



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CAMPUS I - CAMPINA GRANDE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE
FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

MARTINHO ELIAS ROCHA PAIVA

**TEMPERATURA, CALOR E SUAS INCOMPREENSÕES CONCEITUAIS: UMA
ABORDAGEM PROBLEMATIZADORA**

**CAMPINA GRANDE
2021**

MARTINHO ELIAS ROCHA PAIVA

**TEMPERATURA, CALOR E SUAS INCOMPREENSÕES CONCEITUAIS: UMA
ABORDAGEM PROBLEMATIZADORA**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Alessandro Frederico da Silveira.

Coorientadora: Profa. Dra. Ana Paula Bispo da Silva

CAMPINA GRANDE
2021

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

P149t Paiva, Martinho Elias Rocha.
Temperatura, calor e suas incompreensões conceituais
[manuscrito] : uma abordagem problematizadora / Martinho
Elias Rocha Paiva. - 2021.
66 p.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Profissional em Ensino de Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2022.

"Orientação : Prof. Dr. Alessandro Frederico da Silveira ,
Coordenação do Curso de Física - CCTS."

"Coorientação: Profa. Dra. Ana Paula Bispo da Silva ,
Coordenação do Curso de Física - CCTS."

1. Ensino de Física. 2. Temperatura. 3. Calor. 4. Ensino
fundamental. I. Título

21. ed. CDD 536

MARTINHO ELIAS ROCHA PAIVA

TEMPERATURA, CALOR E SUAS INCOMPREENSÕES CONCEITUAIS: UMA
ABORDAGEM PROBLEMATIZADORA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

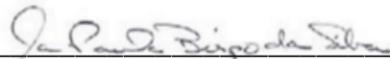
Área de concentração: Ensino de Física.

Aprovada em: 10/12/2021

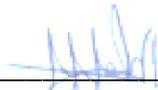
BANCA EXAMINADORA



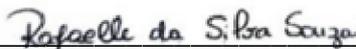
Prof. Dr. Alessandro Frederico da Silveira (Orientador)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dra. Ana Paula Bispo da Silva (Coorientadora)
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dra. Morgana Lígia de Farias Freire
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)



Prof. Dra. Rafaelle da Silva Souza
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA)

AGRADECIMENTOS

Inicialmente quero agradecer ao Grande Arquiteto do Universo (Deus), por ter me concedido o dom da vida; por estar sempre presente comigo em cada momento de atribulação; em cada conquista, me dando força para superar os dissabores e obstáculos que a vida por vezes nos traz; por me instigar a continuar buscando traçar um caminho justo em busca da perfeição.

À minha notável mãe (Geralda Paiva) que tendo enviuvado muito jovem dedicou sua vida a nós (Flávia, João Batista e eu), que mesmo sem ter disposto de oportunidade a se aprofundar nos estudos sempre nos incentivou, nos ensinou princípios éticos, morais e até ambientais, sem ter lido Paulo Freire ela sempre nos educou com a afetividade freiriana.

À memória do meu pai Flávio Paiva (*in memoriam*), que na sua efêmera e intensa vida nos deixou saudosos da sua musicalidade, da alegria, da honestidade, da emoção, da perspicácia em fazer e decifrar charadas.

Aos meus irmãos Flávia e João Batista que sempre me incentivaram e foram participes em cada conquista, em cada dificuldade, que sempre foram e sempre serão o suporte emocional na minha vida.

À minha amada esposa (Rosane) e meus amados filhos (Maria Fernanda, Flávio Netto e Rebeca), que são minha motivação para transpor os obstáculos que surgem na vida, que me dão tantas alegrias e satisfação.

Aos meus orientadores Dr. Alessandro Frederico da Silveira e Dra. Ana Paula Bispo da Silva, que foram meus referenciais acadêmicos, pelas sugestões, pelas contribuições durante o projeto. Em especial a Alessandro que teve a sensibilidade de esperar o meu restabelecimento de saúde após o meu acidente motociclístico.

Aos professores do programa MNPEF/UEPB, que contribuíram na minha formação, que me mostraram o caminho da pesquisa acadêmica, com cada aula, cada forma de ensinar, cada momento vivenciado desde 2017 até agora em 2021.

Aos meus primos Paulo Ademir e João Paulo que foram entusiastas em cada momento deste mestrado, pela diagramação e revisão ortográfica.

Aos meus colegas de turma MNPEF/2017 e MNPEF/2020, pela amizade construída, pelas batalhas e angustias compartilhada, pelos momentos divertidos vividos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

Incompreensões acerca dos conceitos de temperatura e calor são relatadas em vários trabalhos de Ensino de Física, seja no Ensino Fundamental ou Superior. Como problemas envolvendo conversão de escalas e exemplos cotidianos de variação de temperatura não exigem um formalismo matemático avançado, tentar esclarecer a diferença entre esses conceitos no Ensino Fundamental pode ser uma boa maneira de promover uma melhor compreensão futura de assuntos envolvendo termometria e termodinâmica. Além disso, em função da pandemia, diferentes termômetros têm feito parte do dia a dia dos estudantes em lojas, supermercados e até mesmo na escola. Assim, estabelecemos como pergunta de pesquisa como trabalhar os conceitos de Calor e Temperatura partindo de situações do cotidiano vinculadas a abordagem experimental, de maneira a favorecer sua compreensão nas aulas de Física da Educação Básica. Para responder a essa pergunta, este trabalho envolveu o planejamento e implementação de uma proposta didática sobre o tema Temperatura e Calor com alunos do 9º ano de uma escola privada. Como metodologia de ensino, foram adotados os três momentos pedagógicos de Delizoicov (2005), enfatizando uma abordagem problematizadora desenvolvida durante quatro encontros. Para a problematização, foram utilizados experimentos simples e textos baseados em aspectos históricos. Para a aplicação do conhecimento, os alunos fizeram estimativas em um problema relacionado à atual pandemia, de forma a salientar como conhecer sobre ciência é importante na tomada de decisões cotidianas. Apesar da pouca participação devido às limitações decorrentes do ensino híbrido em vigor, verificou-se que os alunos tiveram interesse nas atividades propostas e compreenderam as diferenças entre os conceitos. Desta forma, pode-se concluir que a sequência didática pode servir como orientadora para outros professores que atuam no Ensino Fundamental, fazendo-se, é claro, as devidas adequações à cada realidade escolar.

Palavras-Chave: Ensino Fundamental. Abordagem Problematizadora. Temperatura e Calor.

ABSTRACT

Several works in Physics Education, whether in Elementary, Higher or textbooks report misunderstandings about the concepts of Temperature and Heat. Conversion of scales and everyday examples involving variations of temperatura do not require a complex mathematical formalism. So, we believe that to teach the differences between Temperature and Heat in elementary school can promote a better future understanding of subjects involving Thermometry and Thermodynamics. In addition, due to the pandemic, different thermometers have been part of the daily lives of students in stores, supermarkets and even at school. Thus, we established as research question how to work the concepts of Heat and Temperature from everyday situations linked to the experimental approach, in order to favor the understanding of these concepts in Basic Education Physics classes. To answer this question, this work involved the planning and implementation of a teaching and learning sequence on the topic of Temperature and Heat with 9th grade students from a private school. As teaching methodology, the three pedagogical moments of Delizoicov (2005) were adopted, emphasizing an inquiry-based approach developed during four meetings. We used simple experiments and texts based on historical aspects as inquiries activities. At the end, for the application of knowledge, students estimated a problem related to the current pandemic, in order to highlight how knowledge about Science is important in everyday decision-making. Despite the low participation due to the limitations resulting from the hybrid teaching, it was found that the students were interested in the proposed activities and understood the differences between the concepts. Thus, it can be concluded that the didactic sequence can serve as a guide for other teachers who work in Elementary School, making, of course, the appropriate adjustments to each school reality.

Keywords: Elementary School. Inquiry-Based Approach. Temperature and Heat.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A temperatura de um corpo depende da impressão sensorial	19
Figura 2 - Termoscópio de Sanctorius (~1611). O paciente colocava o bulbo superior na boca e a água subia pelo tubo. O tubo ficava virado dentro de um pequeno recipiente aberto, onde estava a água. (BOLTON, p. 23, 1900)	20
Figura 3 - Termômetros da Accademia del Cimento, em Florença (~1640). Ao longo das espirais há em torno de 420 pontos marcados representando os graus.	21
Figura 4 - Termômetro de mercúrio de Rèamur (França, ~1780)	22
Figura 5 - Tabela de escalas de temperatura entre 1641 e 1772.....	24
Figura 6 - Momentos de realização da prática experimental.....	31
Figura 7 - Prática experimental Condução do Calor	34
Figura 8 - Prática experimental Convecção do Calor.....	35
Figura 9 - Prática experimental Irradiação do Calor	36

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 DESAFIOS NO ENSINO DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA.....	11
2.1 A abordagem experimental e o ensino: alguns apontamentos	13
2.2 A abordagem de ensino problematizadora	16
2.3 Conceituando temperatura e calor	18
2.3.1 <i>Definindo temperatura</i>	19
2.3.2 <i>Termômetros: propriedades térmicas, escalas e pontos fixos</i>	20
2.3.3 <i>Propagação de calor</i>	23
3 DESCRIÇÃO METODOLÓGICA.....	26
3.1 Sobre a pesquisa	26
3.2 Sobre o produto educacional.....	27
3.2.1 <i>A Sequência didática elaborada</i>	27
4 RELATANDO A EXPERIÊNCIA COM A APLICAÇÃO DA PROPOSTA	29
5 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES.....	40
REFERÊNCIAS	41
APÊNDICE A - A SEQUÊNCIA DIDÁTICA	46
APÊNDICE B - MODELO DAS FICHAS A SEREM PREENCHIDAS PELOS	
ALUNOS	62
APÊNDICE C - TEXTO 1: A BRIGA DAS ESCALAS	64
APÊNDICE D - TEXTO 2: UM POUCO DE HISTÓRIA DO TERMÔMETRO.....	65

1 INTRODUÇÃO

O conhecimento das Ciências em geral, e da Física em particular, vem sendo ressaltado em documentos oficiais e artigos de pesquisa, como de extrema relevância para a formação de cidadãos. Parte-se do pressuposto que o conhecimento em ciências que pode possibilitar uma maior consciência nas decisões de cunho técnico-científico e, conseqüentemente, exercer a cidadania (MAESTRELLI; LORENZETTI, 2021). No entanto, essa perspectiva não é refletida na prática do professor em sala de aula, mantendo-se um distanciamento entre a abordagem e a experiência cotidiana dos estudantes, com destaque para tecnologias, sem a correspondente crítica social (SILVA; PEREIRA, 2016).

Outro fator que geralmente é apontado como problema por muitos estudantes, está na ênfase dada às equações matemáticas, com a repetição excessiva de exercícios que parecem treiná-los, mas não fazem sentido. Por sua vez, professores e escolas em geral, alegam que isso precisa ser feito pois é o requerido em exames de seleção ao Ensino Superior, principalmente no caso da Física.

Dentre os fatores que contribuem para que tais práticas permaneçam em salas de aula da Educação Básica, destacam-se: o preparo do professor para novos desafios; a ausência de materiais didáticos apropriados; necessidade de abordagens de ensino diferenciadas que protagonizem o estudante no processo de ensino-aprendizagem; bem como a ausência de orientações e apoios pedagógicos e estruturais de muitas escolas.

É importante destacar que há décadas a área de Ensino de Física vem discutindo sobre modificações na maneira como os conteúdos são abordados em sala de aula, de modo a afetar os objetivos de ensino, as técnicas empregadas e os próprios temas que são trabalhados. Nesse processo, a abordagem experimental vem se destacando, passando por vários projetos de inserção no ensino de Ciências, especialmente no ensino de Física (PEREIRA e MOREIRA, 2017; FARIA e CARNEIRO, 2020).

Pesquisadores da área de ensino de Ciências defendem o uso da atividade experimental numa perspectiva que instigue a curiosidade e a criticidade dos alunos na ação da sala de aula, de maneira que atuem como sujeitos ativos no processo de construção do conhecimento científico (BORGES, 1997; GALIAZZI *et al.*, 2001; PINHO ALVES, 2000, ZÔMPERO e LABURU, 2011).

Entretanto, ainda está presente entre educadores da área de Ciências, a concepção empirista, resumindo a atividade experimental a um caráter de verificação e comprovação, ao invés de uma postura investigativa. Muitos professores atribuem benefícios ao uso de

experimentos nas aulas de Ciências, atribuindo-lhes o caráter comprobatório de teorias, ao invés de investigatório, mas que mesmo assim incentivam a curiosidade a aprendizagem dos estudantes (GALIAZZI *et al.*, 2001).

Contudo, Borges (1997) assinala que essa importância dada pelos professores às atividades experimentais não se fundamenta, uma vez que na realidade do cotidiano das escolas brasileiras há uma ausência dessas atividades, principalmente por questões de infraestrutura.

Para Francisco Júnior *et al.* (2008), as atividades com uso da experimentação devem valorizar os saberes prévios dos alunos, levar em consideração o uso da linguagem para a construção do conhecimento e fazer uso de um ensino contextualizado em que seja dada atenção às problemáticas da vida dos estudantes.

Dessa maneira, a experimentação deveria ser usada com ferramenta que propicie questionamentos e reformulações de visões prévias dos alunos, e não como mera ferramenta de confirmação dos conceitos físicos estudados. Para Francisco Júnior *et al.* (2008), a partir do momento em que a curiosidade seja despertada nos estudantes se abre possibilidades de explicar um fenômeno, pois este se torna pessoalmente significativo.

Partindo dessa premissa, acreditamos que a Ciência através dos experimentos vinculados às situações contextuais vivenciadas pelos estudantes pode favorecer a prática de ensino de professores de Física da Educação Básica.

Em consonância com isso, vimos que no atual contexto vivenciado por conta da pandemia da COVID-19, o uso dos termômetros digitais estava inserido nos diversos espaços e situações como forma protocolar de segurança. Também sabemos que são comuns os relatos das incompreensões conceituais que geralmente são atribuídas para Calor e Temperatura (CORREIA, 2017). Neste sentido, diante do atual contexto, temos como pergunta de pesquisa: *Como trabalhar os conceitos de Calor e Temperatura partindo de situações do cotidiano vinculadas a abordagem experimental, de maneira a favorecer sua compreensão nas aulas de Física da Educação Básica?*

Neste sentido, este trabalho tem por objetivo apresentar uma proposta de orientação didática ao professor de Física da Educação Básica, especificamente aqueles que atuam no Ensino Fundamental, para trabalhar a temática do Calor e da Temperatura, a partir do uso situações cotidianas e fazendo uso de atividades experimentais em suas aulas, utilizando-se de uma abordagem problematizadora de ensino. Além disso, apresentamos por meio de um relato, como foi a experiência de aplicação da proposta numa turma de nono ano do Ensino Fundamental.

Sendo assim, este trabalho está estruturado em cinco capítulos e seus respectivos tópicos. Esta introdução, em que apresentamos a pergunta de pesquisa e os objetivos, compreende o Capítulo 1. No Capítulo 2 apresentamos os referenciais teóricos utilizados para uma proposta didática com abordagem problematizadora e experimental. Ainda no Capítulo 2 abordamos o referencial teórico em Física, o qual disserta sobre aspectos históricos envolvendo a conceituação de Temperatura e Calor. No Capítulo 3 apresentamos aspectos da metodologia utilizada na pesquisa e no planejamento da proposta didática. No Capítulo 4 trazemos o relato de experiência da implementação da proposta didática. Por fim, no Capítulo 5 trazemos algumas considerações sobre a pesquisa, a implementação da proposta e as reflexões provocadas sobre a prática docente. Como produto referente a esta dissertação, apresentamos a **Proposta Didática para Ensino Fundamental “Tá quente ou tá frio?”**.

2 DESAFIOS NO ENSINO DE FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA

A Física é vista como uma ciência temida pelos estudantes da Educação Básica, geralmente por ser entendida como um aglomerado de equações matemáticas, que precisam ser memorizadas. Para Schneiders, Melo e Gastaldo (2016, p. 1), “a física e a matemática têm uma relação muito próxima, o que não significa apresentar a física no sentido de operacionalização de exercícios didáticos”.

