



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
AMAZONAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 04

Hiram Jephson Gabriel da Costa

Sequência Didática para o Ensino sobre a Condução de Calor

Manaus/AM

2024

Hiram Jephson Gabriel da Costa

Sequência Didática para o Ensino sobre a Condução de Calor

Dissertação apresentada ao Polo 04 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, da Universidade Federal do Amazonas e do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Educação Básica. Linha de pesquisa: Física no Ensino Fundamental.

Orientador: Prof. Dr. Minos Martins Adão Neto

Manaus/AM
2024

Biblioteca do *Campus* Manaus Centro - IFAM

C837s Costa, Hiram Jephson Gabriel da.
Sequência Didática para o Ensino sobre a Condução de Calor / Hiram
Jephson Gabriel da Costa. – Manaus, 2024.
145 p.: il. color.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). – Instituto
Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus
Centro, 2024.

Orientador: Prof. Dr. Minos Martins Adão Neto.

1. Física – ensino. 2. Transmissão térmica. 3. Condução de calor. I.
Adão Neto, Minos Martins. (Orient). II. Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 530.07



Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - Polo 4

Ata da 64ª Defesa de Dissertação

Aos quinze dias do mês de julho, do ano de dois mil e vinte e quatro, às 19h00, no Auditório José Leitão do Departamento de Física – Bloco do Departamento de Estatística, ocorreu a Defesa da Dissertação do mestrando **Hiram Jephson Gabriel da Costa** intitulada: **“SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO SOBRE A CONDUÇÃO DE CALOR”**, do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 4 das Instituições de Ensino Superior: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (IFAM) e Universidade Federal do Amazonas (UFAM). A Banca Examinadora foi composta pelo Prof. Dr. Minos Martins Adão Neto (UFAM), Prof. Dr. Adriano Pereira Guilherme (UFAM-Polo 64) e Prof. Dr. Marcel Bruno Pereira Braga (UFAM). O Professor Doutor Minos Martins Adão Neto, Presidente, deu início aos trabalhos, convidando os membros a comporem a Banca Examinadora. O Presidente fez a leitura dos procedimentos para defesa de dissertação, e convocou o mestrando para fazer a exposição de seu trabalho que, em seguida, foi arguido pelos membros da Banca Examinadora. Após a arguição, a Banca Examinadora reuniu-se privativamente e decidiu pela aprovação do trabalho. Ao final, os presentes foram chamados para tomarem conhecimento do resultado da avaliação, o Presidente da banca comunicou ao interessado que feitas às devidas correções na dissertação, conforme sugestão da banca Examinadora, o discente é obrigado a entregar, na secretaria do polo 4, até sessenta (60) dias após a data da defesa, duas (02) vias impressa e encadernada no formato capa dura, e uma via (01) digital em formato PDF, para os trâmites necessários à concessão do diploma, conforme Resolução Nº.47 – CONSUP/IFAM de 13 de julho de 2015. Nada mais havendo a tratar, foi lavrado a presente Ata que, após lida e aprovada, será assinada pelos presentes.

Minos Martins Adão Neto

Prof. Dr. Minos Martins Adão Neto
Presidente - UFAM

Adriano P. Guilherme

Prof. Dr. Adriano Pereira Guilherme
Membro Externo – UFAM/Polo 64

Prof. Dr. Marcel Bruno Pereira Braga
Membro Interno - UFAM



Documento assinado digitalmente
MARCEL BRUNO PEREIRA BRAGA
Data: 17/07/2024 16:07:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

DEDICATÓRIA

A Deus, por nortear minha vida, concedendo-me forças e coragem para atingir meus objetivos.

Aos meus pais e irmãos, pelo incentivo, amor e carinho concedidos.

Aos meus amigos, pela convivência, apoio e atenção nos momentos alegres e tristes.

AGRADECIMENTOS

O momento tão esperado chegou! É chegada a hora de concluir mais uma caminhada. Foram muitos os acontecimentos que marcaram minha jornada nestes meses que se passaram. Muitos momentos felizes, apesar de situações de dificuldades. Por essa razão, tenho que agradecer a Deus por ter posto em minha vida pessoas fantásticas que estiveram sempre comigo.

Agradeço aos meus pais, por terem me dado todo o suporte que podiam. A eles devo o que sou hoje.

Quero também agradecer aos colegas do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), com os quais a discussão e a partilha de saberes e experiências fizeram desta jornada um experiência especial. Dentre eles, especialmente, agradeço à Cristian, que sempre me motivou e muito me ajudou nas dificuldades; e à Geisiele, que sempre esteve pronta para me ajudar em tudo que precisava, por ter montado um grupo de estudo remoto como suporte nos momentos em que as coisas não transcorriam tão bem.

Agradeço aos meus mestres do MNPEF, que contribuíram para todo o meu desenvolvimento acadêmico, compartilhando comigo seus conhecimentos e doando o tempo que possuíam. Agradeço especialmente ao meu orientador, Prof. Dr. Minos Martins Adão Neto, pela dedicação em seu trabalho em todos os momentos e pela paciência que teve comigo em tantos outros. À Profa. Dra. Rita de Cássia, por ter me ajudado a encontrar um caminho quando me sentia perdido. E aos Professores Doutores Wanderley Vitorino e Antonio Xavier Gil, pela escuta constante e auxílio na escrita.

Agradeço aos alunos partícipes das ações que embasam esta Dissertação, na certeza de que sua disponibilidade representa o substrato necessário para a materialização do objetivo estabelecido.

Para terminar, crêdulo de que esforço nenhum é suficiente para elencar os que de alguma maneira, fizeram-se presentes nesta trajetória, registro especial gratidão a todos, a quem agasalho em meu coração.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

EPÍGRAFE

O fator isolado mais importante que influencia o aprendizado é aquilo que o aprendiz já conhece.

David P. Ausubel

RESUMO

O presente estudo tem como objetivo investigar a elaboração e implementação de uma sequência didática para o ensino de condução de calor, dentro do contexto do ensino de Física no Brasil. A questão central da pesquisa é: como a implementação de uma sequência didática baseada em experimentos pode impactar a aprendizagem dos conceitos de condução de calor? Para responder a essa questão, o estudo fundamenta-se na Teoria da Aprendizagem por Descoberta de Jerome Bruner, que destaca a importância do conhecimento prévio dos alunos na assimilação de novos conceitos. O método adotado envolve a criação de uma sequência didática que combina atividades experimentais, reflexões teóricas e questionamentos críticos, visando engajar os estudantes de maneira ativa no processo de aprendizado. A pesquisa destaca a utilização da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) e outras metodologias inovadoras, que colocam o aluno no centro do processo de aprendizagem, promovendo o desenvolvimento de habilidades cognitivas e práticas. As conclusões do estudo indicam que a sequência didática desenvolvida foi eficaz em promover uma compreensão mais profunda dos conceitos relacionados à condução de calor. Os resultados mostram que a integração entre teoria e prática, através de atividades experimentais, reforça o conhecimento prévio dos alunos e motiva a exploração e a compreensão dos fenômenos físicos de forma mais significativa. Além disso, o estudo sugere que essa abordagem pode ser aplicada em outros contextos do ensino de Física, contribuindo para a melhoria da qualidade do ensino e aprendizagem na área.

Palavras-chave: Ensino de Física; Transmissão Térmica; Condução de Calor.

ABSTRACT

The present study aims to investigate the development and implementation of a didactic sequence for teaching heat conduction, within the context of Physics teaching in Brazil. The central research question is: how can the implementation of a didactic sequence based on experiments impact the learning of heat conduction concepts? To answer this question, the study is based on Jerome Bruner's Discovery Learning Theory, which highlights the importance of students' prior knowledge in the assimilation of new concepts. The method adopted involves the creation of a didactic sequence that combines experimental activities, theoretical reflections and critical questions, aiming to actively engage students in the learning process. The research highlights the use of Problem-Based Learning (PBL) and other innovative methodologies, which place the student at the center of the learning process, promoting the development of cognitive and practical skills. The conclusions of the study indicate that the didactic sequence developed was effective in promoting a deeper understanding of concepts related to heat conduction. The results show that the integration between theory and practice, through experimental activities, reinforces students' prior knowledge and motivates the exploration and understanding of physical phenomena in a more meaningful way. Furthermore, the study suggests that this approach can be applied in other contexts of Physics teaching, contributing to improving the quality of teaching and learning in the area.

Keywords: Physics Education; Thermal Transmission; Heat Conduction.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
DBR	Design Based Research
EI	Ensino por Investigação
Eq	Equação
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
UNESCO	Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Aprendizagem Ativa, segundo os indivíduos envolvidos.....	38
Figura 2 - Aprendizagem Ativa, segundo metodologia utilizada.....	39
Figura 3 - Sistema Conceitual de Calor.....	58
Figura 4 - Lei Zero da Termodinâmica	60
Figura 5 - Primeira Lei da Termodinâmica - Conservação de Energia.....	61
Figura 6 - Condução Térmica em Regime Permanente	65
Figura 7 - Relação entre plano cartesiano, o sentido do fluxo térmico e o gradiente de temperaturas	67
Figura 8 - Volume de controle diferencial, $dx dy dz$, para análise da condução de calor em coordenadas retangulares x, y, z	70
Figura 9 - Volume de controle diferencial $r d\phi dr dz$, para análise da condução de calor em coordenadas cilíndricas r, ϕ, z	73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Percentuais de Acertos Anteriores e Posteriores ao Experimento	79
Tabela 2 - Ganho de Hake	80

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Percentuais de Acertos Anteriores e Posteriores ao Experimento79

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL	18
2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	18
2.1.1 O Brasil Colônia (1530-1822).....	18
2.1.2 O Brasil Império (1822-1889).....	21
2.1.3 O Brasil República	22
2.2 O CENÁRIO ATUAL	26
2.3 OS ELEMENTOS DO ENSINO DE FÍSICA.....	29
2.3.1 A Ciência.....	29
2.3.2 O Conhecimento Científico	32
3 A IMPORTÂNCIA DO EXPERIMENTO NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM DE FÍSICA: UM OLHAR SOBRE A CONDUÇÃO DE CALOR	36
3.1 IMPACTO DA EXPERIMENTAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES COGNITIVAS	36
3.2 VANTAGENS DO USO DE EXPERIMENTO.....	40
3.3 A FUNÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO E O ENSINO DE FÍSICA.....	44
3.4 TIPOS E MODALIDADES DE ENSINO EXPERIMENTAL	47
3.5 A CONDUÇÃO DE CALOR: UMA PERSPECTIVA DE ENSINO.....	48
3.5.1 Pesquisa em Ensino de Física sobre Condução de Calor.....	48
3.5.1.1 Experimentos Didáticos e Simulações.....	48
3.5.1.2 Abordagens Contextualizadas	49
3.5.1.3 Concepções Alternativas e Dificuldades de Aprendizagem	50
3.5.1.4 Tecnologias Educacionais	50
3.5.2 Metodologia Inovadoras no Ensino de Condução de Calor	51
3.5.2.1 Aprendizagem Baseada em Problemas.....	51
3.5.2.2 Ensino por Investigação	52
3.5.3 Desafios no Ensino de Condução de Calor	53
3.5.3.1 Formação de Professores	53
3.5.3.2 Recursos Didáticos.....	54
3.5.4 Fourier e o Contexto de seus Estudos sobre Condução Térmica	54
3.5.5 Principais Dificuldades sobre Condução de Calor na Literatura.....	56
4 ENERGIA, TEMPERATURA E CALOR.....	57

4.1 ELEMENTOS CONCEITUAIS BÁSICOS	57
4.2 AS LEIS DA TERMODINÂMICA	59
4.2.1 Lei Zero da Termodinâmica ou Princípio do Equilíbrio Térmico	59
4.2.2 Primeira Lei da Termodinâmica ou Princípio da Conservação de Energia.....	60
4.2.3 Segunda Lei da Termodinâmica ou Princípio do Aumento da Entropia	61
4.2.4 Terceira Lei da Termodinâmica ou Lei de Nernst.....	62
4.3 PROPAGAÇÃO DE CALOR	63
4.4 ABORDAGENS AVANÇADAS PARA O ENSINO DA CONDUÇÃO DE CALOR NO ENSINO SUPERIOR	64
4.4.1 Visão Inicial	64
4.4.2 Lei Fundamental da Condução de Calor	65
4.4.3 A Condutividade Térmica	69
4.4.4 A Equação de Condução de Calor.....	69
4.4.4.1 <i>Coordenadas Retangulares</i>	69
4.4.4.2 <i>Coordenadas Cilíndricas</i>	73
5 A CONCEPÇÃO E EFETIVAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	76
5.1 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL	76
5.2 RESULTADOS OBSERVADOS	79
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	84
REFERÊNCIAS.....	86
APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL	104

1 INTRODUÇÃO

O entendimento sobre os fenômenos referentes à transferência de calor é ação que se faz necessária não somente em vista da compreensão dos processos físicos que ocorrem no cotidiano da vida humana, como também em função da diversidade de aplicações desse conhecimento.

A condução é um dos mais básicos e utilizados processos de transferência de calor. Contudo, é conveniente destacar que o ensino eficaz desse conceito representa potencial desafio para os educadores, em vista de sua complexidade teórica e do necessário estabelecimento de conexões concretas com situações do mundo real.

Diante dessa realidade, o presente estudo propõe-se a discutir essa questão central, na perspectiva de desenvolver e avaliar uma sequência didática para o ensino da condução de calor. O interesse por essa temática decorre da constatação de que, apesar da evolução processada no ensino de Física, ainda existem lacunas que guardam relação com a eficácia das técnicas de ensino usadas, especialmente no contexto do 9º (nono) ano do Ensino Fundamental da Escola Municipal Professora Maria Auxiliadora. A referida unidade educacional atua nos seguintes níveis e modalidades: Maternal II e III, Educação Infantil (1º Período e 2º Período), Ensino Fundamental I (1º ao 5º Ano), Ensino Fundamental II (6º ao 9º Ano) e Educação de Jovens e Adultos (1º e 2º Segmentos).

