito em suas criações. Então, por volta da metade do século XVII, o termômetro a ar já era bem conhecido, apesar de seu funcionamento rudimentar servir para informar, de certa forma, se a temperatura de um corpo estava maior ou menor que a de outro.

Em 1660, foi comprovado que o termômetro a ar variava não somente com as mudanças de temperatura, mas, também, com as variações de pressão, após Evangelista Torricelli (1608-1647) realizar a descoberta da variabilidade da pressão do ar. Então, logo após essa descoberta, em 1654, o Grão-Duque da Toscana, Fernando II (1610-1670), solucionou o problema ao selar o tubo. O termômetro que foi proposto também continha álcool, criando-se nele uma escala com 50 graduações. O seu termômetro ofereceu uma boa eficácia e ficou conhecido como Termômetro Florentino.

Em 1660, Robert Hooke (1635-1703), da *London Royal Society* (Sociedade Real de Londres), estabeleceu os primeiros princípios de comparação entre termômetros de diferentes construções, evitando, assim, a necessidade de se construir réplicas exatas de cada termômetro. Propôs que suas calibrações tivessem dois pontos de referência, os quais eram encontrados no processo de congelamento da água (início da solidificação e solidificação completa), criando uma escala entre (-7 °) e (+13 °), obtidos em tempo de inverno e de verão.

Com o passar do tempo, muitas escalas, com diferentes pontos fixos, foram surgindo. Os autores relatam que foram contadas cerca de 27 diferentes escalas termométricas em 1778, e os pontos fixos que foram utilizados incluíam a temperatura do corpo humano e o

ponto de fusão da manteiga. Até 1714, nenhuma Escala de Temperatura havia sido aceita universalmente. Foi então que Daniel G. Fahrenheit (1686 - 1736), fabricante de instrumentos de precisão, fez o primeiro termômetro de mercúrio e criou sua Escala de Temperatura, fixando ponto inferior à custa de uma mistura de gelo e de sal (temperatura mais baixa que ele conseguiu reproduzir), sendo o valor de 32 °F, e escolheu o valor de 96 °F para ser o ponto superior, o qual seria aquele da temperatura normal do corpo humano. O maior número de graduações ajudou a sua escala a ter uma maior precisão.

Em 1742, o sueco Anders Celsius propôs outra escala, a qual usou o ponto de fusão do gelo e o de ebulição da água como referências. Inicialmente, escolheu 0 ° para o ponto de ebulição da água, e 100 °, o ponto de fusão, os quais foram, posteriormente, invertidos. A sua escala apresentava 100 graduações (uma escala centígrada) e passou a ser conhecida como Escala Celsius, em 1948.

Em 1800, William Thomson (Lord Kelvin) (1824–1907) desenvolveu uma escala termodinâmica universal, baseada no coeficiente de expansão de um gás ideal. Essa escala de temperatura foi adotada pelo *Systeme International d'Unités* (Sistema Internacional de Unidades), o SI, colocando a temperatura termodinâmica como uma das sete unidades-base, cuja unidade foi escolhida como Kelvin (K), em homenagem ao seu criador.

No início do século XX, constatou-se a necessidade de se criar uma Escala de Temperatura Universal para estabelecer e padronizar os valores de temperatura para diversos fenômenos observados no cotidiano e realizados em laboratório. Procurou-se um método de calibração que fosse reprodutível, fácil e simples. Então, em 1927, a 7.^a CGPM criou a primeira Escala Internacional de Temperatura (ITS-27), que obtinha temperaturas entre (-190 °C) a (1063 °C), passando por diversas modificações entre os anos 1948 (ITS-48); 1960 (IPTS-48), 1968 (IPTS-68) e 1976 (EPT-76); 1990 (ITS-90).

A nova Escala Internacional de Temperatura, implementada em 1990 (ITS-90), mudou a maioria dos valores de temperaturas, e esse fator primordial pode ter consequências importantes no âmbito científico, principalmente por se tratar da medição de grandezas que necessitam de uma maior precisão. O zero absoluto e o ponto triplo da água são dois valores que não foram alterados. A Tabela 1 apresenta a temperatura para os diferentes estados de algumas substâncias.