Nos primeiros contatos com a temática de Ciências (Física), muitos estudantes deveriam ficar fascinados, notadamente com a aplicabilidade dos seus conceitos no cotidiano, pois assim essa Ciência promoveria aos estudantes um espírito intuitivo, investigador e social. Mas por qual motivo isso não acontece? Para se entender essa realidade ainda existente, apresentamos um recorte histórico sobre o Ensino de Física no Brasil, em especial, aspectos relacionados às abordagens metodológicas, de modo a refletirmos sobre a necessidade de novas contribuições.

Para Rosa e Rosa (2005) o Ensino de Física se inicia de maneira mais efetiva na época colonial a partir de 1837, com a fundação do Colégio Pedro II, no Rio de Janeiro, e era vista como uma Ciência de pouca importância. Sua inserção no currículo foi em 1950, passando a ser imposta por lei, entretanto, a quantidade de profissionais capacitados para atuar na área, ainda era pouca (DIOGO e GOBARA, 2008)

Algumas iniciativas de renovação curricular surgiram, a exemplo do projeto Physical Science Study Committee (PSSC) de 1956, com enfoque na abordagem experimental; o projeto Harvard, de 1975, com enfoque humanista, ambos criados nos EUA e o Projeto para o Ensino de Ciências da Fundação Nuffield, de 1962, da Inglaterra (KRASILCHIK, 2000).

No Brasil, especificamente no início dos anos 70, o Instituto de Física da USP desenvolveu o Projeto de Ensino de Física (PEF). De acordo com Rodrigues e Hamburger (1993 *apud* NARDI, 2005), milhares de professores passaram por cursos de treinamento do PEF, com o intuito de adquirirem conhecimentos para uma melhoria do Ensino de Física.

Para Alves Filho (2000), tais projetos ficaram conhecidos internacionalmente:

[...] PSSC, protagonista na reformulação dos novos currículos, a Universidade de Harvard, que apresentou outra proposta curricular através do “Project Physics Course”. Na Inglaterra, o movimento renovador se concretiza através do projeto “Nuffield Physics”. No Brasil o “PEF – Projeto de Ensino de Física”, o “FAI – Física Auto Instrutiva” e o “PBEF – Projeto Brasileiro de Ensino de Física” tornam-se iniciativas baseadas no até então inovador, PSSC (ALVES FILHO, 2000, p. 26).

Ainda na década de 70 foi decretada a Lei de Diretrizes e Bases da Educação que contribuiu de certa forma para modificações no sistema educacional brasileiro, objetivando que os estudantes desenvolvessem competências e habilidades capazes de fazerem uso em seu cotidiano. Na década de 90, mudanças nas políticas educacionais levam à elaboração dos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) e uma versão posterior modificada (PCN+), documentos que, ao tratarem do Ensino de Ciências, estabelecem formas de construir e melhorar o conhecimento de maneira contextualizada, interdisciplinar e prática, aproximando o estudante do mundo tecnológico através da aplicação de problemas contextualizados (BONAMINO e MARTÍNEZ, 2002)¹.

O Ensino de Física e de Ciências deve acompanhar a evolução tecnológica e científica, procurando formas de abordagens metodológicas que possam suprir as dificuldades encontradas. Entretanto percebe-se que esse o ensino ainda permanece focando em avaliações de conteúdo, aprovações e reprovações, apesar da enorme quantidade de pesquisas nessa área que demonstram a fragilidade desse formato.

Atualmente, a Educação Básica vem passando por um processo de mudanças em detrimento a oficialização da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) que orienta trabalhar um novo currículo, e se propõe dentre as exigências para a área das Ciências Naturais, que os estudantes sejam capazes de “investigar, analisar, discutir situações-problema que emerjam de diferentes contextos socioculturais, além de compreender e interpretar leis, teorias e modelos, aplicando-os na resolução de problemas individuais, sociais e ambientais” (BRASIL, 2018, p. 548). Mas, independentemente do que dispomos em termos de leis, e documentos oficiais algumas perguntas precisam ser respondidas, como: Por qual motivo a Física ainda é vista como uma área de conhecimento temida pela maioria dos estudantes da educação básica? O que falta para promover um ensino de Ciência/Física que permita a participação desses estudantes de maneira a favorecer o seu protagonismo em sala de aula?

São várias as causas que contribuem para que a Física não seja vista como uma boa disciplina, dentre os quais podemos citar, falta de relação entre os conteúdos trabalhados com o cotidiano, falta de laboratórios de Física, problemas na formação de professores, dificuldades de aplicação de metodologias de ensino diferenciadas, ausência de materiais didáticos de qualidade (KRASILCHIK, 1987; POZO E CRESPO, 2009).

¹ É necessário ressaltar que há aspectos controversos quanto aos direcionamentos dados pelos PCN no que tange a políticas públicas e responsabilidade estatal; porém não serão discutidos aqui.

Encontramos muitas discussões sobre os problemas e desafios encontrados no ensino de Física, relatados em artigos científicos, revistas educacionais, dissertações e pesquisas, que buscam encontrar respostas e soluções para um aprendizado sólido, crítico e contextualizado.

Conforme relatos em alguns pesquisadores, como Costa e Barros (2015); Fernandes e Filgueira (2009); Schneiders, Melo e Gastaldo (2016); os ambientes escolares deveriam promover um maior engajamento entre os conhecimentos formais, sociais e culturais. Promover um maior diálogo e criticidade dos conceitos, aproximando o conhecimento e as práticas pedagógicas dos currículos idealizados pelos documentos oficiais. Pois assim sendo, haveria uma possibilidade de superar práticas pedagógicas tradicionais, que estimulam memorização de conceitos e conteúdos, sem a significação devida nem aplicações concretas.

Como uma das possibilidades de superação dessas dificuldades encontradas no ensino de Física podemos fazer menção à implementação de práticas experimentais, as quais podem permitir uma aplicabilidade entre conceitos e significados, com situações problemas reais. Corroborando com a construção do conhecimento científico dos estudantes, uma vez que sendo bem mediada permite que o estudante se torne protagonista do seu conhecimento, tirando-os de posição passiva como geralmente acontece nas escolas.

Outro problema recorrente é encontrar uma interligação entre os conteúdos e uma aplicação concreta do cotidiano dos estudantes, de modo a corroborar para uma melhor compreensão do que lhes são apresentados em sala de aula.

Consideramos o quão fundamental é compreender os fenômenos naturais, conceitos e aplicações, tornando os episódios do cotidiano mais notório, corroborando para um panorama pluridisciplinar que torna o conhecimento dos estudantes significativos, tangíveis aos acontecimentos globais, fomentando um espírito investigativo, crítico e protagonista do seu próprio conhecimento. Desse modo, entendemos que o ensinar Física exige um conjunto de aspectos que não pode ser deixado de lado, e sim, analisado, para que os estudantes possam obter conhecimentos físicos necessários à sua formação como indivíduos críticos.

Neste sentido, optamos por trazer em nosso trabalho uma proposta de ensino que faça uso de experimentos vinculados às situações do cotidiano dos estudantes, a partir do uso da Abordagem Problematizadora de Ensino.

2.1 A abordagem experimental e o ensino: alguns apontamentos

A atividade experimental vem sendo trabalhada a várias décadas no ensino de Ciências, sendo cada vez maior o número de pesquisas sobre o tema (AMARAL, 1997;

PINHO ALVES, 2000; PENA e RIBEIRO, 2009; GRANDINI e GRANDINI, 2004; HIGA e OLIVEIRA, 2012). Nas décadas de 80 e 90 do século XX, as discussões acerca da transposição didática ganharam destaque como alicerce da relação entre conhecimento teórico e prático. Nessa direção, a concepção de laboratório construtivista passou a ser explorada, assumindo como pressuposto levar em consideração os conhecimentos prévios dos estudantes durante a realização dessas atividades (ALVES FILHO, 2000). No laboratório construtivista existe uma preocupação maior com o estudante, tornando-o como sujeito ativo no processo de ensino e aprendizagem à medida que o estimula a estabelecer hipóteses, planejar, etc., sem seguir roteiros pré-determinados.

Dentro desse novo contexto, as atividades experimentais durante as aulas precisam contemplar de forma efetiva os conceitos físicos, com o intuito de se tornar um instrumento que facilite a aprendizagem, e o professor precisa estar atento ao potencial do experimento, enquanto instrumento de aprendizagem efetiva de acordo com seus objetivos na aula.

O laboratório de ciências torna-se complexo, dando ênfase a aspectos como a problematização de fenômenos. De acordo com Amaral (1997) *apud* Higa e Oliveira (2012), as atividades experimentais e os laboratórios didáticos em física alcançam um contexto epistemológico-pedagógico. Epistemológico, por envolver concepções de realidade, de conhecimento científico, e relações entre as diferentes formas de conhecimento. Já o contexto Pedagógico, por abranger concepções de aprendizagem, de relações entre conteúdo e método, e de currículo.

Por esses aspectos e por conta da própria evolução do laboratório didático, este tornou-se base para uma grande variedade de ações investigativas no Ensino de Física, bem como em outras áreas das ciências. Passou a ser visto como um ambiente estimulante, por constituir um espaço com situações que estimulam os conflitos cognitivos dos estudantes, seus conhecimentos prévios, suas habilidades na resolução de problemas e compreensão de fenômenos naturais através da manipulação de objetos.

Esse tratamento para os conhecimentos prévios dos estudantes é uma das principais razões que justificam o laboratório didático. Por meio dele, é possível, através de um diálogo questionador, perceber quais as argumentações utilizadas pelos estudantes para explicar o fenômeno envolvido (PINHO ALVES, 2002). No entanto, o laboratório didático requer mais atenção da parte do professor, pois nem todos os estudantes envolvidos nessas práticas farão as mesmas observações e compreenderão os fenômenos envolvidos, a considerar que a percepção de um indivíduo está vinculada ao seu conhecimento prévio, adquirido através de suas expectativas e de suas vivências socioculturais (MCCOMAS, 2005). Nesse espaço de

investigações, tal forma de atividade experimental explora múltiplos conhecimentos. Assim, a atividade experimental no âmbito educacional deve propor situações que privilegiem as condições para os estudantes refletirem e reverem suas ideias a respeito dos fenômenos observados durante a prática, permitindo-os talvez, uma reestruturação dos modelos que explicam aqueles fenômenos (VENTURA e NASCIMENTO, 1992).

Para Borges (2002) atividades dessa natureza propiciam ao estudante a oportunidade de manipular diferentes objetos e fazer conexões com outros conhecimentos e situações imaginadas, de maneira a expandir os horizontes de sua compreensão.

Outro fator importante a destacar sobre o laboratório didático numa perspectiva problematizadora, é a criatividade e a chance de explorar características da investigação científica. Para Grandini e Grandini (2004) tais aspectos podem influenciar no interesse dos estudantes pela ciência por meio dessa inter-relação entre ambiente, criação e estímulo. Atuando como protagonista no processo de ensino e de aprendizagem, com autonomia para investigar os fenômenos, por meio do desenvolvimento de hipóteses e socialização do conhecimento produzido, a partir do que é proposto pelo professor durante a realização da atividade experimental.

Francisco Júnior *et al.* (2008), assinalam que a atividade investigativa experimental é empregada anteriormente à discussão conceitual e visa obter informações que subsidiem a discussão, a reflexão, as ponderações e as explicações. Com isso o estudante compreende conceitos, além da diferente forma de pensar e falar sobre o mundo por meio da ciência.

Se há consenso de que a atividade experimental dentro dos moldes estabelecidos pelo laboratório didático é uma opção melhor para o Ensino de Ciências, por quais fatores essa realidade ainda se encontra distanciada da maioria das salas de aula dos professores de Física da Educação Básica? Quais os motivos que dificultam atividades de tal natureza nas aulas de Física?

Pena e Ribeiro Filho (2009) alertam para as dificuldades enfrentadas e as deficiências na abordagem do laboratório didático numa perspectiva problematizadora, destacando-se: as limitações existentes na formação dos professores; condições técnicas e estruturais para a realização do trabalho com os estudantes; muitas escolas não dispõem de apoio pedagógico para desenvolver metodologias de ensino de cunho investigativo; a falta de materiais que orientem e sobre o uso de equipamentos e até a manipulação de materiais para a construção de experimentos, além do alto número de estudantes por turma.

Apesar das dificuldades apontadas anteriormente, as atividades de laboratório numa perspectiva problematizadora podem fornecer elementos importantes para que os professores

explorem diferentes características dos fenômenos físicos, criando outra visão acerca da disciplina (ANDRADE e MASSABNI, 2011; MORAES e SILVA JUNIOR, 2014; PEREIRA e FUSINATO, 2015; PINTO et al, 2017).

Diante do exposto, o uso de atividades experimentais a partir de uma perspectiva de laboratório problematizador, pode se tornar uma alternativa viável como forma de contextualizar fenômenos físicos com diferentes contextos e problemas específicos, oportunizando ao estudante externar suas ideias; enfrentar as possíveis dificuldades durante a construção do conhecimento; e assim, explorar outras habilidades, que não sejam apenas as lógicas matemáticas, na resolução de problemas.

Para Francisco Júnior *et al.* (2008) por meio da atividade experimental problematizadora, os estudantes serão capazes de fazer registros, pensar, discutir com os colegas, levantar hipóteses e avaliá-las, além de discutir todas as etapas do experimento com o professor. Tal ação desperta nos estudantes o pensamento reflexivo, crítico, fazendo-os sujeitos da própria aprendizagem.

Neste enfoque, a experimentação se apresenta com um imenso potencial pedagógico ao romper com que Paulo Freire chama de educação bancária (estudantes atuando como meros receptores, e os professores com os transmissores de informações). As ideias de Delizoicov (2005) mudam de maneira radical o papel dos estudantes: em vez de meros receptores passam a ser sujeitos protagonistas do processo de construção do conhecimento; e o professor tem uma nova função social, orientar os estudantes em suas escolhas sobre o caminho que devem trilhar, despertando-os para o olhar crítico sobre o que está sendo apresentado e discutido na sala de aula.

2.2 A abordagem de ensino problematizadora

Paulo Freire defende que o processo educacional deve estar associado à realidade do indivíduo, de maneira que suas experiências de vida, possibilitem a conscientização, o pensamento crítico, a fim de que ele seja capaz de intervir, atuar, decidir e entender o mundo que este encontra-se inserido (FREIRE, 2015).

A abordagem problematizadora para o Ensino de Ciências proposta por Delizoicov (2005) sustenta-se nas ideias supracitadas de Freire. De acordo com essa abordagem o conteúdo a ser estudado deve partir de temas geradores, situações do cotidiano dos estudantes, e através do processo de comunicação, por meio de questionamentos, respeitando os conhecimentos prévios que os estudantes trazem consigo, eles resolvam um ou mais

problemas que os foram apresentados inicialmente, articulando-se com o conhecimento científico que será abordado, de maneira a abrir novas possibilidades para compreender e resolver situações que se apresentem em novos contextos (GEHLEN et al, 2012).

Tal abordagem segundo Delizoicov (2005) encontra-se estruturada em três momentos pedagógicos: 1) Problematização Inicial, 2) Organização do Conhecimento, e 3) Aplicação do Conhecimento;

Na Problematização Inicial, a ação consiste do levantamento de um problema a partir da realidade do/a estudante e estímulo do debate por parte do professor. Com diversos questionamentos, busca-se verificar quais são as ideias e explicações que eles trazem sobre o tema em discussão. O professor atua como um organizador dessas concepções prévias dos estudantes utilizando-as como estímulo para o entendimento dos conceitos que serão estudados *a posteriori*.

Nesse primeiro momento espera-se que o estudante levante hipóteses, explore seus conhecimentos prévios e solucione os impasses, contribuindo

[...] para que os conhecimentos em fase de construção sejam consolidados e outras aquisições sejam possíveis progressivamente, pois a organização dessas atividades prevê uma progressão modular, a partir do levantamento dos conhecimentos que os alunos já possuem (BRASIL, 2012, p. 21).

No segundo momento, denominado de Organização do Conhecimento, o professor interage com os estudantes por meio de diversas atividades, de modo a acontecer a compreensão científica do fenômeno ou da situação que foi anteriormente problematizada. É neste que as atividades são voltadas para aperfeiçoamento dos saberes a serem produzidos, e que o professor faz uma discussão conceitual sobre o conteúdo estudado e orienta os estudantes para a elaboração do conhecimento científico.

Para Roegiers (2004, *apud* BRASIL, 2012, p. 22), as atividades “visam sistematizar diferentes saberes pontuais que são abordados no momento inicial, como fixar noções e estruturar aquisições”, sob a orientação do professor.