É pacífico o entendimento de que qualquer abordagem pedagógica deve ser dinâmica e voltada para o educando. Por certo, percebe-se insuficiente a simples transmissão de conhecimento teórico como recurso para assegurar, entre os alunos, o devido engajamento e a conseqüente e efetiva compreensão dos conceitos científicos. É a partir dessa percepção que se entende uma sequência didática específica para o ensino da condução do calor como mecanismo com potencial para promover uma experiência mais positiva e contextualizada, assim estimulando a consolidação do conhecimento da classe discente.

O tema a ser abordado, no formato em que o é, reflete a necessidade da promoção de algumas aplicações pedagógicas eficazes e inovadoras que auxiliem no processo de lapidação do ensino de Física. Isso porque se entende o estabelecimento de uma sequência didático-pedagógica com o escopo de melhor explicar um conceito físico como medida significativa para a prática educativa.

Convém ressaltar que a condução do calor consiste em matéria importante não apenas para o currículo de Física, dada sua natureza interdisciplinar, com reflexos percebidos em variadas áreas do conhecimento. Dessa intelecção, caracteriza-se a necessidade de ferramentas inovadoras e colaborativas no âmbito da educação contemporânea, capazes de estabelecer a interconexão entre disciplinas distintas e a compreensão efetiva das características naturais.

Destaque-se, por oportuno, que a presente pesquisa não se apropria da vaidade de disponibilizar uma solução definitiva aos desafios presentes no ensino de Física, especificamente no tocante à condução de calor. Debruça-se, ao contrário, na ideia de fomentar novas reflexões e investigações, com o escopo de incentivar, em torno das práticas educativas da disciplina, uma interlocução construtiva sobre os procedimentos pedagógicos e suas inovações possíveis.

O ensino de Física, particularmente no contexto da condução de calor, enfrenta desafios significativos, incluindo a dificuldade dos alunos em compreender conceitos abstratos e a falta de experimentação prática que possa tornar o aprendizado mais tangível. Apesar de avanços teóricos e metodológicos, ainda há uma lacuna na efetiva aplicação de estratégias que conectem teoria e prática de forma integrada e contextualizada. Assim, o problema de pesquisa desta dissertação é: como uma sequência didática voltada para o ensino de condução de calor pode ser desenvolvida para melhorar a compreensão conceitual e as habilidades experimentais dos estudantes de Física no ensino fundamental?

Em termos específicos, a pesquisa procura atender aos seguintes objetivos: desenvolver uma sequência didática inovadora para o ensino de condução de calor, que integre experimentação prática e recursos cotidianos; analisar o impacto dessa sequência na compreensão conceitual e no desenvolvimento de habilidades cognitivas dos estudantes; identificar as principais dificuldades encontradas pelos estudantes ao aprender sobre condução de calor e como essas dificuldades podem ser mitigadas por meio de abordagens didáticas específicas; avaliar a eficácia da sequência didática proposta por meio da aplicação prática e parâmetros avaliativo; contribuir para a melhoria do ensino de Física, oferecendo um produto educacional que possa ser replicado em diferentes contextos educacionais

Ademais, é conveniente registrar que o trabalho presente tem a pretensão de contribuir com a práxis docente, por meio de uma ferramenta estrategicamente correta. Persegue-se a condução de calor como cerne do estudo, realçado pela

promoção do desenvolvimento de habilidades cognitivas, investigativas e críticas entre os discentes. A proposta apresentada é alicerçada em robusta fundamentação teórica, que se desenvolve nos capítulos que compõe este material.

O Capítulo 2 da presente dissertação faz uma abordagem acerca do ensino de Física no Brasil, contemplando o contexto histórico e traçando aspectos atuais da atividade. Ademais, tece considerações sobre o ensino de Física por investigação, vinculando-o à ciência e ao conhecimento científico.

No Capítulo 3, discorre-se sobre a importância da experimentação no ensino de Física, com um foco especial na condução de calor. Inicialmente, discute-se o impacto da experimentação no desenvolvimento de habilidades cognitivas dos estudantes, destacando as vantagens e funções desse método no contexto do ensino de Física. Segue-se uma análise das diferentes modalidades de ensino experimental, antes de aprofundar-se especificamente no ensino da condução de calor. Esse foco inclui uma revisão da pesquisa existente, explorando experimentos didáticos, simulações, abordagens contextualizadas e as concepções alternativas dos alunos. O capítulo também examina metodologias inovadoras, como a aprendizagem baseada em problemas e o ensino por investigação, além de discutir os desafios enfrentados no ensino de condução de calor, com ênfase na formação de professores e recursos didáticos. Por fim, a seção contextualiza os estudos de Fourier sobre condução térmica e revisa as principais dificuldades identificadas na literatura sobre o tema.

Por sua vez, o Capítulo 4 explora de forma abrangente os conceitos fundamentais relacionados à energia, temperatura e calor, estabelecendo uma base sólida para o ensino da condução de calor. Inicia-se com uma revisão dos elementos conceituais básicos, que são essenciais para a compreensão dos fenômenos térmicos, seguida de uma análise detalhada das leis da termodinâmica, incluindo seus princípios e implicações no equilíbrio e na conservação de energia. A propagação de calor é abordada em seguida, com um enfoque especial na condução térmica. Por fim, o capítulo avança para uma discussão sobre abordagens mais complexas para o ensino da condução de calor no nível superior, abrangendo desde a lei fundamental da condução até a equação de condução de calor em diferentes coordenadas, além da importância da condutividade térmica. Essa estrutura oferece uma visão integrada e aprofundada do tema, preparando o terreno para a aplicação de métodos didáticos inovadores no ensino da condução de calor.

No capítulo 5, é descrito o processo de concepção e implementação do produto educacional desenvolvido como parte desta dissertação, focado na sequência didática para o ensino da condução de calor. Inicialmente, são detalhadas as etapas de desenvolvimento do produto, desde a fundamentação teórica até o planejamento e criação dos materiais e atividades didáticas. Em seguida, são apresentados e analisados os resultados observados durante a aplicação do produto em um ambiente educacional real, avaliando seu impacto no aprendizado dos alunos e identificando possíveis melhorias para futuras implementações.

2 O ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

2.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

O ensino de Física no Brasil apresenta uma trajetória histórica rica e complexa, que traduz a textura social, política e econômica do país ao longo dos tempos. Esse percurso deve ser analisado à luz da lição de Saviani (2021), para quem a educação, tratada em seu contexto genérico, pode ser explicada como o corolário por meio do qual os conhecimentos chegam às pessoas, assim dotando-as de condições de integração à sociedade.

2.1.1 O Brasil Colônia (1530-1822)

A educação brasileira tem sua história edificada sobre vários períodos nos quais se pode perceber aspectos característicos de cada época. Um desses períodos é representado pelo Brasil colônia, no qual a educação foi conduzida pela Companhia de Jesus, assim constituindo a educação jesuítica (Rosário; Melo, 2015).

Nesse contexto, o ano de 1549 marca o advento da primeira escola no Brasil, cuja finalidade primordial era alinhar os povos indígenas ao padrão europeu. Ficava, ainda, a cargo dos jesuítas a formação dos filhos da elite que se formava no contexto colonial, com vistas a dotá-los de condições adequadas à administração dos latifúndios e propriedades da família. A rigor, as atividades concentravam-se no ensino da escrita e da leitura, não havendo nenhuma ação em favor de estudos outros (Almeida, 2014).

A doutrina cristã foi, no ponto de vista de Almeida Junior (1979), o eixo condutor do processo educacional praticado na colônia durante mais de dois séculos, ao longo dos quais não se observou qualquer movimento que privilegiasse o estudo das ciências experimentais.

O sistema jesuíta previa três alternativas de cursos: inferiores, médio e superior, conforme se depreende da assertiva seguinte:

“Os Cursos Inferiores eram as escolas elementares de ler e aprender, como uma extensão da catequese, onde se ofereciam a doutrina cristã, conhecimentos elementares e, para os alunos mais dotados,

iniciação musical. A etapa seguinte era o Curso Médio, que oferecia Gramática, Humanidades e Retórica para os alunos que haviam se destacado intelectualmente na fase anterior, alguns dos quais eram enviados depois à Universidade de Coimbra ou da Espanha, para realizar os estudos superiores. A maioria dos alunos do Curso Médio era direcionada para o aprendizado profissional e agrícola, que teve início no Colégio de São Vicente. O Ciclo Superior era integrado pelas Faculdades de Filosofia e Teologia, criadas pela primeira vez no Brasil, em Salvador da Bahia, em 1572” (Klein, 2016, p. 6).

Não obstante ser o ensino jesuíta, em sua porção maior, de viés retórico e literário, verifica-se, com amparo em Almeida Junior (1979), que durante o verão, eram ministradas, em caráter excepcional, aulas de geografia, versando, em especial sobre as condições físicas do espaço habitado.

Ilustrando esses movimentos tímidos em favor do estudo da ciência naquele período histórico, pode-se mencionar, com fundamento em Fiori (2019), o pintor, cartógrafo, aquarelista, astrônomo, naturalista e desenhista alemão George Marcgrave, pioneiro em escritos a respeito das condições climáticas e topográficas do Brasil. Contudo, com o passar do tempo, não se observou qualquer propagação ou disseminação de seus conhecimentos, conforme se conclui do excerto abaixo transcrito:

“Desapareceu assim a concretização de um esboço de ensino científico possivelmente derivado da atividade desses homens de ciência, ou mais propriamente, de um ensino de Física para jovens aprendizes, que trabalhando junto com Marcgrave, aprendessem o seu ofício de construir e aperfeiçoar lentes para observações astronômicas, fazer previsões meteorológicas e de eclipses e outras práticas” (Almeida Junior, 1979, p. 47).

Outro nome digno de registro e responsável por iniciativas científicas no Brasil colônia, segundo Visoni e Canalle (2012), é Bartolomeu Lourenço de Gusmão, sacerdote católico, cujos estudos e experimentos com balões de ar quente, colocam-no como um dos pioneiros da aviação.

Confirmando a dinâmica que conduzia o processo educativo do Brasil em sua fase colonial, Gusmão foi outro pesquisador que não teve seus estudos disseminados, o que, mais uma vez, comprometeu a introdução do conhecimento científico no país. Isso porque toda a formação destinada aos jovens destinava-se à preparação para ingresso no sacerdócio ou em alguma universidade em Portugal ou na Espanha.

Conteúdos diversos eram trabalhados de acordo com métodos múltiplos, sem contemplar, entretanto, dados científicos (Diogo; Gobara, 2008).

Com substrato enraizado no aspecto religioso, a educação jesuíta contemplou, ainda, questões de natureza social e política, cujos reflexos não se fizeram observados com propriedade em vista da expulsão a que foram os padres submetidos, por iniciativa do Marquês de Pombal (Zotti, 2006).

Acerca do assunto, esclarecedor é o texto que segue:

“Em 1759, com a expulsão dos jesuítas das terras brasileiras, pelo marquês de Pombal, ocorre uma mudança no ensino, em seus métodos e processos, pois, para o marquês, o mesmo deveria estar a serviço dos interesses civis e políticos de Portugal. Tal programa desestruturou todo o ensino articulado pelos jesuítas e estabeleceu um período de caos na educação do país. O ensino básico foi prejudicado por lacunas de mestres, em razão da expulsão dos jesuítas” (Rosa e Rosa, 2012, p. 2).

A partir das inovações capitaneadas pelo Marquês de Pombal, surgiu aos brasileiros a oportunidade de estudar na Universidade de Coimbra, assim fomentando a potencialização do conhecimento científico. No entanto, enquanto as ciências naturais - como medicina, botânica e zoologia - eram celeiros do progresso patrocinado pelas reformas pombalinas, a ciência Física permanecia estagnada, com raras iniciativas sendo implementadas. Uma dessas ações foi a fundação, em 1775, na cidade do Rio de Janeiro, da primeira Academia Científica, a qual não representou influência significativa no pensamento científico pátrio (Almeida Junior, 1979).

Posteriormente, em 1800, a fundação do seminário de Olinda trouxe uma renovação educacional ao introduzir disciplinas como física, química, mineralogia, botânica e desenho. De acordo com Diogo e Gobara (2008), seu fundador, Dom Azeredo Coutinho, entendia que a educação não poderia ser restrita à formação sacerdotal, devendo também atender às necessidades apresentadas pelo novo brasileiro urbano.

Em 1808, com a chegada da Família Real Portuguesa ao Brasil, ocorreram mudanças significativas na educação, com D. João VI fundando diversas escolas e instituições com ênfase em ciências naturais, principalmente para preparar a colônia para receber a corte portuguesa (Meirelles, 2013).

2.1.2 O Brasil Império (1822-1889)

A independência da colônia do jugo lusitano, em 1822, provocou a necessidade de construir escolas para os filhos da aristocracia e burguesia cariocas. O panorama que se apresentava culminou com a fundação, em 1837, por Dom Pedro I, do Imperial Collégio de Pedro II, resultante de um processo de reorganização do antigo seminário de São Joaquim. Considerado um marco para o ensino secundário no Brasil, o colégio seguia o modelo dos colégios franceses, adotando estudos simultâneos e seriados, com disciplinas como Latim, Grego, Francês, Inglês, Gramática Nacional, Retórica, Geografia, História, Ciências Físicas E Naturais, Matemática, Música Vocal E Desenho (Sampaio; Santos, 2007).

Como forma de balancear o conteúdo humanístico do Colégio Pedro II com a parte científica, decidiu-se, em 1838, incorporar o estudo de matemática e ciências aos 03 (três) últimos anos. Todavia, a iniciativa não chegou a ser implementada e a prática educativa seguiu privilegiando as línguas clássicas e modernas, bem como os exames preparatórios ao ingresso no ensino superior, os quais concentravam demanda em relação à área de humanidades. A Física, como as demais ciências, não era cobrada nos exames admissionais do nível superior, não sendo, portanto, objeto de interesse dos alunos (Almeida Junior, 1979; Nicioli; Mattos, 2007).

Segundo Neves e Martins (2016), o ensino superior no Brasil teve um início tardio se comparado com a Europa e a América Latina. Ao longo dos séculos XVI e XVII, quando surgiram, no contexto latino-americano, as primeiras universidades, os portugueses, em solo brasileiro, mostravam-se resistentes à criação de instituições superiores. O cenário somente foi alterado no início do século XIX, com a transferência da corte portuguesa em 1808, que desencadeou o estabelecimento das primeiras instituições de ensino superior no país, as quais eram, no início, imbuídas da missão de formar profissionais para a Coroa.