Tabela 1- Tabela com os pontos fixos ITS-90

Temperatura		Substância (a)	Estado (b)
T_{90}/K	$t_{90}/^{\circ}C$		
3 a 5	-270,15 a -268,15	He	V
13,803 3	-259,346 7	e-H ₂	T
≈17	≈-256,15	e-H ₂ (ou He)	V (ou G)
≈20,3	≈-252,85	e-H ₂ (ou He)	V (ou G)
24,556 1	-248,593 9	Ne	T
54,358 4	-218,791 6	O ₂	T
83,805 8	-189,344 2	Ar	T
234,315 6	-38,834 4	Hg	T
273,16	0,01	H ₂ O	T
302,914 6	29,764 6	Ga	F
429,748 5	156,598 5	In	C
505,078	231,928	Sn	C
692,677	419,527	Zn	C
933,473	660,323	Al	C
1 234,93	961,78	Ag	C
1 337,33	1 064,18	Au	C
1 357,77	1 084,62	Cu	C

(a) Todas as substâncias, excepto o ³He, são de composição isotópica natural; o e-H₂ é hidrogênio na concentração de equilíbrio das formas orto- e para-moleculares.

(b) V: ponto de pressão de vapor; T: ponto triplo (temperatura à qual as fases sólida, líquida e de vapor se encontram em equilíbrio); G: ponto do termómetro de gás; F, C: ponto de fusão, ponto de congelação (temperatura, à pressão de 101 325 Pa, à qual as fases sólida e líquida se encontram em equilíbrio).

Fonte: Cabral, Breve história da medição de temperatura, 2015, p.6.

3.3.2 Conteúdos principais do Artigo: Do termoscópio ao termômetro digital: quatro séculos de termometria.

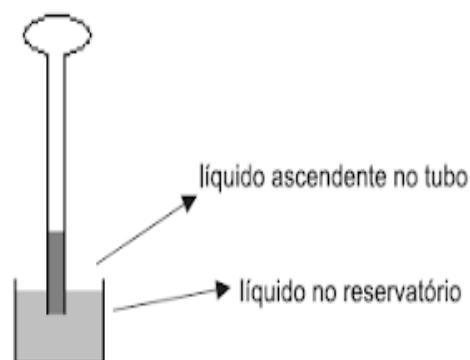
O artigo **Do termoscópio ao termômetro digital: quatro séculos de termometria** foi escrito por Denise Pires; Júlio Afonso; Francisco Chaves, publicado pela Sociedade Brasileira de Química, na cidade de Rio de Janeiro, em junho de 2006, e possui 8 páginas.

Cita algumas opções de termômetros que se diferem pelas grandezas termométricas, como Termômetro de líquido (variação do volume); Termômetro de gás (variação do volume de gás se a pressão é constante ou pressão do gás se o volume é constante); Termômetro de resistência de platina (resistência elétrica de um fio de metal); Termômetro de mercúrio (modelo mais comum para medição de temperaturas entre -30 °C e +329 °C); Termômetro de álcool etílico (para medições de temperaturas baixas, em que o mercúrio congela a -38,9 °C).

Os autores apontam que, em 1592, Galileu Galilei (1564-1642) inventou o termoscópio, que tinha como princípio físico a expansão do ar, mas revelam que essa afirmação não pode ser tomada como sendo totalmente verdade, pois outros estudiosos, como Sanctorius Santori da Capodistria (1561-1636), Cornelius Van Drebbell (1572- 1634), Robert Fludd (1574–1637) e Giambalista Porta (1538–1615) também foram apontados como idealizadores do primeiro protótipo do termoscópio. E assim seguiram por muitos anos, vários cientistas tentaram desenvolver protótipos melhorados, cada qual atendia melhor às suas pesquisas para

colaborar com o desenvolvimento no ramo da Física. Abaixo, na Figura 31, segue o protótipo de Galileu Galilei.

Figura 31- Protótipo do Termoscópio de Galileu Galilei



Fonte: Pires; Afonso; Chaves, Do termoscópio ao termômetro digital: quatro séculos de termometria, 2006, p.1395.