Delizoicov (2001, p. 138) afirma que:

As mais variadas atividades são empregadas neste momento de modo que o professor possa desenvolver a conceituação física identificada como fundamental para uma compreensão científica das situações que estão sendo problematizadas (DELIZOICOV, 2001, p. 138).

É nesse momento que se destina, de maneira sistematizada, a abordagem do conhecimento que vem sendo adquirido pelos estudantes, de modo que eles analisem e

interpretem as situações iniciais, que foram tratadas no primeiro momento pedagógico, bem como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento.

No terceiro momento pedagógico é onde deve ser pensada uma maneira de aplicar à uma nova situação que se apresenta, aquele conhecimento estudado e discutido nos momentos pedagógicos anteriores, a fim de verificar se os estudantes são capazes de mobilizar os saberes diante de novos contextos que se apresentam (DELIZOICOV, 2005).

2.3 Conceituando temperatura e calor

Considerando que este trabalho está direcionado para o Ensino Fundamental (9º ano), buscamos enfatizar os fenômenos, tanto através de experimentos quanto nas discussões teóricas, em que foi dada ênfase em aspectos históricos dos conceitos de Temperatura e Calor. Entendemos que por se tratar de um assunto muito presente entre os estudantes, principalmente durante a pandemia, seria o mais adequado para provocar discussões e questionamentos.

A diferença entre os conceitos Temperatura e Calor está vinculada, historicamente, à concepção da matéria como discreta ou contínua. Ao desconsiderar o longo processo que levou à associação da constituição da matéria ao fenômeno de modificação de estado, muitos livros didáticos da Educação Básica, e até mesmo do Ensino Superior, incorrem em distorções conceituais. Conforme consta em Correia (2017), é possível encontrar em livros didáticos atuais afirmações como “Temperatura é a medida associada ao grau de agitação das partículas de um corpo”.

Tal afirmativa leva a atribuir o número do termômetro ao movimento de algo dentro do corpo - como, por exemplo, a velocidade dos elétrons - ocasionando uma distorção conceitual tanto de Calor, quanto do próprio conceito de Temperatura, o que não é de hoje². No entanto, até a definição da escala absoluta de temperatura por William Thomson (1824-1907) em 1848, não há nenhuma relação entre Calor – independentemente de sua natureza³ – e o significado de Temperatura.

² Os resultados de Correia (2017) não diferem muito daqueles apontados por Axt e Brückmann (1989), reforçando que apesar das pesquisas e dos programas de avaliação de distorções continuam a aparecer em livros didáticos.

³ Sobre a natureza do calor, sugerimos a leitura de Silva *et al.* (2013).

2.3.1 Definindo temperatura

A ideia de temperatura veio da necessidade de estabelecer uma distinção entre os estados em que um corpo pode estar, entre o muito frio e o muito quente. Como os estados do corpo dependem das sensações provocadas e, nesse sentido, acabam envolvendo diferentes variáveis, como por exemplo: o tipo de material, a temperatura da pessoa que toca, a temperatura do ambiente, a região do toque, etc., era necessário criar parâmetros a partir de um ponto fixo.

Por exemplo, na Figura 1, a pessoa pode sentir a diferença entre o corpo quente e o frio, mas não consegue, apenas pelo toque, encontrar quanto um corpo está mais frio ou mais quente que o outro. Se depois a mesma pessoa mergulhar ambas as mãos na vasilha central, será impossível determinar qual a temperatura, pois as mãos terão impressões distintas.

Figura 1 - A temperatura de um corpo depende da impressão sensorial



Fonte: Hewitt (2015, p. 286)

Assim, se consideramos como Maxwell (1891, p. 2) “a temperatura de um corpo, portanto, é uma quantidade que indica quão quente ou quão frio o corpo está”, precisamos acrescentar “em relação a”, uma vez que a temperatura é uma medida comparativa.

Quando dizemos que a temperatura de um corpo é mais alta ou mais baixa que a de outro, queremos dizer que o primeiro corpo está mais quente ou mais frio que o segundo, mas também implica dizer que estamos nos referindo ao estado de ambos os corpos em relação a uma escala de temperatura. Portanto, com o uso da palavra temperatura, fixamos em nossa mente a convicção que é possível, não somente sentir, mas medir, quão quente um corpo está. (MAXWELL, 1891, p. 2)

Em outras palavras, para comparar as temperaturas de dois corpos, preciso de um terceiro que, possuindo uma escala, servirá como padrão. Isso nos leva à necessidade de criar o termômetro: um instrumento que permita escalonar os efeitos de aquecimento ou resfriamento de um corpo.

2.3.2 Termômetros: propriedades térmicas, escalas e pontos fixos

Para obter um instrumento que funcione como um termômetro é preciso um recipiente transparente, no interior do qual deverá ficar uma substância com propriedades que dependam da temperatura, preferencialmente de maneira linear, mas não estritamente necessária (PIRES *et al.*, 2006). Esse processo era conhecido desde a Antiguidade (FELDMAN, 2003), mas havia alguns detalhes que precisavam ser aprimorados: (i) de que tipo deveria ser o material do recipiente para que, quando colocado em contato com o corpo, adquirisse a mesma temperatura deste, assim como a substância em seu interior; (ii) qual seria a melhor substância para utilizar, já que várias delas possuíam propriedades que dependiam da temperatura; e (iii) como visualizar e controlar os efeitos da mudança de temperatura dessa substância.

Durante o século XVII, esses detalhes começaram a ser lentamente solucionados, juntamente com mudanças na forma de se estudar a Filosofia Natural e com a invenção de novos instrumentos e métodos (CINDRA e TEIXEIRA, 2004; MARTINS, 2014). Diferentes termômetros foram criados, tanto para uso médico (Figura 2) quanto meteorológico, ou também apenas para enfeite, como sinal de *status* (Figura 3).

Figura 2 - Termoscópio de Sanctorius (~1611). O paciente colocava o bulbo superior na boca e a água subia pelo tubo. O tubo ficava virado dentro de um pequeno recipiente aberto, onde estava a água⁴. (BOLTON, p. 23, 1900)



Fonte: Science Museum Group. Reconstruction of Sanctorius' Thermoscope, c. 1611. 1953-34 Science Museum Group Collection Online. Accessed September 7, 2021. <https://collection.sciencemuseumgroup.org.uk/objects/co2823/reconstruction-of-sanctorius-thermoscope-c-1611-thermoscope-thermometer-reconstruction>.

⁴ Bolton (1900, p. 23).

Figura 3 - Termômetros da Accademia del Cimento, em Florença (~1640). Ao longo das espirais há em torno de 420 pontos marcados representando os graus⁵.

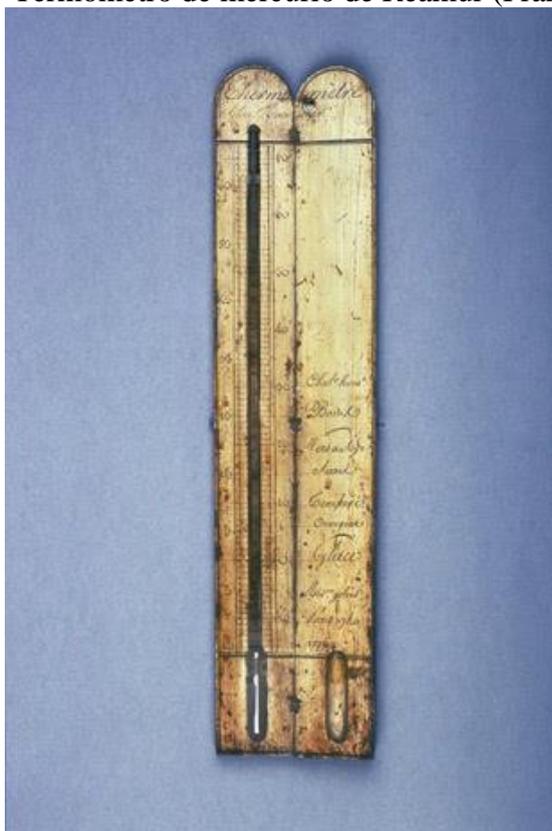


Fonte: https://catalogue.museogalileo.it/images/cat/oggetti_944/0620_3173_0980-019_944.jpg

Em termos de material para o recipiente, o vidro parecia se adequar melhor. Além da transparência, novas técnicas permitiam obter vidros cada vez melhores e com pouca ou quase nenhuma aderência no interior do tubo. Aprimorando-se as formas de realizar vácuo no interior do capilar por onde a substância se expandia, os termômetros foram se tornando mais precisos e úteis (PIRES *et al.*, 2006). Quanto à substância com propriedades térmicas, variava entre água, ar e *espírito de vinho* (álcool). A água não se apresentava como a mais adequada por evaporar e congelar. O ar e o espírito de vinho eram os mais utilizados, principalmente pela propriedade de expansão e dilatação, respectivamente. No século XVIII, o mercúrio também passou a ser utilizado como substância e os formatos dos termômetros já estavam mais próximos do que conhecemos agora (Figura 4).

⁵ Bolton (1900, p. 38).

Figura 4 - Termômetro de mercúrio de Rèamur (França, ~1780)



Fonte: <https://www.whipplemuseum.cam.ac.uk/sites/www.whipplemuseum.cam.ac.uk/files/1889.jpg>

No entanto, a criação da escala e a definição dos pontos fixos ideais não foi um processo simples. Entre o século XVII e o século XVIII, muitas escalas e pontos fixos foram propostos. Em relação aos pontos fixos, a maioria acabou optando por estabelecer o ponto de congelamento da mistura água-gelo-sal e o ponto de ebulição da água (FELDMAN, p. 800, 2003). Mas houve também propostas mais ousadas, como a de Isaac Newton (1643-1727), que em sua escala adotou, por exemplo, o “grau de calor 17” como sendo “o maior calor de um banho que alguém pode suportar por algum tempo quando a mão está imersa e mantida parada” (SOARES e FORATO, 2015, p. 78).

Como os termômetros eram de interesse prático, como na utilização para cartografia, navegação e máquinas térmicas, além dos acadêmicos muitos fabricantes de instrumentos se envolveram no desenvolvimento de termômetros mais precisos e escalas mais práticas (FELDMAN, 2003, p. 800). É o caso de holandês Daniel Fahrenheit (1686-1736), que fabricou um termômetro em que o mercúrio não aderiu ao vidro. Fahrenheit adotou dois pontos fixos para sua escala, assumindo a mistura água-gelo-sal como 0°F e a temperatura do corpo humano como 100°F , dividindo esse intervalo em 100 partes (PIRES *et al.*, 2006). A

escala de Fahrenheit foi adotada na Inglaterra e, aprimorando-se a qualidade do vidro e os métodos de fabricação do termômetro, em 1880 chegou-se a uma precisão de $(1/10)^{\circ}\text{F}$.

Outro exemplo da influência dos fabricantes na definição de escalas aconteceu com o sueco Anders Celsius (1701-1744). Celsius publicou um trabalho em que adotava o ponto de congelamento água-gelo-sal como 100° e o de ebulição da água como 0° . No entanto, o fabricante de instrumentos inverteu os valores para atender aos pedidos de Carl von Linné (1707-1778), alegando que isso facilitaria seu trabalho (PIRES *et al.*, 2006).

Apesar de mais conhecidas atualmente, as escalas Fahrenheit e Celsius não eram, e não foram, as únicas adotadas durante o século XVIII. Bolton (1900, p. 88-89) apresenta 35 escalas diferentes entre 1641 e 1772 (Figura 5). Aliás, a partir dos exemplos e da discussão feita até aqui, fica claro que a escala é mais uma questão de conveniência do que “de natureza conceitual ou científica”.

2.3.3 Propagação de calor

Em paralelo ao desenvolvimento de termômetros mais precisos, outros ramos da ciência e da tecnologia se desenvolveram. A primeira metade do século XIX foi marcada pela invenção de novas máquinas, a busca pelo progresso e o avanço de nações como a França e a Inglaterra sobre novos continentes (SANTOS; JUSDENSNAIDER, 2015).

Em termos de conhecimento científico, destaca-se nesse período a noção de conservação ou transformação de forças: de forma independente, por volta de 1840, vários estudiosos chegaram a um equivalente mecânico para o calor. Ou seja, uma proporção entre o trabalho realizado por uma máquina e a quantidade de calor necessária para isso (KUHN, 2011)⁶.

⁶ Para entender as diferentes interpretações sobre a transformação de forças e o equivalente mecânico do calor, além de Kuhn (2011, p. 89), sugerimos a leitura de Martins (1984), Bonfim et al (2016), Silva e Silva (2017) e Souza (2015).

Figura 5 - Tabela de escalas de temperatura entre 1641 e 1772

TABLE OF THIRTY-FIVE THERMOMETER SCALES.

Date.	1641	1641	1670	1688	1701	1702	1706	1709	1714	1709	1713	1715	1715		1717		1727
Name.	Florentine I	Florentine II	Paris	Dalencé (A)	Newton	Amontons (B)	De la Hire (C)	Fahrenheit I	Fahrenheit II	Poleni	Barnsdorf	Lange	Kirch	La Court	Crucquins	Royal Society (D)	Fowler (E)
B. P.	174	81.7	239	..	34	73	119.4	..	[212°]	62.9	..	..	..	..	1510	..	..
Blood heat . .	73	37.5	102	..	12.5	59.2	89	90	96	52.8	13	24	22.7	45	1227	..	..
F. P.	18.5	13.5	25	-10	0	51.5	23	-30	32	47.3	..	..	7	15	1070	73.3	-35
Zero F.	-8	-8.5	11	..	-5.5	46	3	-90	0	44.5	-1	-1.7	1	1.5	992	85.9	-53
Notes	Air	Air	Air	Air	Linse'd	Air	Air	Alcoh'l	Hg	..	..	..	..	..	Air	..	..

A Dalencé, melting butter 10 = 86 F.; medium 0 = 59 F.

B Van Swinden gives blood heat = 58.3; F. P. = 52; zero = 49.2

C Van Swinden gives blood heat = 83.1; F. P. = 31.8; zero = 9.25.

D Zero R. S. = 88 Fahr. Authorities differ greatly.

E Zero Fowler = 52 Fahr.

TABLE OF THERMOMETER SCALES—(Continued).

Date.	1727	1729	1730	1731	1733	1739	1740		1742	1743	1747	1750		1758	1761		1772	
Name.	Hales (F)	Richter	Réaumur	Edinburgh (G)	De l'Isle	Hanow	Du Crest	Ludolf	Celsius	Christin	Milles	Strömer	Bergen	Suizer	Brisson	Suc de Lyon	De Iac	Murray (H)
B. P.	163	..	80	47	0	..	100	..	0	100	..	100	174	156	..	..	..	347
Blood heat } .	52	47.2	30.8	22.2	96.5	90.1	22.8	89	64.3	35.5	64	35.5	..	56	30.9	35.6	28.5	..
F. P.	0	18	0	8.2	150	30	10.4	32	100	0	0	0	6	0	0	0	0	99
Zero Fahr	-24.2	3.4	-14.2	2.04	176.2	0	-24.9	3.5	117	-17.7	32	-17.7	..	29	-15	-17.5	14	..
Notes . . . . .	..	..	Alcoh'l	..	..	..	..	..	Hg	..	..	..	..	..	Hg	..	Hg	..

F Van Swinden gives blood heat = 54.

G Van Swinden gives zero = 1.29.

H Zero at F. P. of mercury.

Fonte: Bolton (1900, p. 88-89)

Considerando esse novo cenário, o trabalho de 1824 de Sadi Carnot (1796-1832) foi adotado por William Thomson (Lorde Kelvin) para definir uma escala absoluta de temperatura (PINTO e SILVA, 2018).

A quantidade de efeito mecânico a ser obtida pela transmissão de uma dada quantidade de calor, através do meio de qualquer tipo de máquina, na qual a economia é perfeita, dependerá, como Carnot demonstra, não da natureza específica da substância empregada como meio de transmissão de calor na máquina, mas somente do intervalo entre a temperatura dos dois corpos entre os quais o calor é transferido. (THOMSON [1848], 2007).