Naquele período histórico, Sampaio e Santos (2007) destacam a ministração de Física em conjunto com Química, contempladas na disciplina Ciências Físicas, num formato que se inspirava no protótipo francês, com os conteúdos respectivos trabalhados isoladamente.

Refletindo sobre o papel exercido pelo padrão francês no formato de ensino secundário praticado no Brasil imperial, oportuna é a seguinte contextualização: , apresenta a seguinte contextualização:

“a influência francesa adentra o território nacional no século XIX, mais precisamente no Segundo Império (1840-1889), e se mantém nos primeiros anos de República ainda atuante nos currículos escolares brasileiros” (Neves, 2015, p. 65).

O Colégio Pedro II destacou-se como instituição de ensino secundário no Brasil, desempenhando um papel crucial na evolução do ensino de Física no país. Segundo Lorenz (1995), entre 1838 e 1900, várias mudanças curriculares ocorreram na instituição, incluindo uma reforma que reduziu a duração do curso para sete anos e aumentou a frequência das aulas de física e química.

No ensino superior, a primeira cadeira de Física foi estabelecida em 1832 nos cursos de medicina das academias fundadas por D. João VI, mas esses cursos priorizavam os aspectos profissionais e utilitários, deixando o ensino superior brasileiro predominantemente literário e acadêmico, com poucas mudanças voltadas para as ciências naturais e para o trabalho científico (Almeida Junior, 1979).

Assim, com fundamento em Oliveira (2004), pode-se afirmar que o período imperial legou um conjunto de instituições públicas preocupadas com a formação da elite e originou o debate em torno da necessidade de reestruturação da educação no Brasil, com vistas a torná-la mais popular.

2.1.3 O Brasil República

Com a Proclamação da República em 1889, a classe média brasileira, à luz do magistério de Almeida Junior (1980), adquiriu influência na sociedade da época e encaminhou mudanças significativas no contexto educacional. Na esteira das alterações processadas, o ensino secundário foi dilatado para 07 (sete) anos e incrementado com avaliações mais rigorosas e matérias de cunho social e científico.

A chamada Primeira República, que se estabeleceu no Brasil a partir da proclamação, consistiu num período marcado por uma situação de instabilidade política, centralização oligárquica de poder e parco progresso das estruturas socioeconômicas. Esse é o cenário que ambienta a implementação de diversas

transformações, muitas das quais previstas na Carta Constitucional de 1891 que, entre outras disposições, estabeleceu à União a responsabilidade pelo ensino superior e secundário, conferindo aos estados e municípios a gestão da formação primária. Essa segmentação representou uma distinção social evidente, que estabeleceu duas espécies de ensino: uma destinada às classes populares, fundamentada na formação primária e profissionalizante, e outra reservada às elites, constituída pelas escolas secundárias e instituições de ensino superior (Aquino, 2006).

As transformações processadas nesse período representam consequências da influência do positivismo de Augusto Comte, que teve na figura de Benjamin Constant, Ministro da Instrução, um vigoroso defensor. A este é creditada a primeira reforma no ensino público da República, ocasião em que a educação básica brasileira foi incrementada com os conteúdos de ciências, matemática, física, química, biologia, astronomia e sociologia. É o que se depreende do excerto abaixo:

“As transformações ocorridas nesse período foram influenciadas pelos defensores do positivismo, como Benjamin Constant, Ministro da Instrução, que liderou a primeira reforma no ensino público da República. Sob a influência positivista, foram incluídos na educação básica brasileira os conteúdos de ciências, matemática, astronomia, física, química, biologia e sociologia” (Diogo e Gobara, 2008, p. 371).

Segundo Almeida Junior (1980), as ciências exatas foram prejudicadas devido à grande diversidade e amplitude do currículo, que incluía 14 (quatorze) disciplinas científicas, 06 (seis) de línguas e mais 16 (dezesesseis) disciplinas diversas, totalizando 36 (trinta e seis) disciplinas diferentes. Ademais, a inclusão de cálculo diferencial e integral a alunos desprovidos das condições mínimas para tais conteúdos revelou-se problemática, somando-se ao modo de abordagem da Física, assentada em noções gerais e cálculos excessivos, sem valorização da experimentação prática.

Em 1903, um projeto de lei buscava melhorar o ensino de ciências naturais ao tornar obrigatória a presença de laboratórios para práticas de física e química. Porém, apesar do uso desses espaços, sua influência no ensino das disciplinas resultou limitada (Rosa; Rosa, 2012). Ao longo daquele período, as reformas educacionais não produziram avanços significativos para a educação científica, com as ciências sempre em segundo plano em relação ao ensino literário, focado em preparar os estudantes para o ensino superior, como era visto nos períodos Colonial e Imperial. Assim, como é apontado por Almeida Junior (1980), a estrutura educacional brasileira falhava em

formar e inspirar cientistas, já que os estudos careciam de aprofundamento e experimentação.

Diogo e Gobara (2008) chamam atenção para o fato de que o ensino de Física, finda a Primeira República, mesmo não tendo apresentado alterações significativas, estabeleceu-se no currículo nacional. O panorama existente apontava para a importância concedida à Física na formação dos estudantes, todavia privilegiava as línguas e as humanidades.

Durante a Era Vargas, o ensino de Física passou por transformações significativas. Segundo Araújo e Vianna (2010), Vargas implementou políticas de industrialização e modernização do país, o que gerou uma demanda por profissionais qualificados, incluindo aqueles com conhecimentos em ciências naturais e Física. Como parte desses esforços, houve uma maior valorização da educação técnica e profissionalizante, com a criação de escolas técnicas e a promoção de cursos voltados para as áreas de engenharia e tecnologia. Além disso, a física começou a ser integrada de maneira mais abrangente nos currículos escolares, tanto no ensino secundário quanto no ensino superior, refletindo a importância atribuída ao desenvolvimento científico e tecnológico durante esse período. Essas medidas contribuíram para uma maior disseminação do conhecimento científico, incluindo os princípios fundamentais da Física, e para a formação de uma mão de obra mais qualificada para atender às demandas da época.

Durante os governos militares no Brasil, que compreenderam o período de 1964 a 1985, o ensino de Física passou por diversas mudanças, influenciadas pelo contexto político e socioeconômico da época. Os militares buscaram modernizar o país e promover um desenvolvimento tecnológico e industrial, o que resultou em uma maior valorização das ciências exatas, incluindo a Física, no currículo escolar. Foram estabelecidas políticas para fortalecer o ensino da disciplina, com a criação de programas e projetos voltados à formação docente e à melhoria da infraestrutura das escolas, especialmente nas áreas de laboratórios e recursos didáticos (Assis, 2012).

Germano (2005) assinala que os governos militares, no que tange à área educacional, mesmo com as reformas implementadas, assumiram um comportamento de gradativo descompromisso em relação ao financiamento da educação pública, assim provocando o comprometimento dos recursos com o capital privado, por meio de repasses para as escolas particulares. A situação atingiu todos os níveis de

formação, tendo como consequência o acesso aos níveis mais elevados de escolarização restrito a uma diminuta parcela populacional.

Além disso, durante esse período, houve um aumento no investimento em instituições de ensino superior e pesquisa científica, o que proporcionou mais oportunidades para o estudo avançado da Física e o desenvolvimento de pesquisas em diversas áreas a ela relacionadas. No entanto, também houve um controle maior por parte do Estado sobre o currículo escolar, o que levou a uma certa padronização e centralização do ensino da disciplina, com ênfase em abordagens mais tradicionais e conteúdos considerados relevantes para as necessidades do país na época (Assis, 2005).

A partir da redemocratização do Brasil, ocorrida na década de 1980, o ensino de Física passou, de acordo com Barreto (2015), por uma série de mudanças significativas, refletindo os novos valores e demandas da sociedade brasileira. Com o retorno ao regime democrático, houve um aumento na diversidade de abordagens pedagógicas e uma maior ênfase na participação da comunidade escolar na definição dos currículos e políticas educacionais.

Nesse contexto, o ensino de Física passou a ser mais contextualizado e interdisciplinar, buscando relacionar os conceitos físicos com problemas do cotidiano e questões sociais, ambientais e tecnológicas. Além disso, houve uma valorização crescente da experimentação e da investigação científica como estratégias de ensino, proporcionando aos alunos uma compreensão mais profunda e significativa dos fenômenos físicos (Araujo; Vianna, 2010).

Na esteira do que defendem Barbosa *et al.* (2017), entende-se que na sociedade contemporânea, os desafios enfrentados na prática pedagógica são crescentemente complexos. A necessidade de conectar os conteúdos de Física com os interesses e as demandas dos alunos, aliada ao compromisso com as mudanças técnico-científicas em curso, deve constituir o objeto central das pesquisas no campo didático.

Contudo, oportuna é a reflexão a seguir, formulada no contexto do ensino da Física na contemporaneidade:

“Julgo que é um erro ensinar Física sob um único enfoque, por mais atraente e moderno que seja. Por exemplo, Física somente sob a ótica da Física do cotidiano é uma distorção porque, em boa medida, aprender Física é justamente, libertar-se do dia a dia. De modo

semelhante, ensinar Física apenas sob a perspectiva histórica, também não me parece uma boa metodologia porque para adquirir/construir conhecimentos o ser humano normalmente, não precisa descobri-los, nem passar pelo processo histórico de sua construção. Tampouco o microcomputador será um bom recurso metodológico, se for usado com exclusividade, dispensando interação pessoal, a troca, ou negociação, de significados que é fundamental para um bom ensino de Física” (Moreira, 2000, p. 95)

Assim, o ensino de Física seguiu enfrentando desafios e oportunidades únicas. Com o avanço rápido da tecnologia e das ciências, há uma crescente demanda por uma abordagem mais dinâmica e contextualizada no ensino dessa disciplina. Os educadores buscam integrar os conceitos físicos com as experiências do cotidiano dos alunos, utilizando recursos como simulações computacionais, laboratórios virtuais e experimentos práticos para promover uma compreensão mais profunda e significativa dos fenômenos físicos. Além disso, a interdisciplinaridade tornou-se uma parte essencial do ensino da matéria, com ênfase na conexão com outras áreas do conhecimento. Nesse cenário, os professores de Física desempenham um papel fundamental na formação de cidadãos críticos e cientificamente alfabetizados, preparando-os para enfrentar os desafios e oportunidades do mundo moderno (Pacca; Villani, 2018).

2.2 O CENÁRIO ATUAL

No que tange à pesquisa em ensino de Física no Brasil, verifica-se a existência de um movimento bastante aquecido, caracterizado pela tradição que envolve a prática, bem como pelo volume de eventos voltados ao debate da temática e pela edição de periódicos específicos, destinados ao aprimoramento da atividade (Moreira, 2018).

Contudo, existem aspectos que reclamam encaminhamentos efetivos. Para Carvalho e Sasseron (2015), essa problemática guarda relação, entre outros, com o fato de o ensino de Física produzir alunos que, no futuro, lembram-se dos conteúdos ensinados, sem que tal lembrança garanta o devido e consistente aprendizado da disciplina.

Com amparo em Moreira (2017), pode-se afirmar que o ensino de Física praticado no Brasil permanece estacionado no século XIX. Reflete o autor que, não obstante diversas pesquisas indicarem problemas na formação desejada para o ser

social da atualidade, no contexto do aprendizado de Física, as práticas docentes implementadas fortalecem o enraizamento de um modelo que se restringe à transmissão de informação, memorização e matematização.

Ao estabelecer-se um resgate histórico em torno do ensino da Física e da pesquisa científica no país, verifica-se que até o final do século XVIII, o Brasil não apresentava produção científica consistente, o que ocorria em um cenário no qual eram valorizadas as ciências humanas, num claro reflexo da influência de estruturas curriculares europeias. É o que se abstrai da afirmação abaixo:

“Por certo, nos fins do século XVIII, face às necessidades decorrentes da evolução industrial a Alemanha criou um novo tipo de ensino secundário mais científico que literário, destinado ao preparo básico dos cidadãos que se dirigiam para as diversas carreiras profissionais. Essa influência alemã na escola brasileira trouxe um apreciável desenvolvimento dos estudos científicos evidenciando, no campo da Física, a necessidade de experiências e demonstrações práticas dos princípios estudados. Promovendo assim a observação e a formulação de hipóteses por parte dos alunos, o ensino da Física deu um grande passo na direção de uma metodologia científica legítima, mas ainda incompleta. Ao que consta, os experimentos eram demonstrativos, ilustrativos da teoria, manipulados pelo professor, sem o manuseio e a participação direta do aluno. Entretanto, a reforma baseada nas “*realschulen*” não durou muito tempo, devido à falta de livros adequados às lições, ao despreparo dos professores, à densidade de conteúdo dos cursos e razões de ordem social e econômica. [...] Em 1862, foi extinto o curso especial e reorganizado o curso único de sete anos destinado a conduzir aos estudos superiores, reduzindo mais uma vez o ensino de Física a noções gerais lecionadas apenas em duas aulas, uma no quinto e outra no sétimo ano. [...] Muitos brasileiros, imbuídos das ideias do positivismo, não economizaram loas à ciência, enfatizando sua força comteana de desenvolver a atitude crítica que resultaria na perfeição do espírito” (Almeida Junior, 1979, p. 55).

As alterações estabelecidas no sistema brasileiro sob inspiração do modelo europeu não se firmaram dada a inexistência de condições para as atividades práticas experimentais no processo de aprendizagem científica. Além disso, durante o período da República, as mudanças processadas no sistema de ensino, ainda que imbuídas da intenção de solidificar a formação discente, pouco contribuíram para tal, uma vez que excessiva era a quantidade de matérias a serem cursadas (Dias, 2021).

Retomando a problemática, Moreira (2018) acrescenta como sensíveis ao concreto ensino de Física aspectos relacionados à reduzida carga horária semanal, à

insuficiência de aulas práticas, à carência de professores e ao descaso praticado em relação à interdisciplinaridade e à transdisciplinaridade.

O requisito principal da compreensão humana, sob o ponto de vista de Toulmin (2022) é o domínio de conceitos. O autor defende que o conceito representa a essência do desenvolvimento cognitivo, na medida em que possibilita ao indivíduo a organização, a compreensão e a generalização das informações, medidas que caminham na direção da aprendizagem e da solução de problemas.