Em 1606, Giambalista Porta (1538–1615) realizou uma análise no protótipo e apontou um defeito, relatando que ele tinha sensibilidade considerável à variação da pressão atmosférica do local em que se encontrava, uma vez que era um instrumento aberto. Também apontou o fato da evaporação precoce do líquido utilizado, fazendo com que as leituras se tornassem inexatas.

Apesar de seu selamento, o ar do interior não havia sido retirado, o que atrapalhou a dilatação uniforme do líquido. Esse problema foi sanado posteriormente, graças ao avanço tecnológico, já conseguindo selar o tubo, inibindo a ação da pressão atmosférica. Esse marco foi registrado em Florença, na conhecida Academia Dei Cimento (1657–1667), na qual o líquido era, preferencialmente, o álcool por se dilatar mais que o mercúrio.

Em 1660, Robert Hooke demonstrou que a temperatura se mantinha constante durante a fusão do gelo e ebulição da água, e estabeleceu os primeiros princípios de comparação entre os termômetros. Alguns anos depois, em 1688, Joachim Dalence ficou conhecido como o primeiro a afirmar que seriam necessários dois pontos fixos para se criar uma Escala Termométrica (fusão do gelo e da manteiga) com base no termômetro de álcool.

Foi então que Renaldini (1615–1698) trocou o ponto de fusão pelo de ebulição da água, em 1694, continuando as buscas pela melhor mistura refrigerante (água + gelo, gelo + sal de cozinha etc.) e os melhores sensores de temperatura (alcatrão, óleo de linhaça e azeite de

oliva etc.) para serem usados nos termômetros, ficando claro que esses fatores dependem de como tais termômetros iriam ser desenvolvidos.

Então, em 1702, Ole Roemer (1644-1710) iniciou a criação de Escalas Termométricas e termômetros semelhantes aos que conhecemos hoje em dia. Ele utilizou dois pontos fixos: fusão do gelo e ebulição da água. Até 1714, nenhuma escala havia sido aceita universalmente e, em 1778, há referências de 27 escalas em uso, sendo que três delas se destacam no âmbito científico.

Em 1730, o francês René-Antoine F. de Réaumur (1683-1757) apresentou a Escala de Temperatura Réaumur ($^{\circ}\text{R}$), baseada na expansão do álcool. Foi uma escala muito utilizada no século XX, e seus pontos fixos para ebulição e congelamento da água eram, respectivamente, 80°R e 0°R .

Em 1714, após contato com Roemer, o alemão Daniel G. Fahrenheit (1686-1736) desenvolveu a Escala Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$), utilizada até hoje em países como Estados Unidos, em que seus pontos fixos para ebulição e congelamento da água são, na devida ordem, 212°F e 32°F . Sua Escala de Temperatura ganhou popularidade pela qualidade de seu trabalho e suas pesquisas e pela fácil reprodutividade de sua escala.

Em 1742, o sueco Anders Celsius (1701-1744) criou a Escala Celsius ($^{\circ}\text{C}$) que teve por definição o ponto 0°C para ebulição da água e 100°C para fusão da água, dividindo o intervalo em 100 partes iguais (essa divisão também é conhecida como escala centígrada). Em 1794, esses valores foram invertidos, passando o ponto de fusão da água para 0°C e o ponto de ebulição da água para 100°C . Os autores relatam que a origem da Escala de Temperatura Celsius se deu através de um artigo publicado nos Anais da Academia Sueca de Ciências, de título “Observações em duas persistentes escalas em um termômetro”. Porém, não faz menção sobre detalhes do trabalho escrito por Anders Celsius (1701-1744).