Para Thomson, o resultado de Carnot poderia ser adotado como um princípio de fundamentação de uma escala absoluta de temperatura, uma vez que independe da substância utilizada. Considerando um termômetro de ar, Thomson conclui:

Os resultados assim obtidos indicam, muito decisivamente, que o que nós podemos, com muita propriedade, chamar o *valor de um grau* (estimado pelo efeito mecânico a ser obtido pela descida de uma unidade de calor através dele) do termômetro de ar depende da parte da escala na qual [a temperatura] é tomada, sendo menor para altas do que para baixas temperaturas. A propriedade característica da escala que eu proponho agora é que todos os graus tenham o mesmo valor; isto é, que a unidade de calor que desce de um corpo A, à temperatura T° dessa escala, para um corpo B à temperatura $(T-1)^\circ$, deveria produzir o mesmo efeito mecânico, qualquer que seja T. (THOMSON [1848], 2007).

Isso nos permite concluir que somente para a escala absoluta de Thomson (escala Kelvin) há uma relação direta entre Temperatura e Calor. Também a partir de uma reinterpretção do trabalho de Carnot, Rudolf Clausius (1822-1888) vai chegar no conceito de entropia. Em paralelo, o termo “energia” passa a ser usado para designar as forças que se transformavam ou conservavam; e o calor passa ser compreendido como “energia em trânsito” (SILVA *et al.*, 2013).

Portanto, é a partir da segunda metade do século XIX que alguns fenômenos que eram bem conhecidos de maneira prática - como as formas de propagação do calor - passam a ser interpretados à nível de constituição da matéria e conservação de energia. É o caso da condução térmica e da convecção térmica, que inicialmente eram explicadas pela passagem do fluido calórico de um corpo para o outro, ou do corpo para o ar.

Admitindo-se o novo paradigma da transformação da energia, esses dois fenômenos passam a ser explicados como “transferência de energia térmica” nos corpos sólidos (condução) ou nos fluidos (convecção).

Já no caso da radiação, admite-se outra forma de energia – energia radiante -, que se propaga através das ondas eletromagnéticas (NUSSENZVEIG, 2002, p. 171). Ainda que seja ressaltado que no caso da radiação o processo de propagação se dá no vácuo, cabe-nos trazer a interpretação do próprio Maxwell sobre essa forma de propagação:

Esta, então, é a explicação, na teoria molecular, das linhas brilhantes observadas no espectro de gases incandescentes. Elas representam a perturbação comunicada através do meio luminífero por moléculas vibrando de uma maneira regular e periódica durante seu caminho livre. Se o caminho livre é longo, a molécula, comunicando suas vibrações pelo éter, parará de vibrar até que ela encontre outra molécula. (MAXWELL, 1891, p. 326).

O que nos leva a concluir que, ao longo da história da ciência os fenômenos sempre existiram, mas conceitos definidores e interpretações (causas) são sempre provisórios.

3 DESCRIÇÃO METODOLÓGICA

3.1 Sobre a pesquisa

Nesta pesquisa, optamos por um procedimento metodológico de natureza qualitativa, em que contemplamos um estudo com ênfase teórica e empírica. Para Lüdke e André (1986), a pesquisa qualitativa possibilita a interação entre o pesquisador e o objeto de estudo, enfatizando mais o processo do que o produto, proporcionando uma análise rica em detalhes de fatos e pessoas envolvidas

Para iniciarmos o trabalho de pesquisa, partimos do seguinte pressuposto: nem sempre os assuntos de Temperatura e Calor são abordados no Ensino fundamental levando em conta a relação desses conteúdos com situações vivenciadas pelos estudantes; na maioria das vezes a abordagem está associada a valorização do formalismo matemático. Desse modo, uma abordagem alternativa para o tema, por meio da atividade experimental e sustentada numa abordagem de ensino problematizadora poderia ser uma possibilidade de tratar o tema em estudo, valorizando aspectos conceituais, e envolvendo os estudantes da Educação Básica, em especial do Ensino Fundamental durante o processo de estudo.

Neste sentido, a fim de investigação, elaboramos o seguinte questionamento: Como trabalhar os conceitos de Calor e Temperatura partindo de situações do cotidiano vinculadas a abordagem experimental, de maneira a favorecer a compreensão desses conceitos nas aulas de Física do Ensino Fundamental? Para responder esse questionamento, traçamos dois objetivos: Apresentar uma proposta de orientação didática para o professor de Física do Ensino Fundamental trabalhar a temática do Calor e da Temperatura, usando situações do cotidiano, atividades experimentais e uma abordagem problematizadora de ensino; e Relatar a experiência com a aplicação da proposta.

No tocante ao âmbito teórico da pesquisa, abrangemos um estudo sobre a atividade experimental numa perspectiva de ensino baseada na abordagem problematizadora, além do recorte histórico e conceitual da temática Temperatura e Calor, como base para a elaboração da Sequência didática (Apêndice A).

A parte empírica da pesquisa compreendeu a aplicação da Sequência Didática, através de intervenções que foram realizadas numa turma de 9º ano do Ensino Fundamental da Escola Colibri Athenas Colégio & Curso, escola privada localizada na cidade de João Pessoa, PB.

Os registros foram coletados através de gravações de áudio, fotografias e notas escritas dos estudantes, quando os mesmos responderam às questões que se encontravam na ficha

(Apêndice B), a fim de que pudéssemos apresentar alguns dos resultados obtidos durante as intervenções.

3.2 Sobre o produto educacional

O nosso **Produto Educacional** foi desenvolvido no formato de uma Sequência Didática (SD), constituída por várias atividades, como: situações-problema; questionamentos diversos, atividades experimentais, estudo de textos e procedimentos e ações que os estudantes desenvolverão a partir da mediação do professor (Apêndice A). A SD é um conjunto de atividades articuladas entre si, e são estruturadas de maneira a atingir objetivos educacionais anteriormente planejados pelo professor (ZABALA, 1998).

Em nossa proposta de SD, optamos por seguir as recomendações propostas por Delizoicov (2005) quanto ao uso da Abordagem Problematizadora de Ensino, em que trazemos, nos quatro encontros que compõem a proposta, os três momentos pedagógicos. Também gostaríamos de justificar a escolha de abordar em nossa proposta assuntos relacionados ao tema Temperatura e Calor, em virtude de alguns fatores: 1) aproximação do conteúdo estudado com situações do cotidiano dos estudantes; 2) os equívocos conceituais ainda existentes entre Temperatura e Calor.

A SD foi confeccionada a partir de algumas reflexões teóricas sobre o que ela representa, e sua estrutura encontra-se apresentada no tópico subsequente.

3.2.1 A Sequência didática elaborada

Baseados nos pressupostos teóricos já descritos, elaboramos a nossa SD seguindo os momentos pedagógicos: de início temos uma problematização do tema em estudo; depois seguimos para a organização do conhecimento científico ou sistematização do conhecimento; e finalizamos com a aplicação de atividade com fins avaliativos. O Quadro 1 sintetiza a SD elaborada.

Quadro 1 - Síntese da Sequência Didática

Encontro aula	Tema Conteúdos	Objetivos	Estratégias de Ensino
1° encontro 2 Aulas	<i>Diferenciando Calor e Temperatura</i> Temperatura Calor	Diferenciar calor e temperatura, por meio de diversas situações do cotidiano que serão apresentadas aos estudantes; Perceber que a temperatura não está relacionada às sensações térmicas, mas às propriedades intrínsecas de um corpo, quando este perde ou recebe calor; Entender o calor como energia em trânsito	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de situação problema e debate a partir de questões que serão abordadas pelo professor; • Desenvolvimento de atividade experimental com abordagem investigativa; • Abordagem expositivo-dialogada para a construção do conhecimento científico; • Sugestão de atividade com fins de estabelecimento de “feedback” em termos do que foi abordado.
2° encontro 2 Aulas	<i>Termômetros e escalas termométricas</i> Propriedades térmicas Escalas termométricas	Entender o funcionamento dos termômetros e o significado das escalas; Compreender que escalas termométricas são convenções necessárias para padronização de medidas; Entender fatores de conversão de escalas	<ul style="list-style-type: none"> • Leitura de texto e realização de debate; • Discussão dos aspectos históricos conceituais e delineamento do problema; • Abordagem expositivo-dialogada para a construção do conhecimento científico; • Sugestão de atividade com fins de estabelecimento de “feedback” em termos do que foi abordado.
3° encontro 2 Aulas	<i>Como o calor se propaga?</i> Propagação de calor	Conhecer as formas de propagação de calor; Diferenciar os tipos de propagação de calor conforme a associação da variação de temperatura às propriedades de um corpo Experimentar as propagações por condução, convecção e irradiação por meio de práticas e algumas aplicações do cotidiano	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de situação problema e debate a partir de questões que serão abordadas pelo professor; • Desenvolvimento de atividade experimental demonstrativa com perspectiva dialogada; • Abordagem expositivo-dialogada para a construção do conhecimento científico; • Sugestão de atividade com fins de estabelecimento de “feedback” em termos do que foi abordado.
4° encontro 2 Aulas	<i>Avaliação da SD</i> Aquisição da temperatura por irradiação	Aplicar os conhecimentos adquiridos numa situação problema do cotidiano; Realizar estimativas e projeções.	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação da situação problema • Interação dialógica para planejamento e solução da situação problema

Fonte: elaborada pelo autor

4 RELATANDO A EXPERIÊNCIA COM A APLICAÇÃO DA PROPOSTA

A SD foi aplicada na turma do 9º Ano do Ensino Fundamental da Escola Colibri Athenas Colégio & Curso, entre os dias 31/05/2021 e 28/06/2021, contando com 4 encontros de 1h40min cada um deles, cada encontro foi idealizado seguindo os três momentos pedagógicos de Delizoicov.

No momento de execução da sequência, por conta da pandemia de Covid-19, as aulas tiveram que acontecer seguindo o sistema híbrido, com 50% dos estudantes presenciais e os outros 50% remotamente, acompanhando as atividades via plataforma Microsoft Teams, obedecendo ao que foi determinado pelo Decreto Legislativo nº 6, de 2020⁷, após a medida provisória nº 936, de 1º de abril de 2020. Em consonância com o Decreto nº 41.010⁸, de 2 de junho de 2021, e aliando-se ao o que foi determinado no Decreto Municipal da cidade de João Pessoa nº 9671/2021, de 18 de janeiro de 2021. Considerando o parecer nº 11/2020 do Conselho Nacional de Educação, aprovado em 7 de julho de 2020.

Os encontros efetuaram-se na sala de aula, no laboratório e no pátio ao ar livre, conforme descreveremos a seguir⁹:

1º Encontro: Diferenciando Calor e Temperatura – Realizado dia 31/05/2021 em 2 aulas de 50 min.

Iniciei a aula com a explanação sobre a proposta da sequência didática, com orientações sobre a quantidade de encontros, os conteúdos abordados, esclarecimentos quanto à participação dos estudantes que deveria ser proativa, associada aos debates e discussões que se gissem durante a implementação da sequência didática.

⁷ O Decreto Legislativo nº 6 de 2020 reconhece a ocorrência de estado de calamidade pública em decorrência da pandemia de Covid-19 e constitui a Comissão Mista no âmbito do Congresso Nacional com vistas ao enfrentamento da pandemia.

⁸ O plano educação para todos em tempos de pandemia – PET/PB, no seu artigo 3º, regulamenta a adoção do modelo híbrido de ensino de ensino-aprendizagem, considerando as fases de evolução:

I – 1ª Fase: 70% Ensino Remoto + 30% de Ensino Presencial;

II – 2ª Fase: 50% Ensino Remoto + 50% de Ensino Presencial;

III – 3ª Fase: 30% Ensino Remoto + 70% de Ensino Presencial;

IV – 4ª Fase: 10% Ensino Remoto + 90% de Ensino Presencial.

Autorizando as instituições de ensino básico, nas modalidades de ensino infantil, ensino fundamental e médio a funcionarem de forma remota e híbrida (online e presencial). Obedecendo o escalonamento: Educação Infantil e Ensino Fundamental Anos Iniciais (1º ao 5º ano) a partir de 18 de janeiro de 2021; Ensino Fundamental Anos Finais (6º ao 9º ano) a partir de 01 de fevereiro de 2021 e; Ensino Médio a partir de 15 de fevereiro de 2021.

⁹ Optamos por utilizar a primeira pessoa para as ações do professor (pesquisador) para não haver confusão com aquelas realizadas por professor em conjunto com alunos.

Dei continuidade a aula com apresentação de uma situação problema e sugeri debates fundamentados no problema apresentado. Neste momento tentei instigar os estudantes a refletirem e relacionarem outras situações com a imagem apresentada da situação problema (Apêndice A). Posteriormente apresentei questões norteadoras intencionando a compreensão necessária para o entendimento sobre os conceitos de calor e temperatura.

Complementando a problematização inicial, propus uma atividade experimental com a intenção de sondar acerca dos conceitos de calor e temperatura que os estudantes tinham a partir da vivência de diferentes sensações térmicas durante o andamento da atividade.

Para a realização da experimentação propus a formação de três grupos com 3 estudantes em cada um, uma vez que neste dia estavam presentes em sala de aula 9 estudantes. Disponibilizei para cada grupo de estudantes, três bacias com água a diferentes temperaturas, um termômetro, uma ficha para anotações e foi solicitado que um dos estudantes cronometrasse com seu celular os tempos estabelecidos no experimento. A experiência realizada consistiu em um estudante mergulhar simultaneamente suas mãos em dois recipientes diferentes, contendo água em diferentes temperaturas, um com água+ gelo, com temperatura próxima de 0°C , e o outro com mistura de água na temperatura próximo de 50°C . Após 50 segundos, o estudante deve retirar as mãos dos respectivos recipientes e mergulhar rapidamente as mãos num recipiente contendo água na temperatura ambiente 25°C .

A experiência foi realizada na sala de aula e sugeri que um dos estudantes mergulhasse suas mãos nos diferentes recipientes com água em temperaturas diferentes, enquanto outro estudante mediu o tempo com auxílio do cronômetro e um terceiro estudante anotou os dados na ficha para anotações (Apêndice C).

Antes dos estudantes iniciarem o experimento, preparei as três bacias com água, conforme previsto para a atividade e medi as respectivas temperaturas. Neste momento tive um primeiro obstáculo na realização da prática, pois os termômetros eram clínicos e só conseguem medir a temperatura numa faixa entre -10°C e 55°C , porém necessitam de um intervalo de tempo maior para aferir a temperatura com mais precisão. Assim, decidi por remover as bacias para o laboratório da escola e utilizar um termômetro digital com captura de infravermelho. Verifiquei que com o transporte até o laboratório, a temperatura da mistura gelo + água estava quase 9°C e adicionei mais gelo até a temperatura ficar próxima do valor planejado para o experimento. A Figura 6 ilustra alguns momentos da realização desse primeiro encontro.

Figura 6 - Momentos de realização da prática experimental



Fonte: Acervo pessoal do autor (2021)

Com as três equipes tendo concluído a execução do experimento, sugeri que cada grupo respondesse aos itens da ficha de anotações. No Apêndice C, disponibilizamos as fichas respondidas pelos três grupos.

Retornamos a sala de aula onde encorajei os estudantes a debaterem e refletirem sobre as sensações térmicas. As discussões foram orientadas de forma a construir um paralelo entre a atividade realizada e outras experiências que os estudantes tivessem envolvendo os conceitos de calor e temperatura.

Complementei as discussões com a apresentação de slides sobre calor e temperatura, com o intuito de ampliar o conhecimento sobre os fenômenos térmicos estudados e experimentados nesta atividade.

Ressaltei que em geral a população costuma aplicar os termos “temperatura” e “calor” equivocadamente, e aí perguntei aos estudantes qual termo havia sido estudado na atividade experimental e como seria uma utilização correta dos termos.

Entreguei o Texto 1: “A briga das escalas” presente no Apêndice D, para os estudantes lerem em casa e refletirem sobre os conceitos de temperatura e calor, iniciando uma primeira referência das escalas Celsius e Fahrenheit.

2º Encontro: Termômetros e Escalas Termométricas – Realizado dia 07/06/2021 em 2 aulas de 50 min.

Iniciei a aula com questionamentos sobre calor e temperatura e as possíveis dúvidas surgidas com a realização do 1º encontro (Diferenciando Calor e Temperatura).

Neste dia, estavam presentes quatro estudantes, sendo três meninos e uma menina. Dividi a turma em dois grupos e fizemos o estudo do Texto 1, que havia sido entregue no encontro anterior. Para isso, propus que um grupo defendesse as ideias do Senador e do cientista Alexander (Escala Centígrado ou Celsius) e o outro grupo defendesse as ideias de Sabin (Escala Fahrenheit).