Por seu turno, Blumenberg (2013, p. 38) assevera que o conceito “constitui um produto da razão, se não é exatamente o seu triunfo”, acrescentado ser tal êxito sobre a percepção e os sentidos. Com isso, favorece o bem-estar emocional, auxiliando na tomada de decisões mais rigorosas e na interlocução adequada com o mundo ao seu redor.

Os conceitos científicos compreendem ações e experimentações distintas, por parte de quem com eles estabelece contato e desenvolvem-se também de maneira diferente. Aliás, “a ausência de um sistema é a diferença psicológica principal que distingue os conceitos espontâneos dos conceitos científicos” (Vygotsky, 2009, p. 99).

Moreira (2017) chama atenção para o fato de que, a considerar o conceito como estrutura fundamental do conhecimento, a conceitualização pode ser entendida como o núcleo do desenvolvimento cognitivo. Diante desse ponto de vista, tem-se como evidente a relevância dos conceitos do processo de ensino e aprendizagem de Física. Contudo, importa destacar que as situações são as variáveis imprescindíveis ao sentido dos conceitos, uma vez que constituem o mecanismo por meio do qual a aprendizagem efetiva-se com propriedade. Por essa razão, elas devem ser apresentadas em níveis crescentes de complexidade, de modo que, inicialmente, sejam apresentadas ao discente situações de seu próprio entorno. Assim, desqualifica-se a introdução do ensino da Física por meio de situações que, sob a ótica dos alunos, representam estágios não visualizados por sua percepção, levando-os, destarte, a uma relação de significativo distanciamento da disciplina.

É importante perceber que

“no ensino da Física é mais importante dar atenção aos conceitos físicos do que as fórmulas. As fórmulas contêm conceitos. Não tem sentido decorar fórmulas sem entender os conceitos que as constituem” (Moreira, 2018, n.p.).

Em vista do cenário percebido,

“ensinar Física envolve mais do que desafiar as ideias prévias dos alunos e substituí-las por teorias mais consistentes do ponto de vista científico; é necessário que os estudantes vejam algum sentido no conjunto de teorizações, que compreendam a Física como uma forma diferente de pensar e falar sobre o mundo” (Carvalho e Sasseron, 2015, p. 250).

A consequência decorrente do formato com que a Física é ensinada atualmente no Brasil, com fulcro em Moreira (2018), é a formação de alunos desprovidos da predisposição para o aprendizado da disciplina, expectativa basilar de um processo de aprendizado significativo. A percepção da realidade revela, entre os educandos, um desânimo generalizado, que beira o desgosto.

Faz-se necessário, como expõem Solino, Ferraz e Sasseron (2015), refletir acerca do que é estabelecido tanto em documentos curriculares, quanto em pesquisas sobre a educação e o ensino de ciências, no sentido de que a aprendizagem científica não pode ser limitada à assimilação de conceitos, por parte dos alunos.

2.3 OS ELEMENTOS DO ENSINO DE FÍSICA

2.3.1 A Ciência

De plano, soa cabível mencionar que, etimologicamente, a palavra ciência decorre do latim *scientia*, que quer dizer conhecimento. Em contexto mais abrangente, a ciência refere-se ao conhecimento sistemático, seja prático ou teórico, sem, contudo, apresentar qualquer aspecto de precisão, o que se justifica pela dificuldade que envolve o conceito. Esse embaraço guarda relação com a diversidade e a complexidade dos campos do conhecimento, bem como com o desencontro percebido entre variadas definições que se apresentam, as quais, ao não convergirem para um ponto pacífico, geram um panorama de conceitos incompletos e restritivos (Pacheco; Martins-Pacheco, 2008).

Ratificando a natureza imprecisa do conceito de ciência, oportuna é a ponderação seguinte:

“O termo ciência em si mesmo é vago. Suas delimitações dependem não apenas de princípios epistemológicos, mas também de contingências históricas. Originalmente, a palavra “ciência” denotava qualquer forma de conhecimento sistemático, prático ou teórico” (Hansson, 2013, n.p.)¹.

Do magistério de Chassot (1993, p. 37), emerge a orientação de que ciência nada mais é que “uma linguagem para facilitar a nossa leitura de mundo”. Defende o autor que, como tal, deverá ser utilizada para embasar a descrição do mundo natural, promovendo a compreensão do próprio ser humano e do ambiente que o cerca.

Por sua vez, Kuhn (2011) entende a ciência na condição de uma atividade que valoriza o encaminhamento de soluções para situações problemáticas, com direcionamento paradigmático. Para o autor, a revolução da ciência é o grande vetor de criação de novas teorias, na medida em que a busca por novas informações origina novos conhecimentos, ao que destaca ser a criatividade uma postura inadequada para o cientista, que deve seguir um padrão procedimental e, assim, provocar uma revolução científica.

A natureza da ciência e a atividade científica apresentam, segundo Chibeni (2001), variantes diversas que, interligadas, originam o que o autor chama de visão comum da ciência, na qual é possível identificar alguns princípios que norteiam o substrato científico, conforme segue:

- a) a ciência inicia pela observação: a observação ocorre com a definição de um fenômeno ou objeto de estudo com potencial para investigação. Qualquer informação captada pelos sentidos, por certo, integra a observação, cuja precisão do resultado varia em função do cuidado com que foi realizada a análise;
- b) as observações são neutras: as mencionadas observações não precisam estar vinculadas a uma especulação antecipada, nem a qualquer parâmetro teórico. Sob esse entendimento, o cientista/observador deve assumir uma postura de completa isenção em relação às informações que já detém; e
- c) a indução: os tratados científicos constituem reflexos das observações processadas por meio de um procedimento que se espera direto e seguro. Essa técnica, identificada como indução, possibilita o estabelecimento de proposições

¹ O texto em língua estrangeira é: “The term “science” itself is vague. Its delimitation depends not only on epistemological principles but also on historical contingencies. Originally, the word “science” denoted any form of systematic knowledge, practical or theoretical.”

gerais a partir de proposições particulares. Ou seja, as leis científicas são formuladas com base em relatos observacionais. Quando o caminho para a definição do postulado é o inverso, com identificação de uma lei particular a partir da correspondente genérica, tem-se o processo da dedução.

O método hipotético-dedutivo, que consubstancia a ciência, é, segundo a Universidade Federal de Campina Grande (2018), composto pelas seguintes etapas: observação; questionamento, hipótese, experimento, verificação e previsão. Pontua a Universidade que cada uma dessas etapas precisa ser devidamente cumprida, de modo que o avanço para a fase posterior somente deve ocorrer se bem-sucedido o procedimento daquele estágio. Assim, para cada ciclo, são tecidas as considerações seguintes:

- a) a observação, como mencionado alhures, representa o princípio do processo científico;
- b) o questionamento reclama explicação e/ou solução, dando margem para a formulação das hipóteses;
- c) a hipótese representa as possibilidades capazes de explicar o fenômeno estudado, cabendo ao cientista a formulação de respostas vestibulares às indagações apresentadas na etapa anterior;
- d) o experimento é tido como o mais relevante estágio do método científico, no qual a ciência estabelece sua diferença em relação às outras atividades humanas. Sua função primordial é ratificar a hipótese, na perspectiva de qualificar a etapa anterior como confiável, descartável, ou ainda, encaminhá-la para uma elaboração mais apurada;
- e) a verificação indica a repetição do experimento, até então feito em única ocasião, com o escopo de obter os mesmos resultados. Essa etapa pode ser realizada diversas vezes, assim reforçando a validade do esclarecimento da hipótese; e
- f) a previsão orienta a submissão das hipóteses testadas a um critério de atemporalidade, no intuito de que o mesmo experimento possa ser verificado em qualquer tempo e lugar.

Feitas essas considerações, oportuna é a consideração a seguir exposta:

“A ciência é muito mais do que um corpo de conhecimento. É uma forma de pensar. Isso é central para o seu sucesso. A ciência nos convida a ficar com os fatos, mesmo quando eles não estão em conformidade com nossos conceitos. Ela nos aconselha a levantar

hipóteses alternativas em nossas cabeças e ver qual delas melhor corresponde aos fatos. Ela nos exorta a um balanço entre uma abertura sem barreias a novas ideias, mesmo heréticas, e a investigação cética mais rigorosa de tudo – novas ideias e sabedoria estabelecida. Nós precisamos de uma ampla valorização desse tipo de pensamento. Ele funciona. É uma ferramenta essencial para a democracia em uma era de mudanças. Nossa tarefa é não apenas treinar mais cientistas mas também aprofundar uma compreensão pública da ciência” (Sagan, 1990, p. 265)².

Na linha do que defende Chibeni (2001), é importante destacar que as teorias científicas não podem ser consideradas um amontoado de normas gerais. Pelo contrário, elas devem ser incrementadas com regramento metodológico, para fins de assimilação dos impactos e orientação quanto a estudos futuros, na perspectiva de seu aprimoramento.

Por fim, é importante destacar que, não obstante ter vivido o Brasil, nos últimos anos, um período de desvalorização da ciência, ela permanece sendo o mecanismo de conhecimento mais qualificado para garantir à população a condução mais adequada no trato com questões cotidianas cada vez mais complexas (Weisz, 2023).

2.3.2 O Conhecimento Científico

O conhecimento científico é tema com presença destacada no debate educacional. Além de oferecer uma estrutura sistemática que possibilita a investigação, a análise e a interpretação de fenômenos naturais e processos complexos, ele permite o estabelecimento de hipóteses, modelos e teorias explicativas, fundamentais ao seu avanço. Sua relevância é confirmada, inclusive, por organismos internacionais, como se depreende do posicionamento explicitado a seguir:

“Para que um país tenha a capacidade de atender às necessidades básicas de sua população, a educação em ciência e tecnologia é um

² O texto em língua estrangeira é: “Science is much more than a body of knowledge. It is a way of thinking. This is central to its success. Science invites us to let the facts in, even when they don't conform to our preconceptions. It counsels us to carry alternative hypotheses in our heads and see which best match the facts. It urges on us a fine balance between no-holds-barred openness to new ideas, however heretical, and the most rigorous skeptical scrutiny of everything -- new ideas and established wisdom. We need wide appreciation of this kind of thinking. It works. It's an essential tool for a democracy in an age of change. Our task is not just to train more scientists but also to deepen public understanding of science.”

imperativo estratégico. Como parte dessa educação, os estudantes devem aprender a solucionar problemas específicos e a tratar das necessidades da sociedade através do uso de conhecimentos e técnicas científicas e tecnológicas” (Unesco, 2003, p. 20).

Inserido num contexto de crescente demanda no mundo contemporâneo, o conhecimento científico é fundamental às mais diversas ações cotidianas. A era da informação, em cujo seio o mundo conduz sua evolução, é responsável por um robusto volume de dados que se apresentam, diariamente, às populações, razão pela qual o domínio desse conhecimento faz-se tão importante (Mueller, 2002).

É nesse contexto que a necessidade do conhecimento científico adquire significância, com vistas a evitar o chamado analfabetismo científico. Este, na definição de Chassot (2003, p. 91), corresponde à “ignorância sobre os conhecimentos mais básicos de ciência e tecnologia que qualquer pessoa precisa ter para sobreviver razoavelmente em uma sociedade moderna”.

Na intelecção de Gomes (2000), o conhecimento científico é caracterizado por ser real, contingente, sistemático, falível, verificável e aproximadamente exato, diferindo dos demais conhecimentos (popular, filosófico e religioso), no tocante à utilização de um método e olhar crítico.

Atualmente, é corrente na pauta educacional brasileira a utilização das terminologias alfabetização científica e letramento científico, como consequência da preocupação crescente com a educação científica não apenas de crianças em idade escolar, como também de adultos já escolarizados (Bertoldi, 2020).

Pauta corriqueira nos debates educacionais, a Alfabetização Científica tem-se firmado como objetivo significativo da educação científica, seja em espaços formais, seja em campos informais de aprendizagem. A preocupação observada é formar cidadãos preparados à tomada de decisões que se relacionem, de alguma maneira, com elementos de ciência e tecnologia (Magalhães; Silva; Gonçalves, 2012).

Com base em Hazen e Trefil (1995), pode-se compreender a alfabetização científica como a posse, pelos alunos, de conceitos científicos básicos, a fim de que possam participar de debates envolvendo conceitos científicos. Acerca dessa perspectiva, Paula e Lima (2007) advertem que para satisfação da demanda fundamental de conhecimento, bastaria a compreensão de alguns termos científicos, sem a necessidade do respectivo aprofundamento. Acrescentam que a opção por

essa postura caracteriza uma construção desprovida da capacidade de interpretação dos fenômenos sociais e naturais.

Cunha (2017) aprofunda a discussão e estabelece aspectos que colocam os conceitos de alfabetização científica e letramento científico em posições distintas. De acordo com o autor, a alfabetização consiste em uma ação mais tópica, direcionada a um analfabeto, ao passo que o letramento reflete uma medida de cunho social e permanente, sem mostrar-se relacionada a alguém iletrado.

Ratificando esse posicionamento, tem-se que é

“possível entender a alfabetização como uma etapa do letramento. Ser letrado implica ser alfabetizado; ser alfabetizado, no entanto, não é sinônimo de ser letrado. Enquanto o oposto da alfabetização é o analfabetismo, o letramento não pode ser dividido em pares opostos” (Bertoldi, 2020, p. 3).

Sem a pretensão de elucidar a questão conceitual que envolve as terminologias em questão, até mesmo pelo distanciamento que tal debate guarda em relação ao presente estudo, entende-se oportuno o posicionamento adotado por Soares (2017), para quem a alfabetização é uma metodologia que se relaciona com a codificação da língua e a conseqüente decodificação. Por seu turno, o letramento refere-se à condição ou estado da pessoa que, além de ler e escrever, desenvolve envolvimento com práticas sociais que reclamam a utilização da escrita.