Em 1848, William Thomson (1824–1907), que, com o tempo, passou a ser reconhecido com o título de Lord Kelvin, deu origem à Escala de Temperatura Kelvin, a qual foi criada a partir do estado térmico das moléculas de um gás, observando que a agitação de moléculas estava relacionada com as suas energias cinéticas, que refletiam a temperatura do gás. Por isso, acreditava que a menor temperatura (denominada zero absoluto) seria aquela em que as moléculas estariam todas em repouso. Lorde Kelvin percebeu que resfriar o gás em volume constante, de 0°C a -1°C , tinha sua pressão reduzida em $1/273$. Por isso, concluiu que a pressão do gás seria nula quando o gás atingisse a temperatura de -273°C . Por essa descoberta, determinou-se o zero absoluto como 0 K (em homenagem ao seu criador), cuja escala também seria centígrada.

Nesse texto, é citada brevemente a Escala de Temperatura Rankine (R), criada por William J. M. Rankine (1820-1872), que, hoje em dia, se encontra em desuso. Se compararmos a Escala Kelvin e a Escala Rankine, a relação entre elas é de 1 K para 1,8 °R (a mesma relação encontrada entre as Escalas Celsius e Fahrenheit).

No século XX, após muitas pesquisas, foram constatadas a necessidade e urgência em ser estabelecida uma Escala Termométrica Universal que fosse precisa, reproduzível e simples. Considerando tais características, em 1927, foi criada a IPTS (Escala Prática Internacional de Temperatura), após a primeira Guerra Mundial. Essa IPTS foi revisada e sofreu alterações entre os anos 1948 e 1990, passando a ser denominada IPTS-48; IPTS-68, até chegar a ITS-90 (em inglês, International Temperature Scale). Tais mudanças ocorreram para atualizar alguns pontos fixos de temperatura, como mostrado na Tabela 2, comparando-se a IPTS- 68 e a ITS-90. Podemos observar que o ponto triplo da água é o único que não sofreu alteração, enquanto vários outros foram levemente modificados. O texto menciona também que não houve mudança no zero absoluto.

Tabela 2- Pontos fixos comparados entre IPTS-68 e ITS-90

PONTOS FIXOS	IPTS-68	ITS-90
Ebulição do oxigênio	-182,962 °C	-182,954 °C
Ponto triplo da água	+0,010 °C	+0,010 °C
Solidificação do estanho	+231,968 °C	+231,928 °C
Solidificação do zinco	+419,580 °C	+419,527 °C
Solidificação da prata	+961,930 °C	+961,780 °C
Solidificação do ouro	+1064,430 °C	+1064,180 °C

Fonte: Pires; Afonso; Chaves, Do termoscópio ao termômetro digital: quatro séculos de termometria, 2006, p.1397.

Vale ressaltar que as alterações dos valores de temperatura contidos na IPTS-68 trouxeram consequências muito importantes no âmbito da ciência, cujas medições precisas são necessárias. Aponta-se que as grandezas termodinâmicas de capacidade calorífica e de entropia eram afetadas devido às imprecisões anteriores das Escalas Termométricas.

3.3.3 Considerações parciais

Ao realizar o estudo dos artigos "**Breve história da medição de temperaturas**" e "**Do termoscópio ao termômetro digital: quatro séculos de termometria**", foi possível compreender que a criação e a evolução das Escalas Termométricas foram um processo lento e estritamente experimental, considerando as inúmeras tentativas com erros e acertos.

Os dois artigos, comumente, tratam das Escalas de Temperatura mais conhecidas: Escala Celsius, Kelvin e Fahrenheit, e citam brevemente outras sem maior aprofundamento, como a Escala Réaumur (°R) e a Escala Rankine (R).

Um diferencial entre os dois artigos estudados acima é que o artigo **Breve história da medição de temperaturas**, assim como o nome já evidencia, trata-se de uma breve revisão histórica, em que os autores abordam fatos importantes, sem se aprofundarem neles. E o artigo **Do termoscópio ao termômetro digital: quatro séculos de termometria** diz respeito a uma revisão histórica com mais detalhes, em que os autores abordam fatos importantes, trazendo contradições, por exemplo, ao induzirem à dúvida "se Galileu Galilei foi mesmo o idealizador do primeiro protótipo do termoscópio".

No geral, os dois artigos são mais completos, se compararmos com os livros didáticos, e trazem fatos históricos que consideramos importantes e relevantes no ensino de Escalas Termométricas.