Por estranheza ou timidez as discussões foram moderadas e foi permitido que os membros de cada grupo utilizassem os celulares para pesquisarem sobre o tema. Ao finalizar o tempo estipulado para esta pesquisa, iniciamos a discussão a partir das informações encontradas acerca dos pontos de máximo e mínimo de cada escala, isto é, os pontos fixos de temperatura. Debates sobre valores de temperatura em diversas situações: no corpo humano, trazendo para isso o contexto da pandemia da Covid-19; a temperatura de congelamento da água; de ebulição da água; a temperatura média no verão brasileiro, em especial na região nordeste; a temperatura média no inverno brasileiro, especialmente no sul do país. Questionei quais seriam os países que utilizam a escala Celsius e os países que utilizam a escala Fahrenheit.

Demonstrei no quadro um diagrama com as escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin, evidenciando os pontos fixos de temperatura. Continuamos a temática discutida no Texto 1 (Apêndice D) – “A briga das escalas”, incentivando o debate, a fim dos estudantes discernirem sobre qual escala seria mais apropriada.

Prossigui com o diálogo de forma a organizar o conhecimento e debatemos sobre a necessidade de padronização de temperatura. Demonstrei o diagrama entre as escalas: Celsius (Centígrado), Fahrenheit e Kelvin (Absoluta).

A partir dos debates realizados, os estudantes optaram pela escala Celsius como a mais adequada para medidas de temperatura na Paraíba. Em seguida iniciamos em conjunto a leitura do Texto 2 – “Um pouco de história do termômetro” (Apêndice E). No decorrer da leitura indaguei acerca dos fenômenos e conceitos que se destacam no texto. Tentamos esclarecer tais conceitos, bem como as propriedades térmicas essenciais das substâncias do termômetro analógico.

Demonstrei a conversão entre as escalas, enfatizando a conversão para a escala Kelvin (Absoluta) a partir da escala Celsius e praticamos alguns exercícios, obtendo a equivalência das temperaturas com valores numéricos distintos.

Apresentei a escala absoluta, enfatizando sua propriedade exclusiva de estado de movimento ou oscilação das moléculas (partículas). Ainda nesse momento de organização do conhecimento, retornamos ao texto 1 – “A briga das escalas”, motivando o debate acerca da

possibilidade de, havendo uma escala termométrica universal no nosso planeta, qual seria a consequência na escala padrão da ciência.

Concluindo a aula, debatemos sobre o que surgiu de novo conhecimento acerca dos termômetros, escalas termométricas, pontos fixos de temperatura e conversão entre as escalas e instrumentos de medição entre os estudantes. Sugeri que os estudantes pesquisassem sobre outros tipos de termômetros, analógicos e não analógicos, e indaguei sobre quais substâncias possuíam propriedades térmicas para serem utilizadas na construção de um termômetro. Neste momento, os estudantes mencionaram sobre o termômetro usado nas entradas dos estabelecimentos comerciais e demais instituições, obrigatórios devido à pandemia.

3º Encontro: Como o calor se propaga? – Realizado dia 21/06/2021 em 2 aulas de 50 min.

Neste dia, por vários e diferentes fatores, houve redução no número de estudantes. Estavam presentes apenas dois estudantes, e o estudo aconteceu de forma individual, permitindo que cada um deles pudesse expressar suas opiniões acerca dos conceitos de Calor e Temperatura, bem como dos tipos de termômetro e padronização existentes entre as escalas termométricas já apreciadas nos encontros anteriores.

Iniciei a aula com uma problematização inicial, utilizando um texto com indagações acerca dos tipos de instrumentos de aferição de temperatura que estão presentes nas entradas dos estabelecimentos com grande fluxo de pessoas. Desse modo, algumas especulações surgiram sobre de que forma tais instrumentos conseguem medir a temperatura; se existe ou não contato físico entre o aparelho e o indivíduo que tem sua temperatura mensurada.

Em seguida, apresentei algumas questões norteadoras que se referiam a forma de propagação de calor por irradiação e que possibilitavam aos estudantes recorrerem à exemplos que conhecem do seu cotidiano.

Após os debates acerca dos questionamentos apresentados anteriormente, dirigimo-nos ao laboratório de ciências da escola no propósito de apresentar experimentos simples.

Chegando ao laboratório iniciei alguns questionamentos no intuito de recapitular os conceitos e fenômenos anteriores. Apresentei o primeiro experimento de propagação do calor (experimento demonstrativo), envolvendo a condução térmica por uma chapa comprida de zinco fixada a duas hastes de madeira. Palitos de fósforos foram grudados nela através de parafina, igualmente separados uns dos outros. Coloquei uma vela com a chama acesa em contato físico com a haste e cronometramos o tempo. Após 40 segundos, observamos que o palito mais próximo da vela se encontrava na iminência de desprender-se da haste, o que

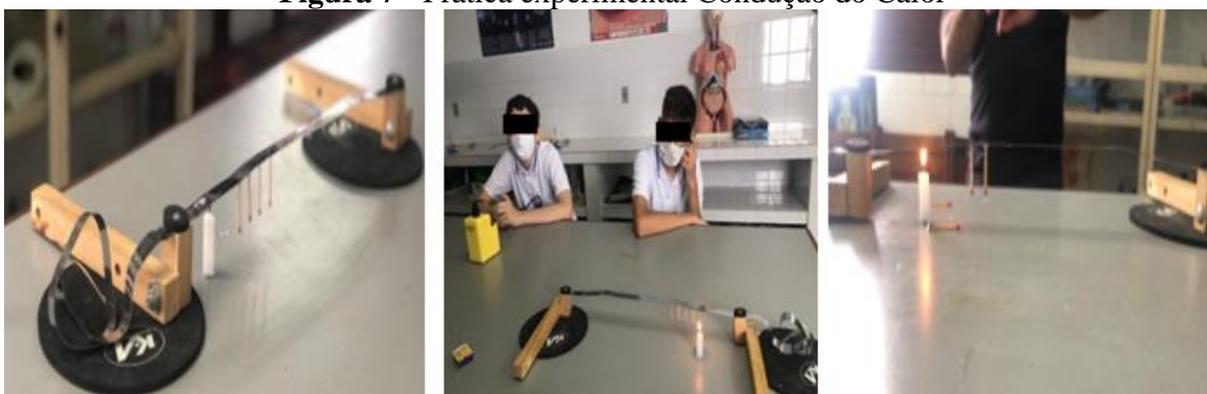
ocorreu definitivamente aos 43 segundos. Continuamos a observar o experimento e cerca de 27 segundos após o primeiro palito de fósforo cair, o segundo caiu. Neste momento podemos observar a haste aquecida e o terceiro palito caiu após o segundo com um intervalo de tempo de 22 segundos.

Conduzi um novo debate, explicando sobre o quanto a forma da chapa metálica influenciava na propagação de calor. Um estudante indagou “*se trocarmos a haste metálica de zinco por um cano fino de alumínio a propagação seria mais rápida?*”

Aproveitando o questionamento do aluno, discuti sobre a condutividade térmica específica de diferentes materiais e ligas metálicas. Expliquei que essa é a propriedade do material que pode acelerar ou retardar o processo de propagação e transferência de. Expliquei o sentido de propagação do calor das partículas (moléculas) com maior agitação para as de menor agitação ou mobilidade, por conseguinte relacionamos tal mobilidade com a temperatura.

Expliquei que a forma da chapa metálica ou cano de alumínio interferem na taxa de propagação do calor no interior do material. Variáveis como área e espessura são relevantes para investigar a propagação do calor. Solicitei sugestões de canos de alumínio para uma nova implementação do experimento e os estudantes sugeriram os canos de varal de apartamento, que são finos. A Figura 7 ilustra alguns dos momentos da prática experimental - Condução do Calor.

Figura 7 - Prática experimental Condução do Calor



Fonte: Acervo pessoal do autor (2021)

Na sequência propus o segundo experimento, mostrando a espiral de papel e o pequeno cata-vento. Realizei alguns questionamentos acerca dos acontecimentos que se sucederiam ao acendermos a chama da vela e aproximarmos da espiral e do cata-vento. Fechamos as janelas para evitar interferência das correntes de vento e iniciei a demonstração

do experimento. Equilibrando a espiral de papel cartão (cartolina) num palito de madeira, acendi uma vela embaixo da espiral e, passados alguns segundos, a mesma começou a girar com uma velocidade praticamente constante (Figura 8). Em seguida mostrei o cata-vento de cartolina, com um fio de nylon fixado ao centro e inicialmente em repouso. Aproximando-o da chama da vela, ele começou a girar.

Questionei os estudantes sobre o que provocou o movimento da espiral e do cata-vento, provocando um debate. Perguntei em seguida se o mesmo fenômeno ocorre em líquidos e pedi exemplos que os estudantes tivessem conhecimento. Encerrei o debate elucidando as dúvidas sobre o deslocamento do material aquecido no processo de propagação por convecção.

Figura 8 - Prática experimental Convecção do Calor



Fonte: Acervo pessoal do autor (2021)

Dando continuidade, abordei sobre o conhecimento dos estudantes acerca do “Efeito Estufa” e debatemos sobre o tema. Fomos ao pátio da escola para realizar um terceiro experimento.

Com duas caixas de papel cartão nas cores branca e preta, mostrei o gelo conservado numa caixa térmica (cooler) e indaguei se o gelo derreteria em tempos iguais quando

colocado nas caixas. Colocamos uma pedra de gelo de igual tamanho em cada caixa e as expomos ao Sol (Figura 9).

Solicitei que os estudantes colocassem um timer de 3 minutos no celular para o experimento, supondo que poderia ser um tempo suficiente para averiguarmos o derretimento das pedras de gelo que devido às condições climáticas da região na época.

Enquanto observávamos as caixas expostas ao Sol, questionei qual caixa provocaria o derretimento do gelo mais rápido e qual seria a explicação científica sobre o fenômeno térmico observado.

Com um sinal sonoro indicando o fim dos 180 segundos de exposição das caixas ao Sol, fomos observar de perto as caixas. Verificamos que na caixa preta a pedra de gelo estava com aproximadamente menos de 50% do seu volume original, isto é, transformado em água. Enquanto que na caixa branca o derretimento foi moderado, a pedra de gelo parecia estar com mais de 50% do seu volume original.

Debatemos acerca da influência das cores na absorção do calor e conduzi os estudantes à sala de aula, quando continuamos refletindo acerca das práticas experimentais apresentadas. Sistematizei o debate dos estudantes sobre os processos de propagação de calor, os meios em que cada processo acontece, além das características e aplicabilidade para nosso cotidiano.

Figura 9 - Prática experimental Irradiação do Calor



Fonte: Acervo pessoal do autor (2021)

Depois apresentei alguns dos aspectos conceituais e históricos da propagação de calor, através do uso de slides. E para finalizarmos o encontro, sugeri que os estudantes relatassem

sobre as características das formas como o calor se propaga, com base nos três experimentos que foram demonstrados. Sobre as atividades práticas realizadas, os dois estudantes concordaram que tornaram mais fácil a compreensão do assunto.

4º Encontro: Avaliação da sequência didática

No dia 28/06/2021, o comparecimento dos estudantes continuou reduzido a dois estudantes na forma presencial e três estudantes on-line através da plataforma Microsoft Teams, o que me levou a trabalhar de forma individualizada.

Comecei revisando o que já havia sido discutido e percebi que os estudantes se apresentavam mais coerentes em suas respostas. Verifiquei também que os estudantes estavam mais desinibidos, provavelmente devido à assiduidade e continuidade das atividades vivenciadas.

Apresentei um texto com uma situação problema contextualizada com a pandemia da Covid-19, e questionei sobre a necessidade de aferir a temperatura na entrada dos estabelecimentos públicos, instituições, escolas, lojas, academias e locais fechados com grande fluxo de pessoas.

Propus um debate e trouxe algumas perguntas sobre qual a forma de captação da temperatura numa ação à distância com o termômetro de infravermelho. Dei continuidade aos questionamentos, agora sobre quais locais do corpo humano seriam mais apropriados para medir a temperatura.

Percebi que quando indagados sobre quais variáveis poderiam impactar na precisão dos termômetros, alguns estudantes ficaram pensativos. Tentei esclarecer exemplificando sobre a mudança de local, a influência da umidade relativa do ar, os tipos de substâncias utilizadas nos termômetros analógicos.

Argumentei sobre a precisão na medida da temperatura nos termômetros digitais de infravermelho. Perguntei se apenas medir a temperatura seria suficiente para inibir o contágio e a disseminação do vírus nos seres humanos. Esta pergunta se justifica pelo fato de haver pessoas contaminadas que são assintomáticas e que, não tomando precauções como o uso de máscaras, continua a transmitir o vírus sem saber.

A partir das discussões realizadas sobre o tema, ambos os estudantes concordaram de que o sensor de temperatura não é suficiente para reduzir a propagação do vírus, pois depende de variáveis como a temperatura ambiente e a área de exposição. Sendo assim, parece ter havido uma reflexão adequada, que leva a uma compreensão para além do conteúdo

ministrado, pois os estudantes podem agora questionar notícias que tratam da prevenção ao vírus.

Buscando conectar todos os fenômenos abordados nos encontros dessa sequência didática, retomei os temas discutidos através de alguns questionamentos aos estudantes, como:

- Como consiste a captação da temperatura nos termômetros de raios infravermelhos?
- Vocês conseguem diferenciar Calor e Temperatura?
- Quais razões levaram a brigas entre as escalas termométricas?
- Qual a relevância em entender o contexto histórico da evolução do conhecimento acerca das escalas termométricas e suas padronizações?
- De quais modos o calor se propaga?
- Qual tipo de transferência de calor que provoca um movimento do material aquecido?
- Qual a forma de propagação de calor através de ondas eletromagnéticas?
- Quais os frutos deste tipo de abordagem problematizadora na aquisição do conhecimento?

Avaliação da Sequência Didática

Ao longo do desenvolvimento da SD, os estudantes foram envolvidos em debates e estimulados a perguntar e investigar os fenômenos. Desta forma consideramos que a adoção dos momentos pedagógicos na elaboração da SD colaborou para que os estudantes tivessem uma postura mais ativa durante as aulas.

Na problematização inicial propusemos questões norteadoras e situações problemas que estão presente no contexto social dos estudantes, trazendo novos significados para os fenômenos físicos estudados. Neste momento propiciamos uma distinção entre o senso comum e os conceitos científicos aceitos, como no caso das diferenças entre calor e temperatura, escalas termométricas, conversões entre as escalas e os processos de propagação de calor.

Na organização do conhecimento apresentamos experimentos simples, definições conceituais, ancoradas nas concepções científicas que explicam, exemplificam e apontam para uma melhor significação conceitual.

Na aplicação do conhecimento abordamos retomamos as discussões e trouxemos novos problemas, nos quais foi constatado que os estudantes compreenderam o assunto pois conseguiram analisar e explicar as situações.

A implementação da sequência didática foi aplicada numa turma do 9º com 14 estudantes, sendo exatamente 50% dos estudantes do sexo masculino e os outros 50% do sexo feminino. O comparecimento presencial dos estudantes nas aulas durante a aplicação da sequência didática variou de 14,3% até 64,3% dos estudantes matriculados. Enquanto o comparecimento on-line dos estudantes nessas mesmas aulas foi de 21,1% até 42,9% dos estudantes matriculados.

Desde o primeiro até o quarto e último encontro dessa SD tivemos que lidar com o ensino híbrido o que acabou prejudicando nossos objetivos iniciais de problematização do assunto. O formato do ensino híbrido e utilização das plataformas que conectam os estudantes de forma remota, ajudam no ensino à distância, porém impossibilitam a total imersão nas práticas experimentais aplicadas durante a implementação desta sequência didática. Tais práticas experimentais e os debates surgidos durante os encontros contribuíram muito para a formação do conhecimento científico, estruturando os conceitos científicos e relacionando-os com situações problemas do cotidiano dos estudantes.

Como alguns estudantes não vivenciaram presencialmente a implementação destas práticas experimentais propostas nos encontros pedagógicos desta SD, não foi possível avaliar se houve modificação quanto à compreensão do assunto. Porém, os estudantes que estavam presentes nos quatro encontros demonstraram aprimoramento científico e disposição a participarem de forma efetiva em atividades que os instiguem, que envolvam debates, experimentos e novas metodologias.