Em essência, a educação científica consiste num processo que persegue o objetivo de formar sujeitos questionadores, com capacidade para construir seu conhecimento científico e, por via de conseqüência, potencializar a pesquisa, independentemente do nível de formação. Sob essa perspectiva, oportuno é analisar o esclarecimento seguinte:

“Educação científica é vista como uma das habilidades do século XXI, por ser este século marcado pela sociedade intensiva de conhecimento, sendo apreciada como referência fundamental de toda a trajetória de estudos básicos e superiores, com realce fundamental a tipos diversificados de ensino médio e técnico” (Demo, 2010, p. 15).

Com vistas a robustecer a discussão em torno da formação científica, Silva e Sasseron (2021) expõem premissas e proposições capazes de colaborar, sob um contexto contemporâneo, com a avaliação da demanda relacionada ao conhecimento científico. Defendem, como premissas, a existência simultânea e complementar de

visões distintas de alfabetização científica; o reconhecimento das ciências naturais como objeto de pesquisa da humanidade, na perspectiva da transformação social; e a compreensão do ensino/aprendizagem de ciências como ação social que fomenta, entre a classe discente, o contato com variadas expressões da atividade científica. Entre as proposições formuladas, as autoras destacam a exploração dos domínios do conhecimento científico como condição para o progresso da alfabetização científica, com vistas à transformação social, bem como o entendimento preciso sobre a natureza das ciências e os fatores que as influenciam.

3 A IMPORTÂNCIA DO EXPERIMENTO NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM DE FÍSICA: UM OLHAR SOBRE A CONDUÇÃO DE CALOR

3.1 IMPACTO DA EXPERIMENTAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE HABILIDADES COGNITIVAS

A eficácia do processo de ensino é influenciada pelo desempenho do professor, que, de maneira estruturada, planeja e conduz suas aulas integrando objetivos, conteúdos e métodos. O docente, ao orientar e motivar o processo de ensino centrado na aprendizagem dos alunos, emprega conscientemente uma série de ações, etapas, contextos externos e abordagens, que materializam os seus métodos de ensino (Libâneo, 2011).

À luz do que defendem Laború, Arruda e Nardi (2003), os alunos apresentam uma ampla gama de preferências, motivações, capacidades cognitivas, ritmos de aprendizagem, níveis de persistência e experiências prévias. Diante dessa diversidade, torna-se especialmente necessário questionar a utilização de uma abordagem única no ensino, na medida em que os educandos apresentam reações distintas às práticas adotadas pelos docentes.

De acordo com Laború, Barros e Silva (2011), diversificar os métodos de ensino pode ser uma estratégia eficaz para lidar com essa questão. Os autores identificam diferentes padrões motivacionais de aprendizagem na ciência, com destaque para os executores, curiosos, cumpridores de tarefas e sociais. Os executores não demonstram preferência específica. Os curiosos aprenderão por meio de livros e descobertas, além de se envolverem em mais atividades práticas. Os cumpridores de tarefas têm preferência por um ensino mais tradicional, com experimentos guiados por instruções. E os padrões sociais mostram-se inclinados a atividades em grupo.

A diversidade cultural, estilos de aprendizagem e bagagens de vida presentes entre os estudantes também são observados entre os professores, incluindo as diferentes perspectivas da cultura científica. Portanto, não convém considerar uma abordagem metodológica definitiva e aplicável universalmente, pois não existem verdades pedagógicas únicas que se apliquem a todos os indivíduos. Na prática, fica claro que não há métodos que sejam eficazes para todos os alunos em uma sala de

aula. Afinal, a aprendizagem é influenciada por diversos fatores, os quais também estão relacionados à idade dos estudantes. Dessa forma, as escolhas metodológicas do professor dependem de quem ele deseja alcançar dentro da sala de aula (Laburú; Arruda; Nardi, 2003).

A aprendizagem significativa é, sob essa intelecção, destacada como um processo em que uma nova informação ou conhecimento conecta-se de forma não arbitrária e substancial à estrutura cognitiva do aprendiz. Quando o aluno consegue estabelecer essa conexão entre a nova informação e seu conhecimento prévio em áreas relacionadas, ele está atribuindo significados pessoais a essa informação. Na aprendizagem significativa, o aluno domina a habilidade de transferir o conhecimento adquirido e aplicá-lo em contextos diferentes daqueles em que ocorreu o aprendizado (Tavares, 2008).

Desse modo, entende-se que

“A essência do processo da aprendizagem significativa está, portanto, no relacionamento não-arbitrário e substantivo de ideias simbolicamente expressas a algum aspecto relevante da estrutura de conhecimento do sujeito, isto é, a algum conceito ou proposição que já lhe é significativo e adequado para interagir com a nova informação. É desta interação que emergem, para o aprendiz, os significados dos materiais potencialmente significativos. É também nesta interação que o conhecimento prévio se modifica pela aquisição de novos significados” (Moreira, 2011, p. 2).

Com fulcro na teoria da Epistemologia Genética de Piaget, pode-se comprovar a aprendizagem significativa. De acordo com essa teoria, a aprendizagem ocorre por meio da reestruturação cognitiva, que resulta do equilíbrio dessa estrutura após um confronto com situações que desafiam os esquemas mentais existentes. À medida que o indivíduo desenvolve e equilibra novos esquemas de assimilação, isso o leva a adaptar-se a novas situações, o que equivale a adquirir novos conhecimentos (Piaget, 1969).

Ao debruçar-se sobre a aprendizagem ativa, Wommer *et al.* (2020) propõem classificá-la a partir de 02 (dois) critérios: indivíduos envolvidos e métodos utilizados. Sob o primeiro parâmetro adotado, a aprendizagem pode constituir-se como exclusiva ou global. É exclusiva quando se volta a um único indivíduo, isolado dos demais alunos e que mantém contato somente com o professor, razão pela qual desenvolve a possibilidade de criação mental e oral das hipóteses às situações que lhe são

apresentadas. Por outro lado, é global quando se considera essencial a interlocução entre os alunos, fomentando-lhes a cooperação no exercício das ações propostas. A Figura 1, a seguir apresentada, espelha essa categorização.

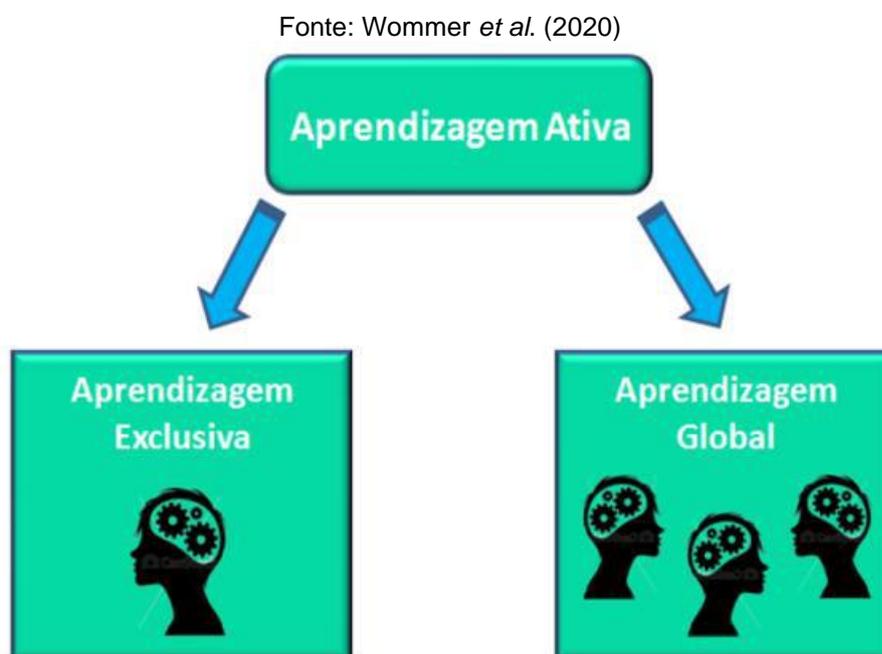


Figura 1 – Aprendizagem Ativa, segundo os indivíduos envolvidos

Em relação à metodologia adotada, Wommer *et al.* (2020) divide a aprendizagem ativa em contexto potencial e contexto investigativo. O primeiro é subdividido em falado e escrito, enquanto o investigativo assume duas possibilidades: observacional e experimental.

O contexto potencial, segundo Wommer *et al.* (2020), envolve práticas educativas focadas na contextualização teórica, que valoriza o aspecto conceitual e incentiva a compreensão discente em função de seu envolvimento oral e escrito. Essa categoria fragmenta-se em dois grupos, identificados como falado e escrito. O tipo falado encontra na oralidade o principal veículo de ensino ativo, fomentando o envolvimento dos educandos por meio da expressão oral de suas opiniões. Já a espécie escrita é estabelecida sobre a grafia, por meio da qual é hipotecada ao aluno a possibilidade de compreensão ativa acerca do fenômeno em questão por meio de sua opinião escrita.

No contexto investigativo, ainda conforme Wommer *et al.* (2020), são contemplados procedimentos que valorizam o desenvolvimento de competências práticas e empíricas. Esse grupo apresenta duas classificações: observacional e

experimental. A categoria observacional inclui atividades que abarcam o aluno, possibilitando-lhe a observação das ações implementadas e eventuais questionamentos sem, no entanto, ter contato físico com o experimento realizado. Por sua vez, a classe experimental abrange atividades desenvolvidas sob a responsabilidade do educando, mediante total comprometimento deste com o experimento implementado.

A Figura 2 demonstra essa categorização, conforme segue:

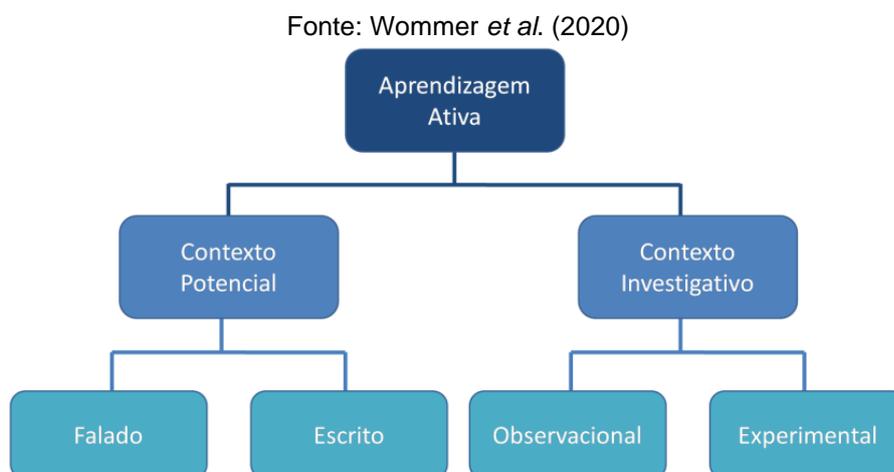


Figura 2 - Aprendizagem Ativa, segundo metodologia utilizada

Com o fito de estabelecer uma catalogação das atividades práticas relacionadas às ciências, Campos e Nigro (1999) apresentam a seguinte proposta:

- a) demonstrações práticas: ações efetuadas pelo docente, que se comporta como soberano do procedimento, sem que seja dada ao aluno a possibilidade de intervenção;
- b) atividades ilustrativas: ações facultadas ao discente, apresentando as mesmas funções de uma demonstração prática;
- c) atividades descritivas: ações que dispensam a direção docente, sendo materializadas a partir contato dos alunos com fenômenos carentes de apuração;
- d) atividades investigativas: ações que contemplam o debate de ideias e a formulação de hipóteses, desenvolvidas com a finalidade de estimular, entre os alunos, a avaliação crítica.

O ensino construtivista, na leitura de Suart e Marcondes (2009), é caracterizado pela ativa participação do educando no processo de edificação do conhecimento, assim gerando, em seu favor, o desenvolvimento de habilidades cognitivas. Por meio

destas, capacita-se o aluno a encaminhar soluções para as situações problemáticas que lhe forem apresentadas. Logo, verifica-se que a adoção de atividades experimentais como método de ensino é vetor de promoção dessas habilidades.

Na condição de capacidades mentais que permitem analisar, compreender, reter e utilizar informações, as habilidades cognitivas, conforme magistério de Zoller (1993), podem ser agrupadas em duas categorias, quais sejam:

- a) habilidades cognitivas de baixa ordem: apresentam características associadas à aplicação de conhecimento de forma memorizada e regida por conceitos preestabelecidos. Essas habilidades podem ser ligadas ao uso de itinerários pré-definidos, nos quais os alunos simplesmente coletam dados sem liberdade para sugerir, levantar hipóteses, exportar, comparar ideias ou fazer análises críticas; e
- b) habilidades cognitivas de ordem alta: referem-se a competências acionadas durante um processo de investigação que demanda análise, tomada de decisões e o desenvolvimento de pensamento crítico e reflexivo.

3.2 VANTAGENS DO USO DE EXPERIMENTO

O desenvolvimento de experimentos no processo de ensino de Física é um recurso valioso, na medida em que valida teorias, confirma hipóteses e aprimora o conhecimento sobre leis fundamentais que explicam o funcionamento do Universo (Jardim; Guerra, 2017).

Ao traçar-se observações conceituais sobre o tema, verifica-se que o experimento

“constitui um artifício didático que não é proposto com o intuito de motivar, imitar ou mostrar como se produz conhecimento científico, mas que representa, na verdade, uma estratégia, para favorecer o aprendizado, estratégia essa que fica principalmente a cargo do aluno” (Espinoza, 2010, p. 83).

Para Mota e Cavalcanti (2012), as atividades experimentais implementadas no contexto escolar devem estimular os alunos a assumirem postura ativa e curiosa, com o intuito de analisar criticamente a realidade em que vivem. Corroboram essa percepção Malacarne e Strieder (2009), quando defendem ter a experimentação o

poder de envolver o aluno mais ativamente no contexto da aula, favorecendo assim sua aprendizagem.

Segundo Oliveira (2010), a experimentação no ensino de Ciências Naturais, quando considerada em seus aspectos positivos e negativos, pode promover a aprendizagem de conceitos, habilidades e atitudes, o que é fundamental para o progresso educacional. Seguindo a mesma linha de raciocínio, Moreira e Atx (1991) destacam a relevância da experimentação por entendê-la como elo de aproximação entre o ensino de Ciências Naturais e as práticas científicas, facilitando a aquisição de conhecimento e o desenvolvimento intelectual dos alunos.