4 RESULTADOS

Após realizada a leitura dos livros didáticos e artigos, é possível destacar alguns conteúdos que consideramos importantes para serem apresentados aos alunos, podendo colaborar para um melhor desempenho no estudo das Escalas Termométricas para o nível de Ensino Médio. A proposta abaixo considera que os alunos já tenham estudado os conteúdos de Temperatura, Calor, Transferência de Calor e Equilíbrio Térmico e de algumas propriedades de Gases ideais.

Abaixo, segue a ordem dos conteúdos de nossa proposta de ensino das Escalas Termométricas. Destacamos, com asterisco (*), os itens comuns em todos livros do Ensino Médio, que acreditamos serem de grande importância, uma vez que todos os autores os mencionaram. Os demais são aqueles que consideramos interessantes de complementar à sequência didática do conteúdo, cujos motivos para suas implementações estarão logo após a lista:

- 1 - Termoscópio*;
- 2 - Evolução do Termoscópio ao Modelo Florentino;
- 3 - Escalas Termométricas: Necessidade de criação, evolução;
- 4 - Escalas Termométricas: Escala Celsius e Fahrenheit*;
- 5 - Mudanças entre as Escalas*;
- 6 - Termômetro a gás com volume constante;
- 7 - O ponto triplo da água;
- 8 - Escala Kelvin*.

Acreditamos que o segundo tópico é importante para que os alunos conheçam a história do instrumento de medição, desde os primeiros modelos criados e sua evolução. Iniciaria o conteúdo apresentando que Galileu Galilei criou o "primeiro" termoscópio, porque surgiu a necessidade de se criar um instrumento de medição de temperatura que auxiliasse no desempenho de atividades cotidianas simples. Ele apresentava características que desempenhavam esse papel, tendo o funcionamento pela mudança da altura de um líquido em um tubo aberto devido à mudança de temperatura. O termoscópio não possuía escala graduada nem apresentava valores quantitativos. Posteriormente, outras pessoas necessitavam realizar alterações no modelo proposto por Galileu Galilei, pois notaram que o seu instrumento mudava a altura do líquido, também, com as variações de pressão do ar. O Grão-Duque da Toscana,

Fernando II, solucionou o problema ao selar o tubo, que, inicialmente, era aberto. Esse novo instrumento ficou conhecido como Termômetro Florentino e era mais parecido com o termômetro que utilizamos atualmente.

O terceiro tópico, que acreditamos ser interessante de ensinar, é o surgimento de várias escalas de temperatura. Iniciar-se-ia mostrando a necessidade de se criarem Escalas de graduação para atender às diferentes necessidades de medição de temperatura e em diferentes intervalos de temperatura de medição. Por exemplos, os termômetros a água não conseguiam medir temperaturas abaixo de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, pois congelavam o seu líquido. Por isso, usaram um de álcool, mas ele não conseguia medir temperaturas acima de $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, devido à sua evaporação. Também é interessante mencionar que Robert Hooke percebeu que a água era uma ótima substância para comparar as escalas de dois termômetros diferentes. Joachim Dalence percebeu que eram necessários sempre dois pontos fixos para se construir uma Escala Termométrica, e Roemer propôs que os pontos deveriam ser os pontos de congelamento e de evaporação da água. Através de diferentes tipos de líquidos e intervalo de escalas numéricas, pode-se apontar que foram criadas cerca de 27 diferentes escalas termométricas, mas apenas 2 delas se consolidaram em Celsius e Fahrenheit.

Assim como no tópico anterior, este se aprofundaria um pouco na história das duas escalas mencionadas anteriormente, de maneira individual. A Escala Celsius, criada por Anders Celsius, tinha inicialmente os pontos de ebulição da água e fusão do gelo invertidos, e foi em 1743 que passaram a ser utilizados como é hoje: $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente. A Escala Fahrenheit, criada por Daniel Fahrenheit, utilizou como referências a temperatura do ponto de fusão do gelo, em $32\text{ }^{\circ}\text{F}$, e a temperatura mais fria medida na cidade de Copenhague, a capital da Dinamarca, $0\text{ }^{\circ}\text{F}$ (favorecendo, assim, que qualquer outra temperatura ambiente seja positiva).