Nesta SD e no decorrer de sua aplicação procuramos evidenciar a ciência como um processo de construção humana, colaborativa, de debates, argumentações e contestações que encaminham para um discernimento amplo e substancial. Percebemos um interesse maior dos estudantes no tema, conforme aconteciam os debates nos encontros pedagógicos idealizados nesta SD.

5 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Este trabalho é um exemplo de que não são necessários muitos recursos para trazer uma nova cara para o Ensino de Física. Utilizando dos momentos pedagógicos, tivemos a possibilidade de abordar o tema Temperatura e Calor de forma associar a fenômenos que os estudantes já conheciam, mostrando-lhes a aplicação prática de seus conhecimentos. Isso trouxe a possibilidade de os estudantes tornarem-se autônomos quanto a uma decisão envolvendo ciência, como foi o caso do termômetro na pandemia, o que é o objetivo implícito de uma metodologia que se baseia em Paulo Freire.

As práticas experimentais realizadas fizeram uso de materiais de baixo custo e foram executadas em espaços comuns como a sala de aula e o pátio da escola. Desta maneira, demonstram que a ausência de infraestrutura não justifica a ausência de atividades práticas em sala de aula.

Além das práticas experimentais, a utilização de textos de história da termometria que mostravam as controvérsias entre os cientistas também serviu para tornar o ambiente da sala de aula problematizador e estimular debates e discussões. A utilização dos textos possibilita que estudantes que não são atraídos pela parte experimental também se interessem pelas ciências, pois mostram seu viés mais humanístico.

O diferencial que vemos neste trabalho é a postura do professor na implementação da SD. Para que houvesse a participação dos estudantes e a construção do cenário problematizador, foi fundamental o constante questionamento dos estudantes, a interação entre professor e estudantes, o aprofundamento do professor no tema, nas práticas e na metodologia. Assim, por mais que sejam criadas metodologias e recursos didáticos, é a formação e o interesse do professor que possibilitam trazer uma nova cara para o Ensino de Física.

É o reconhecimento, por parte do professor, de que o processo de aprendizado dos estudantes se dá através de uma construção conjunta, fundamentado na dialogicidade e na problematização, e não na autoridade e transmissão automática de conteúdos.

REFERÊNCIAS

- ALVES FILHO, Jose de Pinho. **Atividades experimentais: do método a prática construtivista**. 2000. 303 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- AMARAL, Ivan. A. Conhecimento formal, experimentação e estudo ambiental. **Ciência & Ensino**, n. 3, p. 6, dez. 1997.
- ANDRADE, M. L. F.; MASSABNI, V. G. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011.
- AXT, Rolando; BRÜCKMANN, Magale Elisa. O conceito de calor nos livros de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 6, n. 2, p. 128-142, 1989.
- BOLTON, Henry Carrington. **Evolution of the thermometer. 1592-1743**. Easton: The Chemical Publishing, 1900.
- BONAMINO, Alícia; MARTÍNEZ, Silvia Alícia. Diretrizes e Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino fundamental: a participação das instâncias políticas do Estado. **Educação & Sociedade**, v. 23, n. 80, p. 371-388, 2002.
- BOMFIM, J.; REIS, J. C.; GUERRA, A. Problematizando a ideia de gênios isolados: Mayer e Joule no episódio da conservação da energia. **Tecné, Episteme y Didaxis: TED**, [S. l.], 2017. Disponível em: <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/4736>. Acesso em: 27 oct. 2021..
- BORGES, A. T. O Papel do Laboratório no Ensino de Ciências. **Atas do I ENPEC**, Águas de Lindóia, São Paulo, 27 - 29 de nov. de 1997, p. 02-11.
- _____. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, 2002.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- _____. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC-SEMTEC, 2002.
- _____. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. **Pacto nacional pela alfabetização na idade certa: alfabetização em foco: projetos didáticos e sequências didáticas em diálogo com os diferentes componentes curriculares. Ano 03 - unidade 06**. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, Diretoria de Apoio à Gestão Educacional. Brasília: MEC, SEB, 2012.
- CINDRA, José Lourenço; TEIXEIRA, Odete Pacubi Baierl. Calor e temperatura e suas explicações por intermédio de um enfoque histórico. In: MARTINS, R. A.; MARTINHS, L. A. C., P.; SILVA, C. C.; FERREIRA, J. M. H. (Eds.). **Filosofia e história da ciência no Cone Sul: 3º Encontro**. Campinas: AFHIC, 2004, p. 240-248. (ISBN 85-904198-1-9).

CORREIA, Jornandes Jesús. Definições de temperatura em fontes didáticas. **Revista Binacional Brasil-Argentina**, v. 6, n. 1, p. 201-220, 2017.

COSTA, Luciano Gonsalves; BARROS, Marcelo Alves. O ensino da física no Brasil: problemas e desafios. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO, 12., 2015, Curitiba. **Anais...** Curitiba: EDUCERE, 2015. Disponível em: <https://educere.bruc.com.br/arquivo/pdf2015/21042_8347.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2020.

DELIZOICOV, D. Problemas e problematizações. In: PIETROCOLA, M. (Org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. p. 125-150.

DIOGO, R. C.; GOBARA, S. T. Educação e ensino de Ciências Naturais/Física no Brasil: do Brasil Colônia à Era Vargas. **R. Bras. Est. Pedag.**, Brasília, v. 89, n. 222, p. 365-383, maio/ago. 2008. Disponível em: <<http://rbep.inep.gov.br/index.php/RBEP/article/viewFile/1293/1141>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

FARIA, Filipe Pereira; CARNEIRO, Marcelo Carbone. O papel da experimentação na história do ensino de Física no Brasil. **Debates em Educação**, v. 12, n. 26, p. 36-51, 2020.

FELDMAN, Theodore S. Thermometer. In: HEILBRON, J. L. (ed.). **The Oxford Companion to the History of Modern Science**. Oxford: University Press, 2003, p. 799-800.

FERNANDES, S. A.; FILGUEIRA, V. G. Por que ensinar e por que estudar Física? O que pensam os futuros professores e os estudantes do ensino médio? In: XVIII SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA - SNEF, Vitória, 2009. **Atas...** Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/_porqueensinareporqueestu.trabalho.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2020.

FRANCISCO JUNIOR, W. E; FERREIRA, L.H; HARTWIG, R. Experimentação Problematizadora: Fundamentos Teóricos e Práticos para a aplicação em salas de aula de ciências. **Revista Química Nova na Escola**, n. 30, novembro, 2008. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc30/07-PEQ-4708.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2018.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia. Saberes necessários à prática educativa**. 51ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2015.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2002.

GALIAZZI, M. C. *et al.* A Natureza Pedagógica da Experimentação: uma Pesquisa na Licenciatura em Química. **Química Nova**, n. 27, p. 326-331, 2001.

GEHLEN, Simoni Tormöhlen; MALDANER, Otavio Aloisio; DELIZOICOV, Demétrio. Momentos pedagógicos e as etapas da situação de estudo: complementaridades e contribuições para a educação em ciências. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 18, n. 1, p. 1-22, 2012

GRANDINI, N. A.; GRANDINI, C. R. Os objetivos do laboratório didático na visão dos alunos do curso de Licenciatura em Física da Unesp-Bauru. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 3, p. 251-56, 2004.

HIGA, Ivanilda; OLIVEIRA, Odisséa Boaventura de. A experimentação nas pesquisas sobre o ensino de Física: fundamentos epistemológicos e pedagógicos. **Educar em Revista**, n. 44, p. 75-92, 2012.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual** [recurso eletrônico] / Paul G. Hewitt; tradução: Trieste Freire Ricci; revisão técnica: Maria Helena Gravina. – 12. ed. – Porto Alegre: Bookman, 2015. ISBN 978-85-8260-341-3

KRASILCHIK, M. **A Evolução no Ensino das Ciências no período 1950-1985**. São Paulo: EPU/Eduusp, 1987.

KRASILCHIK, Myriam. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em perspectiva**, v. 14, n. 1, p. 85-93, 2000.

KUHN, Thomas. **A tensão essencial**: estudos selecionados sobre tradição e mudança científica. Trad. Marcelo Amaral Penna-Forte. São Paulo: Editora UNESP, 2011. 408p.

LUDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em Educação**: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MARTINS, Jose Roberto Serra Martins. Temperatura: da sensação à mensuração. Seminário nacional de História da ciência e da Tecnologia, 14^o, **Anais Eletrônicos [...]** Belo Horizonte: UFMG, 2014.

MARTINS, Roberto de Andrade. Mayer e a conservação da energia. **Cadernos de História e Filosofia da ciência**, v. 6, p. 63-95, 1984.

MAESTRELLI, Sandra Godoi; LORENZETTI, Leonir. A abordagem CTSA nos anos iniciais do ensino fundamental: contribuições para o exercício da cidadania. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 4, n. 1, 2021.

MAXWELL, James Clark. **Theory of heat**. 9th ed. New York: Dover, 1891. 364p.

MCCOMAS, William. Laboratory instruction in the service of science teaching and learning. **The Science Teacher**, v. 72, n. 7, p. 24, 2005.

MORAES, J. U. Pereira; SILVA JUNIOR, R.S. Experimentos didáticos no ensino de física com foco na aprendizagem significativa. **Aprendizagem Significativa em Revista**, Porto Alegre, v. 4, n. 3, p. 61-67, dez. 2014.

NARDI, R. Memórias da educação em ciências no Brasil: a pesquisa em ensino de física. **Investigações em Ensino de Ciências**. Porto Alegre: UFRGS, v. 10, n. 1, mar. 2005. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol10/n1/26indice.html>>. Acesso em: 25 nov. 2013.

NUSSENZVIEG, Herch Moysés. **Curso de física básica, 2: fluidos, oscilações e ondas, calor**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2011. ISBN 978-85-212-0747-4.

PENA, Fábio L. A.; RIBEIRO FILHO, A. Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais da área (1971-2006). **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, p. 5-17, 2009.

PEREIRA, Marcus Vinicius; MOREIRA, Maria Cristina do Amaral. Atividades prático-experimentais no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 265-277, 2017

PEREIRA, V. M.; FUSINATO, P. A. Possibilidades e dificuldades de se pensar aulas com atividades experimentais: o que pensam os professores de física. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3, p. 120-143. fev. 2015.

PINHO ALVES, J. Regras da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 17, n. 2, p. 174-188, 2000.

PINTO, Ingrid K. L; SILVA, Ana Paula B. As leis da termodinâmica, Sadi Carnot e as transformações sociais. **Física na Escola**, v. 16, n. 1, 2018.

PINTO, José Antonio Ferreira; SILVA, Ana Paula Bispo; FERREIRA, Éwerton Jéferson Barbosa. Laboratório desafiador e história da ciência: um relato de experiência com o experimento de Oersted. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 176-196, 2017.

PIRES, Denise Prazeres Lopes; AFONSO, Júlio Carlos; CHAVES, Francisco Artur Braun. Do termoscópio ao termômetro digital: quatro séculos de termometria. **Química Nova**, v. 29, p. 1393-1400, 2006.

POZO, J. I.; CRESPO. M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Trad. Naila Freitas. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2009.

ROSA, C. T. W.; ROSA, A. B. Aulas experimentais na perspectiva construtivista: Proposta de organização do roteiro para aulas de física. **Física na Escola**, v. 13, n. 1, p. 4-9, 2012.

SANTOS, Fernando Santiago; JUSDENSNAIDER, Ivy. Política, Economia, Sociedade, Filosofia e Ciência: correlações históricas nos oitocentos. **Prometeica-Revista de Filosofia y Ciencias**, n. 10, p. 58-73, 2015.

SCHNEIDERS, E. C.; MELO, D. K. F.; GASTALDO, L. F. Física: dificuldades no processo de ensino-aprendizagem na educação Básica. In: Seminário de Iniciação Científica da Ijuí. **Salão do Conhecimento UNIJUÍ**. Ijuí: Unijuí, 2016. Disponível em: <<https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaconhecimento/article/view/6774>>. Acesso em: 10 nov. 2020.

SILVA, Ana Paula B.; FORATO, Thaís C. M.; GOMES, José Leandro de A. M. C. Concepções sobre a natureza do calor em diferentes contextos históricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, p. 492-537, 2013.

SILVA, Ana Paula Bispo da; PEREIRA, D. L. Abordagem CTS no ensino de física: simplismo e acriticidade. In: **XVI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2016**, Natal. *Anais do XVI EPEF*. São Paulo: SBF, 2016. v. 1. p. 1-8.

SILVA, Ana Paula Bispo; SILVA, Jamily Alves da. A influência da Naturphilosophie nas ciências do século XIX: eletromagnetismo e energia. **História, Ciências, Saúde-Manguinhos**, v. 24, p. 687-705, 2017.

SOARES, Ana Katarina; FORATO, Thaís C. M. Calor, por Isaac Newton. Pp. 77-83. In: SILVA, Ana Paula Bispo; GUERRA, Andreia. (Orgs.) **História da Ciência e Ensino: fontes primárias e propostas para a sala de aula**. São Paulo: Livraria da física, 2015.

SOUZA, Rafaelle S. James Prescott Joule e o equivalente mecânico do calor. In: SILVA, Ana Paula Bispo; GUERRA, Andrea. (orgs.) **História da Ciência e Ensino: fontes primárias e propostas para a sala de aula**. São Paulo: Livraria da Física, 2015. P. 105-121.

THOMSON, William. A escala termométrica absoluta baseada na teoria da potência motriz de Carnot e calculada a partir das observações de Regnault. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, p. 487-490, 2007.

VENTURA, P. C. S.; NASCIMENTO, S. S. Laboratório Não Estruturado: uma abordagem do ensino experimental. **Caderno Catarinense do ensino de Física**, v. 9, n. 1, p. 54-60, 1992.

ZABALA, A. **A Prática Educativa: como ensinar**. Porto Alegre: ARTMED, 1998.

ZÔMPERO, Andreia Freitas; LABURÚ, Carlos Eduardo. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

APÊNDICE A - A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Apresentação:

A proposta apresentada consiste de uma sequência didática que pode ser utilizada por professores da educação básica, em que nos embasamos na abordagem problematizadora de ensino e na abordagem experimental. Nesta perspectiva, utilizamos algumas estratégias de trabalho, desde o momento do planejamento até a elaboração do roteiro das atividades. As estratégias de ensino utilizadas buscam favorecer a transposição do conteúdo à realidade vivencial e o conhecimento de mundo dos estudantes, contribuindo neste sentido a realização de debates em sala de aula, através da relação entre os estudantes e entre o estudante e professor.

Objetivamos com a Sequência Didática, contextualizar e problematizar a partir do mundo vivencial do estudante, o ensino de Temperatura e Calor, despertando a capacidade de argumentar e resolver problemas que envolvam a aquisição de conhecimentos científicos, de modo a permitir por meio das atividades desenvolvidas, condições para o estudante refletir, levantar hipóteses e fazer uso de uma linguagem mais adequada para os conceitos de Temperatura e Calor.

Público-Alvo: estudantes do nono ano do ensino fundamental.

Desenvolvimento da Sequência Didática

1º Encontro: Diferenciando Calor e Temperatura (2 aulas – de 50 min)

Objetivos:

Diferenciar calor e temperatura, por meio de diversas situações do cotidiano que serão apresentadas aos estudantes;

Perceber que a temperatura não está relacionada às sensações térmicas, mas ao comportamento das moléculas de um corpo, quando este perde ou recebe calor;

Entender o calor como energia em trânsito

Conteúdos:

Temperatura

Calor

Estratégias:

1. Apresentação de situação problema e debate a partir de questões que serão abordadas pelo professor;
2. Desenvolvimento de atividade experimental com abordagem investigativa;
3. Abordagem expositivo- dialogada para a construção do conhecimento científico;
4. Sugestão de atividade com fins de estabelecimento de “feedback” em termos do que foi abordado.

Recursos:

Slides; computador; kit experimental 1;

Desenvolvimento**1º momento: Apresentando um problema**

De início, o professor apresenta o texto abaixo aos seus estudantes:

No nosso cotidiano estamos constantemente entrando em contato com objetos ou ambientes, em que podemos ter a sensação de quente ou de frio, percebendo também diferentes temperaturas. E é comum usarmos as palavras calor e temperatura sem deixar claro, a diferença existente entre as duas. Ao observar o texto ilustrado abaixo, os termos usados na expressão “Que calor ‘infernai’ é esse?” está adequada para a situação ilustrada na imagem?