Nessa perspectiva de entendimento, Raicik (2019) acrescenta que a atividade experimental não se limita a espelhar ou descaracterizar um dado teórico, podendo servir como fundamento para outros saberes, vetor de identificação de novos fenômenos e veículo de respaldo para outras teorias, entre outros.

Aqui, mais uma vez recorre-se a Toulmin (2022), para quem o segredo da compreensão humana reside na percepção dos conceitos, sendo a compreensão consequência do domínio de conceitos, os quais conferem essência ao desenvolvimento cognitivo.

Por analogia, entende-se ser importante no ensino da Física conferir mais atenção aos conceitos físicos do que às equações, até porque estas contêm os conceitos, não fazendo sentido memorizá-las de modo desvinculado dos seus respectivos significados conceituais (Moreira, 2021).

A demanda por experimentos que atestem os modelos teóricos representa, na inteligência de Heidemann (2016), uma atividade que caracteriza o desenvolvimento da Física. Talvez por essa razão, as atividades práticas têm recebido, por parte de pesquisadores, atenção particular, a ponto de serem caracterizadas como parte indivisível do ensino de Física.

Nesse sentido, oportuna é a manifestação a seguir espelhada:

“As atividades investigativas possibilitam que professor e aluno alcancem uma vasta gama de objetivos educacionais, uma vez que o caminho tomado pela atividade dependerá do percurso traçado durante os questionamentos do professor, sendo necessário um envolvimento do professor, do aluno, bem como o desenvolvimento da capacidade de reflexão, abstração, generalização, síntese e senso crítico” (Wesendonk; Prado, 2015, p. 55).

Conforme entendimento de Oliveira *et al.* (2022), é pacífica, entre professores da rede básica, a percepção de que as atividades experimentais são importantes no processo de ensino e aprendizagem dos alunos. Diante dessa observação, as escolas particulares incluíram em suas propostas pedagógicas aulas de laboratório de Física, levadas a efeito, quase sempre com o devido aparato de instrumentos e equipamentos. No entanto, a realidade nas escolas públicas é oposta, onde são raros os laboratórios ou, quando existentes, mostram-se desprovidos de recursos humanos habilitados a operá-los e materiais imprescindíveis ao seu uso.

Temática corrente nas pesquisas relacionadas ao ensino de Física, a utilização de atividades experimentais é, na leitura de Pena e Ribeiro Filho (2009), obstaculizada por 03 (três) fatores principais, quais sejam: insuficiência de pesquisas sobre o efetivo aprendizado dos alunos por meio de experimentos realizados, falta de habilidade do docente na condução de ações experimentais e inexistência de condições adequadas para a execução de atividades dessa natureza.

Por seu turno, Chagas e Martins (2009), debruçando-se sobre os mesmos obstáculos, indicam 04 (quatro) elementos dificultadores da realização de práticas experimentais no ensino de Física. São eles: inexistência de material, quantidade excessiva de alunos, manutenção deficiente nos equipamentos e redução de carga horária.

Sob a mesma análise, Laburu, Barros e Kanbach (2007) atestam que a insuficiência de atividades experimentais no ensino de Física é consequência da visão deturpada que parte dos professores desenvolve em relação ao ofício que desempenham, vendo-o como emprego e não como vocação.

Alternativa tida por eficaz na solução da questão retro é o investimento em formação continuada dos professores de Física. Acerca dessa prática, convém refletir sobre o pensamento defendido por Rossi e Hunger (2013, p.13), conforme segue:

[...] a formação continuada se justifica necessariamente como uma dimensão que contribui para modificar a profissionalização do professor, bem como desenvolver domínios que necessariamente fazem melhorar a sua qualificação, como também pode atuar no diagnóstico de possíveis problemas concretos relacionados ao ensino.

Para transformar a percepção de professores de Física que veem o ofício apenas como um emprego e não como uma vocação, é fundamental investir em formação continuada e desenvolvimento profissional que foque na paixão pelo ensino

e na relevância da Física no cotidiano. Incentivar a participação em comunidades de prática, conferências e workshops pode reavivar o entusiasmo pelo campo. Ademais, criar um ambiente escolar que valorize e reconheça o impacto dos professores pode reforçar a importância do papel educacional e inspirar uma abordagem mais vocacional. Promover projetos interdisciplinares que conectem a Física com problemas reais e contemporâneos também pode ajudar a mostrar o valor e a importância do ensino dessa disciplina.

Em se tratando de laboratórios de ciência, onde são executadas as atividades experimentais, pertinente é a seguinte observação:

“O laboratório de ciências pode ser um componente importante para a criação de um ambiente de aprendizagem que contribua para alcançarmos algumas dessas metas curriculares. Porém a forma como as atividades laboratoriais são usualmente estruturadas, com o abuso de roteiros detalhados tipo receita, impede que possam contribuir para isso” (Borges; Gomes, 2005, p. 73).

Acerca da relevância, entre os estudantes, dos experimentos didáticos no processo de aprendizagem de Física, Moraes e Silva Júnior (2014) destacam que os alunos, quando buscam novas descobertas, questionam sobre variados temas e, assim, fortalecem a aprendizagem. Destacam, ainda, os autores que é por meio das atividades práticas que os alunos apropriam-se de novas informações, em circunstâncias que lhe são agradáveis, em vista da natureza prática do contato estabelecido.

Percebe-se um considerável volume de literatura que ratifica a importância das atividades experimentais no ensino. Contudo, essa mesma fonte

“coloca a necessidade de ponderar que a experimentação em si não constitui uma estratégia de ensino privilegiada, capaz de resolver os problemas de aprendizagem. É necessário considerar a forma como se utiliza a experimentação, de modo a aproveitar o potencial desta estratégia para colocar o estudante como sujeito ativo de sua aprendizagem” (Alves; Moraes; Santos, 2023, p. 2).

Pereira, Heidemann e Veit (2021) apontam a memorização dissociada do significado como obstáculo à operacionalização do conhecimento científico. Asseveram, ainda, que essa prática, presente nos dias atuais, é consequência,

sobretudo, do modo desvinculado com que teoria e prática são, tradicionalmente, abordadas nos curso de Física.

A análise do papel desempenhado pelas atividades experimentais, amplamente exploradas nas últimas décadas, revela uma rica gama de abordagens e usos dessa estratégia de ensino em Física. Essas atividades podem variar desde a simples seleção de leis e teorias até situações que incentivam os alunos à reflexão e revisão de suas concepções sobre as particularidades e conceitos treinados. Possibilita-lhes, assim, alcançar um nível de aprendizado que os capacite a reestruturar suas percepções sobre as teorias estudadas (Araújo; Abib, 2003).

3.3 A FUNÇÃO DA EXPERIMENTAÇÃO E O ENSINO DE FÍSICA

Na essência, a Física transita no campo da lógica matemática, o que lhe imputa, em não raras ocasiões, um certo grau de temor, em vista da complexidade dos cálculos matemáticos envolvidos. Contudo, em que pese a porção lógica presente na disciplina, observa-se, em variadas ocasiões, uma tendência à matematização do ensino da disciplina, em detrimento da real compreensão do contexto físico (Karam; Pietrocola, 2009).

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), a abordagem da Física é voltada à promoção de uma compreensão ampla e integrada dos conceitos científicos, destacando a inserção dos conteúdos, a interdisciplinaridade e a forma como os conteúdos respectivos relacionam-se com o cotidiano dos alunos. As mencionadas diretrizes curriculares ressaltam a importância da discussão dos princípios elementares da Física sob a perspectiva de situações-problema, experimentos práticos e ações investigativas, com o objetivo de transmitir conhecimentos e desenvolver o pensamento crítico, a curiosidade científica e a expertise necessária à resolução de problemas. Ademais, os PCN defendem uma abordagem mais reflexiva e participativa no ensino de Física, promovendo o diálogo entre os alunos, o uso de tecnologias educacionais e a valorização das diferentes formas de conhecimento e representação (Medeiros; Loos, 2017).

Analisando os PCN, verifica-se que a Física é elemento presente em seu conteúdo, com previsão nos objetivos gerais do documento, conforme segue:

- compreender a natureza como um todo dinâmico e o ser humano, em sociedade, como agente de transformações do mundo em que vive, em relação essencial com os demais seres vivos e outros componentes do ambiente;
- compreender a Ciência como um processo de produção de conhecimento e uma atividade humana, histórica, associada a aspectos de ordem social, econômica, política e cultural;
- identificar relações entre conhecimento científico, produção de tecnologia e condições de vida, no mundo de hoje e em sua evolução histórica, e compreender a tecnologia como meio para suprir necessidades humanas, sabendo elaborar juízo sobre riscos e benefícios das práticas científico-tecnológicas;
- compreender a saúde pessoal, social e ambiental como bens individuais e coletivos que devem ser promovidos pela ação de diferentes agentes;
- formular questões, diagnosticar e propor soluções para problemas reais a partir de elementos das Ciências Naturais, colocando em prática conceitos, procedimentos e atitudes desenvolvidos no aprendizado escolar;
- saber utilizar conceitos científicos básicos, associados a energia, matéria, transformação, espaço, tempo, sistema, equilíbrio e vida;
- saber combinar leituras, observações, experimentações e registros para coleta, comparação entre explicações, organização, comunicação e discussão de fatos e informações;
- valorizar o trabalho em grupo, sendo capaz de ação crítica e cooperativa para a construção coletiva do conhecimento (Brasil, 1998, p. 33).

Outrossim, observa-se que o tema também é contemplado nos objetivos específicos para o terceiro e quarto ciclo do Ensino Fundamental, os quais são segmentados em 04 (quatro) eixos temáticos, a saber: terra e universo, vida e ambiente, ser humano e saúde e tecnologia e saúde (Brasil, 1998).

De acordo com Laburú (2005), o processo de escolha dos experimentos adotados nas aulas de Física pode ser categorizado em 04 (quatro) grupos, assim identificados: motivacional, funcional, instrucional e epistemológico. Cada um desses perfis apresenta peculiaridades relacionadas à seleção da prática experimental adotada.

A categoria denominada motivacional mostra-se vinculada à motivação intrínseca da atividade prática, ou seja, apresenta foco integralmente voltado ao aluno. Envolve propostas experimentais que despertam a atenção dos alunos, seja pelo aspecto atrativo ou pela curiosidade e entusiasmo que ela desperta (Guimarães, 2001).

Para ser interessante, é razoável que o experimento possua elementos ligados à tecnologia e ao cotidiano, com a finalidade de que a atividade prática seja veículo de utilidade para o discente, num contraponto às atividades exclusivamente acadêmicas e distanciadas da vida diária. Nesse sentido, oportuno é o pensamento de Cardoso e Colinvaux (2000), para quem a existência de alunos desmotivados é

consequência de desvios cognitivos e da ausência de articulação entre os temas escolares e o cotidiano dos alunos.

A categoria funcional privilegia as características físicas e práticas da atividade experimental, com o objetivo de simplificar o processo tanto para o docente, quanto para o educando. Nessa priorização, são contempladas a escolha de experimentos simples, sem a necessidade de manuseio complexo de equipamentos, e a montagem da estrutura necessária, com particular atenção à segurança. Ao professor interessam a redução de tempo para montagem da atividade, a facilidade de acesso aos materiais necessários e a minimização dos custos envolvidos (Laburú, 2005).

Em relação ao aspecto temporal, Barros e Dias (2019) ressaltam que o planejamento adequado do experimento é condição básica para garantir a sua simplificação, com vistas a excluir etapas menos importantes, sem a necessidade de interferências matemáticas.

A questão do planejamento também é objeto de análise realizada por Oliveira *et al.* (2015), que entende a referida etapa do experimento como portadora da possibilidade de desenvolvimento de algumas habilidades específicas em cada sessão, sem a pretensa obtenção de diversos objetivos numa mesma aula laboratorial.

A terceira categoria – instrucional – mostra-se concentrada nas orientações ligadas ao ensino e à aprendizagem. Sob essa perspectiva, entende-se que a prática experimental não só favorece, entre os alunos, a compreensão de conceitos físicos, como também impulsiona a aprendizagem ativa, que se caracteriza pelo desenvolvimento do raciocínio lógico, comunicação, trabalho em grupo e capacidade de iniciativa (Hofstein; Luneta, 2003).

Discorrendo-se sobre a junção do ensino com a aprendizagem, vale registrar que

“A abordagem da ciência por meio de experimentos didáticos tem uma grande importância na aprendizagem dos estudantes, pois é na prática, motivados por sua curiosidade, que os alunos buscam novas descobertas, questionam sobre diversos assuntos, e o mais importante, proporciona uma aprendizagem mais significativa. Tendo em vista que nos experimentos os conhecimentos prévios dos alunos, sendo levados em consideração, podem auxiliá-los bastante para a apreensão de novos conhecimentos. E isso sendo feito de forma prática, algo que atrai geralmente os alunos” (Moraes; Silva Junior, 2014, p. 62).

A categoria Epistemológica valoriza o significado do relacionamento entre teoria e prática na construção do conhecimento, especialmente em conteúdos como o de Física. Ela destaca a importância de atividades experimentais que comprovem a aplicação de teorias e leis, por meio de uma conexão entre o empírico e o teórico. Além disso, coloca a evidência na condição de comprovação das ideias propostas, consolidando-se na confirmação do conhecimento científico (Laburú, 2005).

Sob esse contexto, válida é a leitura de Massoni e Moreira (2014), segundo a qual é fundamental inserir a discussão epistemológica nas aulas de Física. Tal prática torna o ensino científico mais reflexivo, estimulando, entre os educandos, a abordagem de aspectos técnicos e científicos do cotidiano, além de estimular a tomada de atitudes e pensamentos em consonância com os princípios científicos adotados na prática.

É importante registrar a existência de duas situações observadas a partir da categorização estabelecida em relação aos experimentos práticos. A primeira refere-se à própria separação em classes das atividades experimentais, a partir da escolha realizada, que reflete uma questão de estratégia analítica. As categorias motivacional, instrucional e epistemológica possuem origem instrucional, o que lhes estabelece um elo, enquanto a categoria funcional assume posição insulada, posto que fundamentada em questões de natureza pragmática. A segunda situação percebida guarda relação com a dificuldade frequentemente encontrada na interpretação da linguagem utilizada, a fim de classificá-la em uma categoria. Isso ocorre devido às diversas designações atribuídas às palavras utilizadas, muitas das quais transcendem a categoria específica e se estendem a outras, dependendo do contexto em que são empregadas (Laburú, 2005).