O sexto tópico serviria para apresentar que o termômetro a gás em volume constante é apresentado como o padrão, sendo que os termômetros são calibrados a partir dele. Seu princípio de funcionamento é baseado, de forma extrapolada, na variação de pressão de um volume fixo de gás, conforme a temperatura se altera. Nesse caso, é importante que o termômetro seja utilizado para medir a pressão absoluta, que aumenta linearmente. Ele é calibrado a partir da pressão de um gás, tendo o ponto triplo da água como a temperatura de referência, a qual é ajustada em um gráfico de pressão por temperatura que possibilita acompanhar facilmente as suas mudanças em sua escala. A variação da pressão dentro do recipiente deve-se a muitas colisões que ocorrem entre as moléculas, e a pressão nula significa

que não há movimento das moléculas, e as colisões entre elas cessam. A temperatura em que não há mais colisões é chamada de zero absoluto.

O sétimo e último tópico a ser adicionado seria o Ponto Triplo da água, que é pouco apresentado para o Ensino Médio, cuja compreensão é muito importante para entender a assertividade dos termômetros modernos. Ele é apresentado como ponto-base da temperatura absoluta. Sua conexão se encontra na combinação de temperatura e pressão que o gelo, a água líquida e vapor d'água coexistem em equilíbrio térmico. O ponto triplo ocorre, especificamente, na temperatura de $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ e pressão de $4,58\text{ mm}$ de mercúrio, que seriam $273,16\text{ K}$, e pode ser reproduzida somente em laboratórios. Esse ponto foi determinado pelo Sistema Internacional (SI) como a temperatura-padrão para a calibração dos termômetros.

Após estabelecido o ponto triplo da água, apresentaria a Escala Kelvin, criada por William Thomson (Lorde Kelvin). Em sala, essa escala seria enriquecida com a teoria cinética-molecular, que trata de propor uma escala que associa a temperatura à energia cinética média das partículas constituintes do corpo. Por ela, o valor 0 é o ponto em que não há agitação das moléculas - ou seja, as partículas ficam em repouso - passando a ser chamado de Zero Kelvin ou Zero Absoluto (que seria $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$ na Escala Celsius). Essa escala de temperatura não utiliza o termo graus, pois o Sistema Internacional de Unidades (SI) a adotou como uma das sete unidades que compõem sua base em 1967. O Zero Absoluto não é observado em nossa natureza, e os valores próximos a ele são vistos exclusivamente em laboratórios.

Mediante a proposta de conteúdos apresentada, o professor da disciplina irá planejar sua aula, considerando as estratégias de ensino que julgar serem mais apropriadas para o perfil da turma de alunos em que irá lecionar.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho nos permitiu montar uma sequência didática sobre a história das Escalas Termométricas a partir da leitura dos livros didáticos e artigos, que consideramos que podem ajudar os estudantes a aprenderem mais.

Dentre as limitações desta pesquisa, destacamos que foram utilizados alguns livros e artigos, entre incontáveis referências que existem. Por nossa leitura, notamos alguns padrões em cada tipo de material. Por exemplo, os livros de Ensino Médio, em relação aos livros da Graduação, apresentam melhor desempenho na apresentação da história das Escalas de temperatura. Já os livros da Graduação revelam pontos que acreditamos serem importantes para o ensino das Escalas, mas deixaram a desejar sobre os conteúdos históricos ou tópicos especiais que sobressaem os conteúdos comuns. No que se refere aos artigos, foram os que tiveram melhor desempenho em apresentar fatos interessantes e que não foram apresentados nos livros didáticos.

Observamos, em nossa leitura, que, ao acrescentar a parte histórica das Escalas Termométricas, o conteúdo ficou mais claro e de fácil compreensão. Dessa forma, acreditamos que, para os alunos, aconteça igualmente. Entretanto, esse aumento vem acompanhado do aumento de tempo para lecionar o tema em questão, em um cenário em que as aulas de Física, na maioria das escolas, são de uma ou duas horas semanais. Em vista desse cenário, podemos levantar um famoso dilema do Ensino: "será benéfico reduzir quantitativamente o conteúdo de uma disciplina para aumentar o seu qualitativo, mesmo que o Exame Nacional do Ensino Médio exija o contrário?"