Fonte: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2020/10/02/sp-deve-bater-recorde-de-calor-hoje-mas-parte-do-estado-vai-esfriar-amanha.htm>

A partir do problema apresentado o professor instiga os seus alunos a pensarem sobre o que eles visualizam na ilustração por meio das quatro questões que seguem.

Questões:

1) Ao que corresponde o valor descrito no equipamento da ilustração?

Espera-se que os alunos relacionem o valor 45°C com a medida de temperatura do ambiente, determinada pelo termômetro. Considerando que eles apresentem a ideia de medida de temperatura, o professor traz outro questionamento

2) O que vocês entendem sobre temperatura? Que outros exemplos, ou situações do cotidiano vocês percebem o uso desse termo? Exemplifiquem:

É esperado que os alunos apresentem outras situações do dia a dia, em que a palavra temperatura é usada. Após a exposição das ideias dos alunos, o professor sugere o próximo questionamento.

3) Sobre a palavra “Calor”, descrita no texto, qual o entendimento de vocês sobre a mesma? Que outros exemplos, ou situações do cotidiano vocês percebem o uso desse termo? Exemplifiquem:

É esperado que os alunos apresentem outras situações do dia a dia, em que a palavra calor é usada. E a partir das situações apresentadas façam relação com o que é trazido no texto da situação problema. Após a exposição das ideias dos alunos, o professor faz outro questionamento

4) O valor de 45°C tem que relação com a expressão “Que calor ‘infernado’ é esse?”

A intenção é que os alunos apresentem suas posições, identificando a pertinência ou não da relação estabelecida entre os termos da situação problema, e por consequência, entre as palavras temperatura e calor. Com a realização do debate que poderá surgir com essa proposição, o professor pode mencionar que algumas expressões podem apresentar palavras com seus conceitos invertidos, e o exemplo na ilustração, em que a palavra calor é usada para expressar a temperatura do ambiente, se deu de forma equivocada. A partir disso, se deduz que as sensações de quente e de frio que temos também não são sensações de calor, e sim de temperatura.

Após esse primeiro momento, o professor propõe uma atividade experimental com o intuito de aprofundar o debate sobre temperatura e as diferentes sensações térmicas (quente e frio), e provocar confrontos de ideias entre os estudantes, a partir de algumas situações vivenciadas durante a execução da atividade, e assim, organizar cientificamente o conceito de temperatura e calor.

2º momento: Organizando o Conhecimento

Objetivo: Compreender que as diferentes sensações térmicas (quente e frio) têm relação com a troca de calor entre os corpos, e com isso ao receber ou perder calor, a temperatura de um corpo pode aumentar ou diminuir.

Kit experimental 1 - Materiais Utilizados¹⁰:

- ✚ 1 recipiente com 1 litro de água em temperatura próxima a 25°C;
- ✚ 1 recipiente com 1 litro de água em temperatura próxima a 50°C;
- ✚ 1 recipiente com 1 litro de água em temperatura próxima a 0°C;
- ✚ 1 saco com gelo em cubos
- ✚ Um termômetro;
- ✚ Um cronômetro;



O professor disponibilizará para cada dupla de estudantes as bacias com água em diferentes temperaturas¹¹, conforme a disposição da figura acima. O professor sugere de

¹⁰ Os materiais descritos são exclusivos para uma dupla de estudantes, pois os mesmos irão manipulá-los durante a realização da atividade prática

início, que um dos estudantes meça as temperaturas de cada recipiente e anote na ficha de anotações (Apêndice B), e solicita que este faça uso do cronômetro para a medição de tempo que será determinado durante a realização da prática experimental. A prática consiste em: o outro estudante que compõe a dupla mergulhar simultaneamente as mãos esquerda e direita nos recipientes, 1 e 3, respectivamente por 50 segundos, e na sequência deverá retirar as duas mãos e mergulhá-las no recipiente 2, também simultaneamente, por aproximadamente 30 segundos. Ao final, o professor solicita que o outro estudante meça novamente as temperaturas da água contida nos três recipientes.

Com a realização do procedimento acima descrito, o professor sugere que cada dupla pense sobre os questionamentos que se encontram na ficha de anotações (apêndice B). Façam os registros necessários e, em seguida, apresente para a turma as suas respostas.

A fim de gerar um debate entre todos os estudantes, inclusive com os que não realizaram a prática experimental, o professor irá solicitar que cada dupla apresente suas respostas a partir dos leituras de cada questão da ficha supracitada.

Após a realização do debate e reflexões sobre as hipóteses dos estudantes, o professor sistematizará e conduzirá as discussões de forma a construir com eles, os conceitos de temperatura e calor, tomando como referência o que os estudantes vivenciaram durante a prática experimental.

Conceitos- chave:

Temperatura: medida de quanto estão agitados os átomos ou moléculas de corpo ou meio;

Calor: é a quantidade de energia envolvida nessa agitação molecular.

A apresentação dos conceitos deve acontecer com uso de slides produzidos pelo professor.

Após a etapa de apresentação dos conceitos de temperatura e calor, o professor sugere a seguinte atividade

3º momento: Sugerindo a atividade

Com as discussões realizadas na aula, o professor finaliza o encontro sugerindo que os estudantes retomem a situação que foi apresentada no início da aula, refletindo sobre os termos usados na expressão: “Que calor ‘infernado’ é esse?”, relacionando também a outras situações, em que a palavras calor e temperatura são usada equivocadamente.

¹¹ É de responsabilidade do professor organizar o kit, inclusive a obtenção e manuseio das águas que serão usadas nas três bacias, de modo que garanta a segurança dos estudantes durante a realização do experimento

2º Encontro: Termômetros e escalas termométricas (2 aulas – de 50 min)**Objetivos:**

Entender o funcionamento dos termômetros e o significado das escalas;

Compreender que escalas termométricas são convenções necessárias para padronização de medidas;

Entender fatores de conversão de escalas

Conteúdos:

Propriedades térmicas

Escalas termométricas

Estratégias:

1. Leitura de texto e realização de debate;
2. Discussão dos aspectos históricos conceituais e delineamento do problema;
3. Abordagem expositivo-dialogada para a construção do conhecimento científico;
4. Sugestão de atividade com fins de estabelecimento de “feedback” em termos do que foi abordado.

Recursos:

Quadro; texto 1 (Briga de escalas); Texto 2 (um pouco de história); celular ou sala de informática

Desenvolvimento**1º momento: Apresentando um problema**

Ao final da aula anterior, o professor pede para os alunos lerem em casa o texto 1. Ao iniciar esta aula o professor começa perguntando sobre as dúvidas que os alunos tiveram ao ler o material. Na sequência, divide a sala em dois grupos, que defenderão as ideias do Senador e Alexander (escala centígrado – grupo 1) e outro que defenderá as ideias de Sabin (escala fahrenheit – grupo 2). Após um intervalo de 30 minutos em que os grupos realizarão discussões entre os membros e pesquisas na internet, cada um dos grupos explicará para o outro:

- os pontos de máximo e mínimo de sua escala;
- o valor de cada grau em cada uma das escalas;
- os valores mais comuns usados em cada escala, por exemplo: temperatura do corpo humano, congelamento da água, ebulição da água, temperatura média no verão e temperatura média no inverno (na região);
- os países que usam cada uma das escalas;

O professor colocará no quadro as informações e buscará, através de questionamentos entre os grupos, estabelecer um consenso sobre qual seria a escala mais conveniente para ser adotada ali.

2º momento: Organizando o Conhecimento

Objetivo: compreender o processo de conversão de escalas e a necessidade de padronização de medidas de temperatura.

Adotada uma escala padrão para a sala de aula, o professor iniciará a leitura do texto 2 junto com a sala. Ao longo da leitura, o professor levantará questionamentos sobre os fenômenos e conceitos que aparecem no texto, explicando-os no quadro de maneira sistematizada.

Principais conceitos:

- Propriedades térmicas necessárias para substância do termômetro analógico
- Estabelecimento de pontos fixos
- Construção de escalas: divisão entre extremos, proporcionalidade das divisões e conversão entre escalas (construção do modelo geral de conversão e aplicação às escalas Fahrenheit e centígrado).

Com a apresentação da escala absoluta, o professor enfatiza que somente essa escala possui relação com as propriedades da matéria (grau de agitação as moléculas). Ao final o professor retoma o texto 1 e as discussões dos grupos e questiona se poderia haver uma escala universal para todo o globo terrestre e como isso afetaria o termômetro que representa essa escala.

3º momento: Sugerindo a atividade

Recorrendo ao final do texto 2, o professor sugere que a turma pesquisa por outros tipos de termômetro, não analógicos, e qual é nesse caso, “a substância que possui propriedade térmica”, como no caso dos termômetros utilizados durante a pandemia nas entradas das lojas.

Observação: Os textos 1 e 2 encontram-se no Apêndice C e D, respectivamente

3º Encontro: Como o calor se propaga? (2 aulas – de 50 min)

Objetivos:

Conhecer as formas de propagação de calor;

Diferenciar os tipos de propagação de calor conforme a associação da variação de temperatura ao movimento das moléculas de um corpo

Experimentar as propagações por condução, convecção e irradiação por meio de práticas e algumas aplicações do cotidiano

Conteúdos:

Propagação de calor

Estratégias:

1. Apresentação de situação problema e debate a partir de questões que serão abordadas pelo professor;
2. Desenvolvimento de atividade experimental demonstrativa com perspectiva dialogada;
3. Abordagem expositivo-dialogada para a construção do conhecimento científico;
4. Sugestão de atividade com fins de estabelecimento de “feedback” em termos do que foi abordado.

Recursos:

Slides; computador; materiais para as práticas experimentais

Desenvolvimento

1º momento: Apresentando um problema

De início, o professor apresenta o texto abaixo aos seus estudantes:

Pesando no contexto da pandemia do COVID-19, é muito comum nos depararmos em alguns estabelecimentos, com o termômetro digital infravermelho, instrumento que consegue medir a temperatura de nosso corpo instantaneamente, apenas aproximando-o. Como será que o termômetro consegue medir a temperatura sem esse contato com o corpo?



Fonte: <https://www.todoestudo.com.br/wp-content/uploads/2020/11/propagacao-de-calor-01.png>

A partir do problema apresentado o professor instiga os seus alunos a pensarem sobre o que eles visualizam na ilustração por meio das três questões que seguem

Questões:

1) Seria possível o instrumento realizar essa medida sem que haja esse contato entre os corpos?

Espera-se que os alunos apresentem a hipótese de que é possível haver a medida, uma vez que o calor pode se propagar não somente através do contato direto entre corpos. Após a exposição das ideias dos alunos, o professor sugere o próximo questionamento.

2) O que vocês imaginam que acontece entre o termômetro e o corpo durante esse processo de medição de temperatura?

É esperado que os estudantes mencionem que o corpo emite radiação térmica para o termômetro, uma vez que também é possível o calor se propagar por meio de ondas. Após a exposição das ideias dos alunos, o professor faz outro questionamento

3) Existem formas variadas do calor “sair” de um corpo para outro corpo?

A expectativa é que os estudantes apresentem as possibilidades de propagação do calor, para isso o professor ainda sugere a questão que segue

4) Será que o calor se propaga igualmente nos materiais líquidos, sólidos e gasosos?

Com a questão é esperado que os alunos façam uma analogia com o que foi discutido no texto 2, quando foi apresentado que o calor pode ser conduzido diferentemente nos corpos, a depender da composição molecular do material que o constitui.

Após esse primeiro momento, o professor propõe uma atividade experimental que será demonstrativa, com o intuito de aprofundar o debate e provocar confrontos de ideias acerca de como o calor pode se propaga, para a partir das discussões organizar cientificamente o conceito de propagação de calor e suas formas.

2º momento: Organizando o Conhecimento

Na aula passada dissemos que há diferentes formas de conduzir calor, e que dependeria de como a variação da temperatura estaria associada ao movimento das moléculas que constituem os materiais, ou melhor, depende do que são formados, da distância entre seus átomos e moléculas, etc.

Vejamos três práticas para a partir delas entender como é que o calor pode se propagar

Prática 1: Condução de Calor

Objetivo: Compreender como ocorre o processo de condução de calor.

Materiais Utilizados:

-  1 base com haste de alumínio;
-  3 pregos;
-  2 velas e fósforo;

Montagem do experimento:

O professor fixará os pregos na haste de metal com uso da parafina da vela, de maneira que fiquem distanciados por aproximadamente 3 cm; após essa etapa, a base deve ser posicionada de modo que as velas fiquem abaixo da extremidade livre da haste; o professor acende as velas e aguarda que os 3 pregos se desprendam da haste aquecida

Antes da realização da prática o professor mostra que os pregos estão presos por parafina e questiona:

Na opinião de vocês de que material é feito esta haste metálica?

O que acontecerá quando aquecermos essa extremidade da haste metálica?

Durante a prática o professor pergunta:

O que é que está acontecendo com os pregos que estão fixados na haste?

Eles caem igualmente e no mesmo instante? Por quê?

Após a prática o professor pergunta:

Por qual motivo os pregos se desprenderam um a um, da extremidade da haste para onde ela está fixa?

Observação: espera-se com as questões que haja um debate entre os estudantes e o professor e que este medeie às discussões, enquanto for apresentando as questões supracitadas. O objetivo é que os estudantes entendam que o calor se propaga pela haste da extremidade para a base, o que pode ficar evidenciado com a queda dos pregos, que por conta do calor que é conduzido pelas moléculas que se encontram na extremidade da haste, passam, uma por uma, o calor para as demais moléculas que se encontram na extensão da mesma, o que explica o fato dos pregos caírem neste sentido da propagação. Ou seja, o calor é propagado por condução.

Prática 2: Convecção de Calor

Objetivo: Compreender como ocorre o processo de convecção de calor.

- ✚ 1 vela e fósforo;
- ✚ 1 tesoura;
- ✚ 1 prendedor de roupas
- ✚ 1 palito de churrasco;
- ✚ 1 espiral desenhada numa cartolina

Montagem do experimento:

O professor inicia cortando a espiral com uso da tesoura; fixará uma das extremidades do palito de churrasco no prendedor, obtendo uma base que servirá de apoio para colocar a espiral. Colocando a vela nas proximidades da espiral o professor acende a vela e espera o tempo que a espiral começará a circular em torno do palito.

Antes da prática o professor questiona:

O que acontecerá com essa espiral quando acendermos a vela que se encontra em suas proximidades?

Durante a prática o professor pergunta:

O que é que está acontecendo com a espiral?

Após a prática o professor pergunta:

O que será que provocou o movimento da mesma? Será que tem relação com a vela acesa em suas proximidades?

Observação: espera-se com as questões que haja um debate entre os estudantes e o professor e que este conduza as discussões, enquanto for apresentando as questões supracitadas. O objetivo é que os estudantes entendam que o calor é o responsável pelo giro da espiral, uma vez que o ar quente nas proximidades da vela, sobe, e o ar frio que se encontra mais distante da vela, desce, com isso correntes de ar surgem e fazem a espiral se movimentar sobre o eixo do palito. Ou seja, o calor é propagado por convecção.

Prática 3: Irradiação de Calor

Objetivo: Compreender como ocorre o processo de irradiação de calor.

Materiais Utilizados:

- ✚ 2 pedras de gelo;
- ✚ 1 cartão de papel na cor branca;
- ✚ 1 cartão de papel na cor preta;

Montagem do experimento:

O professor colocara as duas pedras de gelo sobre a bancada e sobre as mesmas coloca os cartões, uma pedra de gelo será coberta com o cartão na cor preta e outra pedra de gelo será coberta com o cartão na cor branca. Com isso o professor desenvolve a prática e espera que as pedras de gelo se derretam.

Antes da realização da prática o professor questiona:

O que acontecerá com estas pedras de gelo deixadas na mesa?

Se colocarmos sobre elas estes cartões, na opinião de vocês, as pedras de gelo derretem em tempos iguais?

Durante a prática o professor pergunta:

Qual das pedras de gelo derrete primeiro?

Será que a cor do cartão tem relação com o derretimento do gelo? Por quê?

Após a prática o professor pergunta:

Por qual motivo a pedra de gelo que se encontra embaixo do cartão preto derreteu primeiro que a outra pedra, que está embaixo do cartão branco?