3.4 TIPOS E MODALIDADES DE ENSINO EXPERIMENTAL

Na literatura específica acerca da experimentação no ensino de Ciências, conforme apontado por Malheiro (2016), observa-se uma profusão de tipos para os procedimentos experimentais que, para muitos pesquisadores, apresentam alto valor no despertar de alunos.

Nesse sentido, entende-se pertinente a tipificação estabelecida por Taha *et al.* (2016), para quem os experimentos podem ser classificados nas seguintes modalidades:

- a) experimentação show: ocorre quando o experimento é utilizado para atrair a atenção do aluno para o ensinamento em si (Gonçalves; Galiuzzi, 2006);
- b) experimentação ilustrativa: Giordan (1999) define essa experimentação como sendo a que, em geral, é utilizada para atestar conhecimentos já discutidos;
- c) experimentação investigativa: efetua o levantamento do problema, levanta hipóteses, faz o experimento para testar as hipóteses e ordena os resultados, para fins de estabelecimento da conclusão (Hofstein; Lunetta, 2003);
- d) experimentação problematizadora: tem sua condução fundamentada na pedagogia problematizadora que, na lição de Freire (2005, p. 67), “o professor deve suscitar nos estudantes o espírito crítico, a curiosidade, a não aceitação do conhecimento simplesmente transferido”.

3.5 A CONDUÇÃO DE CALOR: UMA PERSPECTIVA DE ENSINO

Tema de inegável relevância na Física, a condução de calor é elemento fundamental para a compreensão de fenômenos naturais e, conseqüentemente, de diversas tecnologias modernas. A aprendizagem dos conceitos relacionados à temática exige de educadores o desenvolvimento de estratégias capazes de transmitir o conteúdo teórico e fomentar a aplicação prática e a resolução de problemas (Amorim *et al.*, 2018).

3.5.1 Pesquisa em Ensino de Física sobre Condução de Calor

3.5.1.1 Experimentos Didáticos e Simulações

Os experimentos didáticos representam uma ferramenta importante no ensino de Física. Yamazaki e Yamazaki (2014) discutem como esse recurso pode aprimorar a compreensão dos alunos em relação ao ensino de Física, destacando a relevância de uma abordagem prática destinada a complementar a aprendizagem teórica. Segundo os autores, a implementação de experimentos físicos confere aos discentes

a visualização de conceitos teóricos, bem como o desenvolvimento de habilidades cognitivas e investigativas, necessárias à formação de um entendimento eficaz dos respectivos conceitos.

Discorrendo sobre estratégias a serem adotadas no ensino de ciências, Souza (2019a, p. 19) aponta

“ferramentas que o próprio professor, junto com os estudantes, possa elaborar os seus materiais didáticos. Estes podem ser criados a partir da construção de modelos de simulação, os quais permitam que os aprendizes possam, por meio da representação de conhecimentos, ser inseridos como protagonistas no processo de aprendizagem. Os modelos possibilitam representações abstratas dos sistemas físicos e naturais, mostrando as relações de causalidade e previsão de possíveis resultados”.

A combinação de experimentos didáticos com simulações computacionais, ao enriquecer a experiência de aprendizado dos estudantes, coloca-os no centro do processo educativo. Afinal, ao serem integrados à diversidade de recursos didáticos, os alunos desenvolvem um entendimento mais profundo dos conceitos físicos. Outrossim, a prática estimula a autonomia e o pensamento crítico, habilidades tidas por fundamentais na construção do conhecimento (Andrade; Viveiro; D’Abreu, 2024).

3.5.1.2 Abordagens Contextualizadas

A contextualização é uma estratégia pedagógica que relaciona o conteúdo acadêmico ao cotidiano dos alunos. Em relação ao ensino de Física, Schivani (2014, p. 52) faz a seguinte observação:

“De maneira geral, o que se verifica no ensino de física não é a busca por resolução de “problemas verdadeiros”, mas sim, exercícios de aplicação da teoria calcados na busca de uma conexão entre dados e incógnitas. Todavia, essa prática não pode ser marginalizada e colocada como irrelevante, é através dela que o estudante desenvolve e consolida habilidades, tal prática possibilita “familiarizar os estudantes com uma nova linguagem, com procedimentos matemáticos e com formas de raciocínio típicos da profissão” (grifo do autor).

Segundo orientação de Souza (2019b), essa abordagem torna os conceitos abstratos mais concretos e relevantes para os alunos, facilitando a retenção do

conhecimento e estimulando o interesse pelo estudo da Física Ademais, ao perceberem a aplicação prática dos conceitos, os estudantes tendem a desenvolver uma compreensão mais holística e integrada do conteúdo.

Importa ressaltar que a contextualização no ensino de Física não se limita apenas à ligação com o cotidiano dos alunos, porquanto ela compreende, ainda, a utilização de exemplos históricos e aplicações tecnológicas que traduzem o avanço e a importância dos conceitos físicos ao longo dos tempos. Nessa perspectiva, segundo José *et al.* (2014), a contextualização consolida-se como um recurso facilitador da aprendizagem e fomentador da Física como disciplina essencial à compreensão do mundo.

3.5.1.3 Concepções Alternativas e Dificuldades de Aprendizagem

Consoante magistério de Krause e Scheid (2018), as concepções alternativas, presentes nas mais diversas áreas do conhecimento, refletem os saberes trazidos pelos alunos para a sala de aula, forjados a partir de suas experiências diárias. Trata-se, pois, segundo Gorges Neto e Arthury (2021), de conhecimentos pessoais que se diferenciam do conhecimento científico.

Conhecer e ajustar concepções alternativas é medida indispensável ao ensino de Física. Louzada, Elia e Sampaio (2015) abordam as dificuldades vivenciadas pelos estudantes quando do contato com a condução de calor, assim evidenciando a imprescindibilidade de difundir, entre a classe discente, as informações corretas acerca da temática trabalhada.

Dentre as estratégias adotadas para abordar concepções eventualmente equivocadas, o uso de analogias apropriadas e atividades experimentais que confrontem diretamente as ideias preconcebidas dos alunos mostram-se eficazes no estabelecimento das informações corretas (Araújo, 2014).

3.5.1.4 Tecnologias Educacionais

O uso de tecnologias educacionais tem adquirido espaço crescente no ensino de ciências. Acerca dessa realidade, oportuno é o pensamento de Seixas (2017, p. 20), quando afirma:

“De forma conjunta ou alternativa ao livro didático, o professor, ao se deparar com as tecnologias educacionais precisa estar inserido num projeto de reflexão e ação, utilizando-as de forma significativa, tendo uma visão aberta do mundo contemporâneo, bem como, realizando um trabalho de incentivo às mais diversas experiências, pois as diversidades de situações pedagógicas permitem a reelaboração e a reconstrução do processo ensino-aprendizagem”.

Abordando, criticamente, o tema, Ferreira (2020) afirma que a tecnologia, enquanto elo entre estudante e conhecimento, pouco considera a complexidade própria dos processos educacionais e atribui esse cenário à valorização concedida à finalidade pretendida, em detrimento das peculiaridades inerentes a cada usuário do respectivo recurso.

Por seu turno, Rosa (2017), ao propor uma reflexão sobre as tecnologias educacionais, ressalta que elas, em sua maioria, são inseridas nas escolas a partir de outros campos, não sendo, por conseguinte, projetadas para uso exclusivo no campo da educação.

Como forma de mitigar as consequências dessa situação, Barreto (2012) defende a necessidade de que as tecnologias educacionais, oriundas de outras áreas do conhecimento, passem por um processo recontextualização, a fim de que tenham suas estruturas modificadas quando direcionadas às práticas educativas escolares.

3.5.2 Metodologia Inovadoras no Ensino de Condução de Calor

Apesar de a sequência didática proposta no curso da presente pesquisa fundamentar-se na atividade experimental, são apresentadas considerações acerca de metodologia inovadoras apenas para realçar a dimensão em torno da qual gravitam as possibilidades de ensino.

3.5.2.1 Aprendizagem Baseada em Problemas

A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), segundo Borochovicus e Tassoni (2021), é um método de ensino e aprendizagem surgido na década de 1960, no contexto de uma escola de medicina canadense. Seu objetivo era expandir o conhecimento e o desenvolvimento das expertises médicas dos alunos em atividades

coletivas, cooperativas e colaborativas, ambientadas em situações-problema hipotéticas, com alto grau de semelhança com situações reais.

Na definição de Souza e Dourado (2015, p. 183), a ABP é

“uma estratégia de método para aprendizagem, centrada no aluno e por meio da investigação, tendo em vista à produção de conhecimento individual e grupal, de forma cooperativa, e que utiliza técnicas de análise crítica, para a compreensão e resolução de problemas de forma significativa e em interação contínua com o professor tutor”.

De acordo com Freitas (2012), essa metodologia apresenta 04 (quatro) características essenciais, quais sejam: aprendizagem centrada nos estudantes, ocorrência da aprendizagem em pequenos grupos de alunos, posicionamento do professor como facilitador do processo e uso de problemas autênticos apresentados antes de qualquer preparação ou estudo.

A ABP, na condição de metodologia ativa de aprendizagem, representa uma das maneiras de pensar a educação de modo inovador, com aplicação nos mais variados contextos educacionais e voltada à motivação dos alunos, de modo a engajá-los nas propostas didáticas e moldá-los como cidadãos capazes de solucionar problemas (Perozini *et al.*, 2019).

3.5.2.2 *Ensino por Investigação*

De acordo com Carvalho (2018), o Ensino por Investigação (EI) é o ensino dos conteúdos programáticos nos quais o docente faculta aos alunos em sala de aula condições para eles pensarem, a partir da estrutura do conhecimento; falarem, com base em argumentos e conteúdos adquiridos; lerem, com senso crítico sobre o material lido; e escreverem, com articulação e clareza das ideias expostas.

Discorrendo sobre a matéria, Scarpa, Sasseron e Silva (2017, p. 12) propõem

“um ensino cujo foco principal esteja voltado para o desenvolvimento de ferramentas intelectuais que propiciem a investigação e a resolução de situações cotidianas e, para os quais, as habilidades de expressão estejam em destaque. Acreditamos que esse tipo de ensino contribuirá tanto para a compreensão da ciência e seus processos, quanto para a formação de um cidadão crítico aos assuntos do cotidiano que exijam um posicionamento frente às questões científicas”.

Com amparo em Sasseron (2018), é possível afirmar que a ideia de ensino por investigação é fundamentada na concatenação de 05 (cinco) elementos principais, quais sejam: a função ativa e cognitiva dos alunos, o estabelecimento da aprendizagem além dos conceitos da matéria estudada, a apresentação de novas culturas como ferramenta de aprendizagem, a definição de práticas educativas a partir de vivências cotidianas e a abordagem da aprendizagem como ferramenta de mudança social.

Em suma, faz-se oportuno refletir sobre o magistério de Carvalho (2013), para quem o EI é uma abordagem didática, vez que não se mostra ligado a nenhuma técnica específica, vinculando-se às ações empreendidas pelo docente na proposição de estratégias aos alunos, o que é feito sob um clima de liberdade intelectual.

3.5.3 Desafios no Ensino de Condução de Calor

Apesar do desenvolvimento de muitas metodologias inovadoras, o ensino de Física e, conseqüentemente, da condução de calor ainda enfrenta diversos desafios significativos. Entre eles, destacam-se a formação inadequada de professores, que muitas vezes não estão plenamente capacitados para abordar de maneira eficaz os conceitos complexos relacionados ao tema. Além disso, a escassez de recursos didáticos apropriados pode limitar a capacidade dos educadores de proporcionar experiências de aprendizagem enriquecedoras e práticas aos alunos. E outro obstáculo importante guarda relação com as concepções errôneas persistentes entre os estudantes, que podem dificultar a compreensão correta dos fenômenos estudados (Moreira, 2021).

3.5.3.1 Formação de Professores

A formação de professores para o ensino de Física exige completude, com domínio de conhecimentos teóricos e habilidades práticas. Segundo Pinheiro e Massoni (2021, p. 438), o professor ideal deve ser

“capaz de apresentar uma Física que faça sentido ao estudante, preocupando-se com sua aprendizagem; promovendo discussões, intervenções e julgamentos práticos capazes de possibilitar ao estudante atuar ativa e conscientemente em sua comunidade”.

Para Carvalho e Sasseron (2018), é indispensável que a formação docente contemple a concomitância entre o estágio e as aulas teóricas na Universidade. Isso porque os textos teóricos e as pesquisas em ensino e aprendizagem de ciências oferecem a possibilidade de fundamentação dos problemas a serem pesquisados e das informações alcançadas. Além disso, disponibilizam elementos que podem subsidiar reflexões, por parte dos futuros docentes, acerca da práxis docente, incluído o planejamento das atividades de regência de sala de aula.

Por sua vez, Pinheiro (2021) defende que a construção do docente eficaz passa, necessariamente, pelos seguintes conceitos: formação sólida, relação plenamente estabelecida entre teoria e prática, interdisciplinaridade, contextualização e pesquisa.

3.5.3.2 Recursos Didáticos

Os recursos didáticos são ferramentas importantes no processo de facilitação dos conceitos ministrados em sala de aula. Ferramentas como simulações computacionais e experimentos práticos são mecanismos eficazes, na medida em que permite aos estudantes a visualização e exploração da temática estudada de modo mais concreto, assim favorecendo uma aprendizagem duradoura e significativa (Loureiro, 2019).

A adoção simultânea de variados recursos didáticos dinamiza as aulas, porquanto favorece o engajamento dos alunos. A combinação de recursos tradicionais, como livros didáticos e materiais de leitura complementar, com tecnologias emergentes permite uma personalização do ensino, dotando os alunos de uma compreensão condizente com a aplicação dos fenômenos estudados (Bandeira, 2023).

3.5.4 Fourier e o Contexto de seus Estudos sobre Condução Térmica

Joseph Fourier, nascido no ano de 1768, na França, tem reconhecimento mundial por conta de sua contribuição aos estudos da condução térmica, tendo na

formulação da equação da condução de calor, conhecida como Lei de Fourier, o seu trabalho mais notável (Pifer; Aurani, 2015).