REFERÊNCIAS

- AMABIS, J. *et al.* **Moderna Plus: ciências da natureza e suas tecnologias**. 1.ed. São Paulo: Moderna; 2020.
- BARRETO, B; SILVA, C. **Física 2 Aula por Aula: termologia, óptica, ondulatória**. 3.ed. São Paulo: FDT; 2016.
- CABRAL, P. **Breve história da medição de temperaturas**. Instituto eletrotécnico português (IEP). Senhora da Hora- Portugal. p.1-6 junho, 2015. Disponível em: <http://www.metroquality.com.br/pastas/artigo/OID3078712/HistoriaMedicaoTemperatura.pdf> . Acesso em: 12 de junho de 2024.
- GODOI, L; FIGUEIRÔA, S. **Dois pesos e duas medidas: uma proposta para discutir a natureza do sistema de Unidades de medida na sala de aula**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, UNICAMP, São Paulo, 8 janeiro, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2008v25n3p523>. Acesso em: 18 de fevereiro de 2025.
- GOODAY, G; LYNCH, J; WILSON, K; BARSKY, C. **Does science education need the history of science?**. Divisão de História e Filosofia da Ciência, Departamento de Filosofia, Universidade de Leeds, Reino Unido, p. 322-330. 2008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/23170134_Does_Science_Education_Need_the_History_of_Science. Acesso em: 25 fevereiro de 2025.
- HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de física: gravitação, ondas e termodinâmica**. 10.ed. Rio de Janeiro: LTC; 2016.
- JEWETT, J; SERWAY, R. **Física II para cientistas e engenheiros: oscilações, ondas e termodinâmica**. 2.ed. São Paulo: Cengage Learning, do Brasil; 2017.
- KNIGHT, R. **Física II uma abordagem estratégica: termodinâmica e óptica**. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.
- LUZ, A; ÁLVARES, B; GUIMARÃES, C. **Física II: contexto & aplicações, ensino médio**. 2.ed. São Paulo: Scipione; 2017.
- MARTINS, R. **Sobre o papel da história da ciência no ensino**. Boletim da Sociedade brasileira de história da ciência, UNICAMP, São Paulo. 3-5 setembro, 1990. Disponível em: [ram-42.pdf](#). Acesso em: 10 outubro de 2024.
- MATTHEWS, M. **História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação**. Caderno catarinense de ensino de Física. Florianópolis. Vol.12.n.3.p.158-239; dez. 1995. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084>. Acesso em: 25 fevereiro de 2025.
- PIRES, D; AFONSO, J; CHAVES, F. **Do termoscópio ao termômetro digital: Quatro séculos de termometria**. Sociedade Brasileira de Química. Rio de Janeiro. Vol.29. n.6.

p.1393- 1400; jun. 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422006000600041>, Acesso em: 12 de junho de 2024.

SEQUEIRA, M; LEITE, L. **A história da ciência no ensino - Aprendizagem das ciências.** Revista Portuguesa de Educação, Universidade do Minho - Portugal. 29-40 fevereiro,1988. Disponível em: 1988,1(2),29-40(ManuelSequeira&LaurindaLeite).pdf. Acesso em 12 de novembro de 2024.

SILVA, C; FIGUEIRÔA, S; NEWERLA, V; MENDES, M. **Subsídios para o uso da história das ciências no ensino: exemplos extraídos das geociências.** Revista Ciência & Educação (Bauru), UNESP, São Paulo.14 março, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1516-73132008000300009>. Acesso em: 18 fevereiro de 2025.

VÁLIO, A. *et al.* **Ser Protagonista- Física II.** 3.ed. São Paulo: SM, Obra coletiva; 2016.

YOUNG, H; FREEDMAN, R. **Física II:** termodinâmica e ondas. 12.ed. São Paulo: Pearson Education, do Brasil; 2008.