Observação: espera-se com as questões que haja um debate entre os estudantes e o professor e que este medeie às discussões, enquanto for apresentando as questões supracitadas. O objetivo é que os estudantes entendam que o cartão preto absorve mais calor que o cartão branco, o que está relacionado com a quantidade de luz refletida e/ou absorvida pelos cartões. Com isso as moléculas do cartão preto estando mais “agitadas” do que as moléculas do cartão branco, essas irradiam mais calor pra pedra de gelo que se encontra embaixo desse cartão. Ou seja, o calor é propagado por irradiação.

Atenção:

- Os materiais usados nas práticas serão unicamente de uso do professor, uma vez que a ideia é que ele faça a demonstração experimental;
- Os links para você, professor se basear na construção dos experimentos que serão demonstrados nas 3 práticas estão disponíveis em:

Condução de Calor (Prof. Paulo Spachi) - YouTube;

Aula Experimento Física - Termodinâmica - Movimento por convecção (espiral giratório) - YouTube;

IRRADIAÇÃO TÉRMICA | Descubra como as cores reagem quando recebem luz! 😊 - YouTube

Após a realização do debate e reflexões sobre as hipóteses dos estudantes nas três práticas, o professor sistematizará e conduzirá as discussões de forma apresentar as definições de como o calor se propaga: condução, convecção e irradiação, organizando assim o conhecimento científico sobre as formas de propagação de calor.

Conceitos- chave: Transferência de Calor

Propagação de Calor: O calor pode se propagar de três maneiras, que dependem do meio, como num sólido, num fluido (líquidos ou gases) ou se propaga através de ondas eletromagnéticas:

- Condução Térmica: É o processo de transferência de energia térmica (calor) em sólidos, a propagação de calor se dá por vibração das partículas vizinhas, estas partículas estão ligadas através de uma rede cristalina. O calor se propaga sem transporte da matéria. A transmissão de calor se dá de partícula por partículas em consequência da agitação das partículas (moléculas) mais próximas a fonte de calor.
- Convecção Térmica: É o processo de transferência de energia térmica (calor) em fluidos (líquidos e gases), o calor se propaga no meio e provoca uma corrente de convecção que acarreta num deslocamento da massa aquecida que por consequência cria uma brisa no sentido contrário ao sentido do calor.
- Irradiação Térmica: É o processo de transferência de energia térmica que pode ocorrer no vácuo, o calor se propaga através de ondas eletromagnéticas. O calor é transmitido através de energia radiante.

A apresentação dos conceitos deve acontecer com uso de slides produzidos pelo professor.

Após a etapa de apresentação do conceito de propagação e suas formas, o professor sugere a seguinte atividade

3º momento: Sugerindo a atividade

Com as discussões realizadas na aula, o professor finaliza o encontro sugerindo que os estudantes façam um relato do que ficou entendido com as três práticas por ele demonstradas, enfatizando detalhes de como o calor se propagou em cada uma delas.

4º Encontro: Avaliação da sequência

Objetivos:

Aplicar os conhecimentos adquiridos numa situação problema do cotidiano;

Realizar estimativas e projeções.

Conteúdos:

Aquisição da temperatura por irradiação

Estratégias:

1. Apresentação da situação problema
2. Interação dialógica para planejamento e solução da situação problema

Recursos:

Slides; computador

Desenvolvimento**1º momento: Apresentando um problema**

O professor irá apresentar a seguinte situação problema.

Situação problema: Estou ou não com COVID?

Seguindo as recomendações do Ministério da Saúde, durante a pandemia Ana só vai para a academia quando está se sentindo bem e usando máscara. Ao chegar na academia, ela precisa medir sua temperatura, colocando o pulso sobre um sensor. Ela observa que na tela abaixo do sensor está a temperatura de 36.3 °C. Quando coloca o pulso sobre o sensor, um apito toca, a tela fica vermelha e aparecem os símbolos “!o”. Agoniada, Ana não sabe se poderá ou não entrar, já que não consegue saber se está à temperatura normal. A recepcionista sugere que, ao invés do pulso, Ana aproxime a testa do sensor. Quando ela faz isso, aparece 35.9 °C na tela, fica verde e desbloqueia a entrada na academia.

2º momento: Organizando o Conhecimento

Objetivo: organizar os argumentos para determinar se o processo de medição de temperatura recomendado é suficiente para a proteção durante a pandemia

Após a apresentação da situação problema, o professor separa a turma em grupos, e pede que respondam as seguintes questões:

Questão 1: como o sensor capta a temperatura do meio ambiente e do corpo humano?

Questão 2: por que mudar a parte exposta no sensor resolveu o impasse da entrada?

Questão 3: que variáveis podem impactar na precisão do sensor de temperatura nessa situação?

Questão 4: considerando suas respostas anteriores, e o fato de que em muitos casos o COVID é assintomático, a medição de temperatura na entrada dos estabelecimentos é uma medida suficiente e válida para a reduzir a propagação do vírus?

3º momento: Avaliando os conhecimentos

O professor irá acompanhar as discussões geradas nos grupos, interagindo e sugerindo, para avaliar as principais dúvidas e a aplicação dos conhecimentos discutidos nas aulas anteriores.

**APÊNDICE B - MODELO DAS FICHAS A SEREM PREENCHIDAS PELOS
ALUNOS**

Escola:		
Turma:	Turno:	Data: ____/____/____
Disciplina: Física	Professor:	Atividade 1: Calor e Temperatura
Equipe:	Alunos	

Anotações sobre a sua prática experimental

- 1) Anote a temperatura da água que se encontra em cada recipiente, fazendo uso do termômetro

Recipientes	Medida inicial da temperatura (°C)	Medida inicial da temperatura (°C)
Recipiente 1		
Recipiente 2		
Recipiente 3		

- 2) Quando mergulhou a mão esquerda no recipiente 1, qual a sua sensação? O que sente na mão esquerda é igual ao que você sente na mão direita que foi mergulhada no recipiente 3? Por quê será que isso ocorre?

- 3) Ao mergulhar as duas mãos no recipiente 2, qual a sensação para as mãos esquerda e direita? Você tem sensações diferentes neste recipiente? Descreva-as:

- 4) O que provoca as diversas sensações para as suas mãos? Como você explica as diversas situações experimentadas por você?

- 5) Existe algo diferente na água dos três recipientes, que você considera importante destacar?

- 6) Com as medidas de temperatura, antes e após a manipulação da água, o que ocorreu com os valores das mesmas? O que você sugere sobre o ocorrido?

APÊNDICE C - TEXTO 1: A BRIGA DAS ESCALAS

Em dezembro de 1915, um senador norte-americano pediu a palavra ao Congresso e discursou:

- Vamos abolir a escala Fahrenheit! Nenhum homem que possui reputação se importará em defender que uma escala irracional e inconveniente como a Fahrenheit deve ser mantida! A única dúvida que resta é quão rápida ela deve ser abolida e substituída pela escala Centígrado.

Ao final do discurso, o senador conclamou aos cientistas, à população em geral e ao Escritório de Padrões e Medidas que se unissem na troca da escala termométrica. Segundo ele, isso se justificava porque: (a) os demais países da América usavam a escala centígrado; e (b) a divisão utilizada na escala Fahrenheit era irracional.

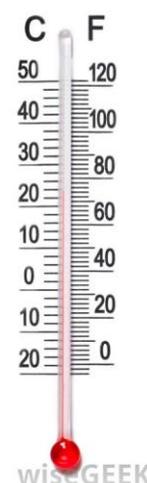
O discurso do senador foi reproduzido num jornal de assuntos científicos e acabou gerando controvérsias entre os cientistas.

Sabin, um desses cientistas, respondeu ao senador argumentando que: (a) irracional por irracional, toda escala de temperatura é, porque são todas arbitrárias; (b) se a escala Fahrenheit fosse inconveniente nunca teria sido usada, o que não é o caso já que as pessoas são acostumadas a ela; e (c) se o problema era a divisão da escala, a centígrado era mais irracional ainda, pois é fracionada. Afinal, argumenta Sabin, parece que algumas pessoas pensam que o “centígrado” tem relação como gramas ou litros, como por exemplo 15,5 gramas. Mas não. Uma temperatura de 15,5°C não tem nenhuma associação com a densidade da substância. Sabin ainda afirma: “*uma escala é conveniente se você achar que é; é racional se suas divisões são tais que as quantidades comumente usadas podem ser expressas em unidades*”. Além disso, termômetros serviam para, em 90% dos casos, meteorologia, caso em que a escala Fahrenheit serve bem.

Em resposta ao desprezo de Sabin pelo uso dos termômetros, e em apoio ao senador, outro cientista, Alexander, argumentou que

poucas estações meteorológicas ainda se baseavam na escala Fahrenheit, uma vez que ela não era adequada quando regiões a diferentes altitudes estão na mesma isoterma¹². Ele ainda afirma que, ainda que muitos a usem, possivelmente poucos a compreendem, afinal, “*Quando a temperatura está 64 °F, todos compreendem que ela está 32 graus acima do ponto de congelamento; por outro lado quando a temperatura está -32°F, isso significa que a temperatura está 64 graus abaixo do ponto de congelamento? A escala diz uma coisa e significa outra!*”. Alexander concorda que o fato de as divisões da escala Centígrado serem o dobro da escala Fahrenheit ocasiona uma perda de precisão no valor das temperaturas. Entretanto, o fato de afirmarem que a escala Fahrenheit pode dar uma precisão de 1 décimo de grau não significa muito quando qualquer medida feita tem um erro aproximado de 1 grau.

Mas afinal, quem estaria mais correto? Por que precisamos adotar uma escala termométrica reconhecida pela maioria das pessoas? E, mais importante, do que depende uma escala termométrica e um termômetro?



wiseGEEK

¹² Uma isoterma é uma região do espaço em que todos os corpos presentes estão a mesma temperatura

APÊNDICE D - TEXTO 2: UM POUCO DE HISTÓRIA DO TERMÔMETRO

Diferentes tipos de termômetros foram construídos ao longo do tempo. Os termômetros italianos, por exemplo, fabricados durante o século 17, tinham poucas funções práticas e serviam como enfeites. Eram bolas coloridas que ficavam oscilando numa mistura de água e álcool (espírito do vinho). Conforme a temperatura da mistura variava, as bolas subiam ou desciam (*Você sabe explicar por que isso acontece?*). Como esses termômetros não possuíam escala, não podiam fornecer um valor comparativo, como o quanto um corpo estava mais quente do que outro. Apenas verificavam que estavam a uma temperatura diferente daquela do próprio termômetro.

No início do século 18, o construtor de instrumentos holandês, Daniel Fahrenheit utilizou dois pontos fixos para graduar um tubo de vidro preenchido com mercúrio. O processo de construção do termômetro não era simples. Precisava tirar o ar do tubo onde o mercúrio expandia, purificar o mercúrio e usar um vidro que não tivesse rugosidades na superfície (que poderiam dificultar a passagem do mercúrio). Isso não era simples em 1714! Como o mercúrio é mais sensível às mudanças de temperatura do que o álcool, era possível fazer uma escala com divisões pequenas. Para o início da escala (0°F), Daniel escolheu a temperatura em que se encontra uma mistura de água+gelo+sal. O ponto mais alto (100°F) foi escolhido como a temperatura do corpo humano. O termômetro de Fahrenheit foi bem recebido na Inglaterra, e nos países baixos, como a Holanda e a Bélgica. No restante do continente Europeu, a escala utilizada era a do construtor de instrumentos francês, Réaumur. No termômetro de Réaumur, a substância usada era o álcool, e os pontos fixos eram o ponto de congelamento (0°R) e de ebulição (80°R) da água. A escala de Réaumur era bem aceita em vários países, mas o fato de utilizar o álcool como substância não permitia muita precisão nas

divisões. Em 1742, o sueco Celsius propôs um termômetro de mercúrio, em que o 0°C seria o ponto de ebulição da água; e 100°C seu congelamento. O construtor do instrumento que ele contratou, achou que esta escala não era prática e, a pedido de um médico, inverteu os valores. Nessa escala, um grau termométrico seria a centésima parte da distância entre os pontos extremos da fusão e ebulição da água (escala centígrado). Além desses nomes citados aqui, várias outras propostas de termômetro foram construídas, adotando-se diferentes substâncias e pontos fixos. Havia uma profusão de escalas e todas dependiam de várias variáveis, como: o tipo de substância e suas propriedades térmicas; a qualidade do vidro e do capilar onde a substância expande; e as características e necessidades da sociedade que iria empregar o termômetro (*Será que um termômetro fabricado na Europa é adequado para o Brasil? Já pensou sobre isso?*).

Na segunda metade do século 18, com o avanço das metalurgias e a expansão das navegações para as colônias, houve pressão para que fossem fabricados instrumentos de medidas cada vez mais precisos. (*Você notou que nessa história tem mais fabricantes do que cientistas? Será que o conhecimento que esses fabricantes possuíam era o suficiente para entender como um termômetro funcionava?*) Felizmente, novas técnicas e conhecimentos permitiram purificar mais as substâncias e também fabricar vidros cada vez mais puros, principalmente na Inglaterra. É nesse contexto que os fabricantes ingleses chegam a produzir termômetros de mercúrio com uma precisão de 0,1°F, tornando essa escala presente na maioria dos países invadidos pela Inglaterra. Já nos demais países, se passou a usar a escala centígrado que, em 1948, vai mudar de nome para “escala celsius”. (*Qual a escala adotada no*

Brasil? Será que é a mesma do país que “colonizou” essas terras?)

Cada país cria seu próprio Escritório de Padrões e Medidas (é o caso do INMETRO, no Brasil). Esse escritório regulamenta quais unidades serão utilizadas e quando há algum tipo de interação com países de unidades diferentes, é feita uma conversão. Os padrões de medida e as tabelas de conversão são fundamentais para que seja possível fazer trocas, seja de mercadorias ou de conhecimento. Caso contrário, acabaríamos numa grande torre de Babel, em que cada um usa uma língua, e não conseguimos conversar. É por isso que nosso senador, do começo da história, quer mudar a escala dos EUA!

Avanços e mudanças

É claro que nem todo termômetro serve para medir de tudo. Por exemplo, se quero descobrir a temperatura de ebulição de um líquido que não é a água, não posso usar um termômetro cujo ponto máximo é a ebulição da água! Também é preciso pensar no material de que o termômetro é feito e se ele suporta a temperatura que pretendo medir. Em alguns casos, a dimensão do termômetro é muito maior do que a região que quero medir, e aí não serve. Ao longo do século 20, avanços na ciência chegaram na constituição da matéria, das moléculas ao átomo. Como medir a temperatura de uma molécula por exemplo, se nem a vejo? Fazendo considerações teóricas, atribui-se um valor para o estado de repouso das moléculas, ou seja, a temperatura está associada a um movimento e no caso desse movimento zerar, chega-se ao zero absoluto. A escala que considera o movimento das moléculas como referência, é a escala kelvin (K). Nessa escala, o zero absoluto é equivalente

a uma temperatura de -273°C ! (*Frio, não?!*)

Ao associar a variação da temperatura ao movimento das moléculas, ou seja, à constituição dos materiais, é possível verificar que há diferentes formas de conduzir calor em cada um deles. Vai depender do que são formados, da distância entre seus átomos e moléculas, etc.

Esse conhecimento vai levar a novos estudos e, conseqüentemente, na criação de novos termômetros. É o caso do termômetro digital, do de infravermelho, etc., que fazem parte do nosso presente.

Referências

- FELDMAN, T. Thermometer. In: HEILBRON, J. L. (ed.) **The Oxford Companion to the History of Modern Science**. Oxford: University Press, 2003. P. 799-800.
- JOHNSON, A. The centigrade thermometer. **Science**. v. 43, n. 1106, p. 342-343, 1916.
- SABIN, A. The centigrade thermometer. **Science**. v. 43, n. 1114, p. 642, 1916.
- MCALDIE, A. Thermometer scales. **Science**, v. 43, n. 1120, p. 854-855, 1916.
- PIRES, Denise Prazeres Lopes; AFONSO, Júlio Carlos; CHAVES, Francisco Artur Braun. Do termoscópio ao termômetro digital: quatro séculos de termometria. **Química Nova**, v. 29, n. 6, p. 1393-1400, 2006.
- SILVA, Jeany Eunice da. *O uso do termoscópio e da contextualização histórica na criação e aplicação de uma unidade didática para o ensino de termometria*. 2017. 127f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) - UFRN, Natal, 2017.