Nos anos iniciais do século XIX, os fenômenos térmicos ainda não se mostravam totalmente compreendidos, o que levou Fourier a debruçar-se sobre a condução de calor, conciliando suas pesquisas com o ofício de professor, que exercia, em Paris, junto à École Polytechnique. Em 1807, ao apresentar sua teoria, recebeu significativa resistência da comunidade científica (Moura; Brandão, 2024).

Sua teoria, na percepção de Rosa, Heidermann e Lima (2024), propunha que a taxa de transferência de calor por meio de um material é proporcional ao gradiente de temperatura e a ele oposta em sinal. A relação conhecida como Equação de Fourier descreve o comportamento do calor em um meio sólido dentro de determinado lapso temporal.

O impacto da Equação de Fourier, ao conceder ao estudo da condução térmica um novo paradigma, gerou, na percepção de Ordenes, Guths e Lamberts (2010), consequências significativas em diversas áreas do conhecimento, dando uma nova perspectiva revolucionária à possibilidade de modelagem e previsão do comportamento térmico de materiais e sistemas.

É inegável a relevância das pesquisas de Fourier para a termodinâmica moderna e a teoria do calor. Sua contribuição, segundo Moura e Brandão (2024), permanece como ferramenta primordial no exame de processos térmicos e na engenharia de matérias. Ademais, a série de Fourier, muito além de resolver a equação de calor, representa um recurso importantíssimo em diversos campos da matemática e da engenharia.

Contudo, é importante registrar a existência de estudos recentes que apontam limitações da Lei de Fourier. De acordo com Correia (2024, n.p.), “cientistas da Universidade de Massachusetts, Amherst, nos EUA, encontraram uma novidade surpreendente sobre como o calor se move através de materiais sólidos, desafiando uma lei científica estabelecida há mais de 200 anos”.

Zheng, Ghosh e Granick (2023) asseveram que a Lei de Fourier, apesar de não estar errada, não explica completamente a transmissão de calor para todos os cenários. Os pesquisadores sustentam que os materiais translúcidos irradiam calor de maneira interna em virtude de irregularidades estruturais que fazem as vezes de absorvedor e fonte de calor, assim possibilitando a propagação do calor ponto a ponto e não por difusão lenta.

3.5.5 Principais Dificuldades sobre Condução de Calor na Literatura

A literatura sobre condução de calor identifica algumas dificuldades enfrentadas por estudantes e pesquisadores, dentre as quais podem ser citadas:

- a) abstração de conceitos: a condução de calor compreende conceitos abstratos que, não raro, representam obstáculos para sua compreensão. De acordo com Vygotsky (2008), a formação do conceitos científicos é estabelecida em estágios, sendo a abstração a última dessas etapas;
- b) matemática complexa: a equação de Fourier, eixo do estudo da condução de calor, por vezes, não é compreendida em sua plenitude. Maliska (2014) afirma que a temática envolve geometrias complexas ou condições de contorno difíceis;
- c) diferenças entre materiais: a condução de calor apresenta variações significativas quando submetida a materiais diferentes. Specht *et al.* (2010, p. 8) atestam que “a produção desse conhecimento via construção de protótipos, além de onerosa, apresenta dificuldades com relação à variação dos materiais e dimensões das camadas”;
- d) condições de contorno e inicial: de acordo com Silveira (2012), as condições de contorno e inicial não se mostram homogêneas, o que confere maior grau de complexidade ao tratamento da matéria; e
- e) interpretação de resultados experimentais: o processo de condução é influenciado por diversos fatores, que vão das condições dos materiais às condições ambientais. Garcia *et al.* (2017) defendem que existem formas variadas de interpretar os resultados experimentais.

4 ENERGIA, TEMPERATURA E CALOR

4.1 ELEMENTOS CONCEITUAIS BÁSICOS

Na abordagem da Física Térmica, conceitos como energia, calor e temperatura são corriqueiros. Todavia, é importante registrar que seus conceitos no contexto popular não são os mesmos sustentados no campo científico, daí surgindo, segundo Mortimer (2000), fatores de dificuldade no ensino das ciências.

Segundo Sierra, Jiménez e Macías (2003), o conceito de energia é multidisciplinar, envolvendo, portanto, diferentes áreas das ciências, em variados níveis de ensino.

Diante dessa perspectiva, Louzada, Elia e Sampaio (2015) destacam a natureza abstrata da energia e defendem que esta envolve um conceito criado para ajudar nas pesquisas dos fenômenos naturais, sem possibilidade de materialização. Assim, é compreensível, com base em Buratini (2008), tratar a energia como um elemento dinâmico, multiforme e invisível, mas com processos de transformação concretos e visíveis.

Castro e Mortale (2012) evidenciam o caráter abstrato da energia, conceito criado para auxiliar na investigação dos fenômenos naturais e que, devido a sua natureza, não pode ser materializado. Desta forma, podemos pensar que “a energia está sempre em transformação, e é, em suas diversas formas, invisível, mas os processos de transformação de energia são visíveis e perceptíveis” (Buratini, 2008).

Knight (2009) leciona que a temperatura guarda relação com a medida da agitação das partículas que integram um corpo. Quando este é submetido a aquecimento, a energia recebida é transformada em energia cinética (movimento) das mencionadas partículas. Logo, a “temperatura de um corpo é uma medida do grau de agitação de seus átomos ou moléculas” (Barreto; Xavier, 2016).

Batistella (2020) defende que o conceito de calor, no campo do estudo da Física, ocupa posição destacada, uma vez que se associa a vários outros, com os quais compõem o ramo da Ciência Física denominado Termologia. Ressalta que o calor é, portanto, um conceito cuja compreensão é indispensável, constituindo-se como base para entendimento de outros conceitos a ele ligados. A Figura 3 representa essa concatenação de conceitos, no centro da qual figura o calor.

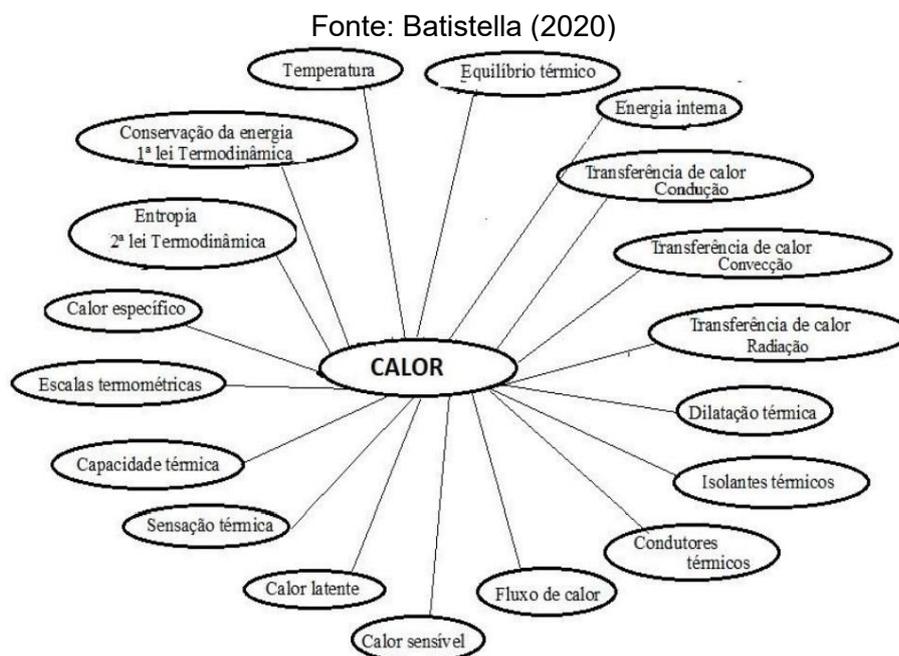


Figura 3 - Sistema Conceitual de Calor

Em linhas gerais, segundo a lição de Clito (2021), a Termodinâmica ocupa-se do estudo da energia, suas variadas formas de manifestação e transformações, bem como da interação processada entre energia e massa. Para o autor, Termodinâmica tem seu conceito intimamente ligado à energia.

Seu advento mostra-se vinculado à necessidade de entendimento sobre o funcionamento das primeiras máquinas a vapor e de compreensão dos limites de sua eficiência. Os princípios, segundo Smith *et al.* (2020), inicialmente aplicados a essas máquinas, conferem substrato aos fundamentos conhecidos como a Primeira e a Segunda Leis da Termodinâmica, estabelecidas a partir da experimentação observacional, com postulados dependendo de validação puramente matemática.

Além disso, é importante ressaltar a relação estreita entre o conceito de calor e os princípios fundamentais da Termodinâmica, como ilustrado na Figura 3. A conceituação científica de calor é estruturada a partir da percepção das sensações de quente e frio, as quais são ligadas ao movimento das moléculas no interior de um corpo. A temperatura pode ser explicada como uma grandeza física que representa o nível de agitação molecular e a soma de suas energia, sendo medida pelo termômetro e podendo ser expressa em escalas termométricas como Celsius, Kelvin e Fahrenheit (Batistella, 2020).

4.2 AS LEIS DA TERMODINÂMICA

O calor representa a transferência de energia térmica resultante da movimentação das moléculas em um corpo (ou sistema). A força é a grandeza que induz mudanças no estado inercial de um objeto, seja alterando sua velocidade ou modificando sua trajetória, e, portanto, causando aceleração. A Termodinâmica, por sua vez, concentra-se na análise das interações energéticas associadas ao calor e à força, investigando suas consequências macroscópicas decorrentes dos processos microscópicos que ocorrem em um determinado sistema. É o que se abstrai da orientação abaixo:

“As leis da termodinâmica são generalizações da experiência comum. Podemos tomar medidas simples de pressão, volume, temperatura, composição química e outras quantidades apropriadas; tais dados determinam o estado do objeto ou região de interesse (sistema) e todas suas propriedades. Se um sistema não estiver sujeito a perturbações, então atingirá, depois de certo tempo, o equilíbrio, e todas as suas propriedades não mais variarão em função do tempo” (Rocha, 2010, p. 38).

Nesse contexto, soa oportuno registrar a existência das 04 (quatro) Leis da Termodinâmica, importantes ferramentas na compreensão dos fundamentos da Física e dos sistemas termodinâmicos. Esses enunciados pavimentam as bases para a conservação da energia, definem o andamento dos processos naturais e determinam o comportamento das situações em situações distintas (Takiya *et al.*, 2021).

4.2.1 Lei Zero da Termodinâmica ou Princípio do Equilíbrio Térmico

Proposta pelo britânico Ralph H. Fowler, no ano de 1931, essa lei estabelece que dois sistemas em equilíbrio térmico com um terceiro estão em equilíbrio térmico entre si. Ou seja, quando se deseja saber se dois sistemas possuem a mesma temperatura, basta verificar se ambos estão em condições de equilíbrio térmico com um terceiro corpo, o termômetro (Tanaka; Falleiros, 2012).

Em outras palavras, a Lei Zero pode ser entendida a partir da análise de um complexo envolvendo dois sistemas. Quando o sistema A apresenta equilíbrio térmico com o termômetro, a temperatura indicada é T_A , da mesma forma que T_B é a

temperatura apresentada pelo sistema B, quando em equilíbrio térmico com o mesmo termômetro. Assim, se T_A é igual a T_B , logo os sistemas A e B estão em recíproco equilíbrio térmico (Takiya *et al.*, 2021).

A Figura 4 demonstra a Lei Zero da Termodinâmica:

Fonte: Santos Filho (2021)

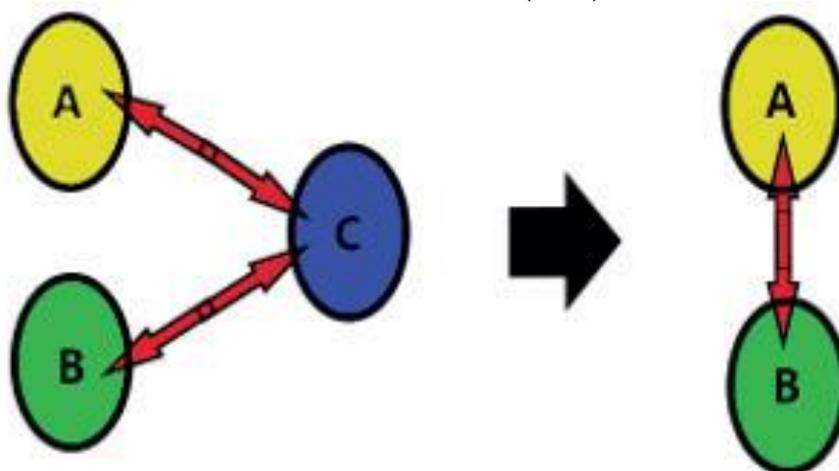


Figura 4 - Lei Zero da Termodinâmica

Interessante anotar que seu nome – Lei Zero – é uma consequência de sua data de propositura, ocorrida anos depois do estabelecimento da Primeira e da Segunda Lei, bem como de seu objeto, a temperatura, elemento essencial na definição das outras duas leis (Santos Filho, 2021).

4.2.2 Primeira Lei da Termodinâmica ou Princípio da Conservação de Energia

A chamada Lei da Conservação de Energia estabelece que a energia total em um sistema isolado permanece constante ao longo do tempo, não podendo ser criada, nem destruída, apenas transformada de uma forma para outra. Logo, qualquer mudança na energia de um sistema deve ser equilibrada por uma mudança equivalente em outra forma de energia ou transferência de energia para dentro ou para fora do sistema. Essa lei tem aplicações vastas e essenciais em diversas áreas da ciência e da engenharia, indo da análise de processos industriais à compreensão dos fenômenos naturais que ocorrem no cosmos (Correia; Oliveira, 2018).

Rudolf Clausius é tido como o enunciador da Primeira Lei da Termodinâmica, cuja formulação foi feita em um artigo intitulado “Da força motriz do calor e das leis sobre o calor que daí se podem deduzir”, publicado em 1850 e que estabelece a base teórica da Termodinâmica (Silva Filho, s.d.).

A Figura 5, a seguir explicitada, apresenta um esquema ilustrativo do princípio da conservação de energia.

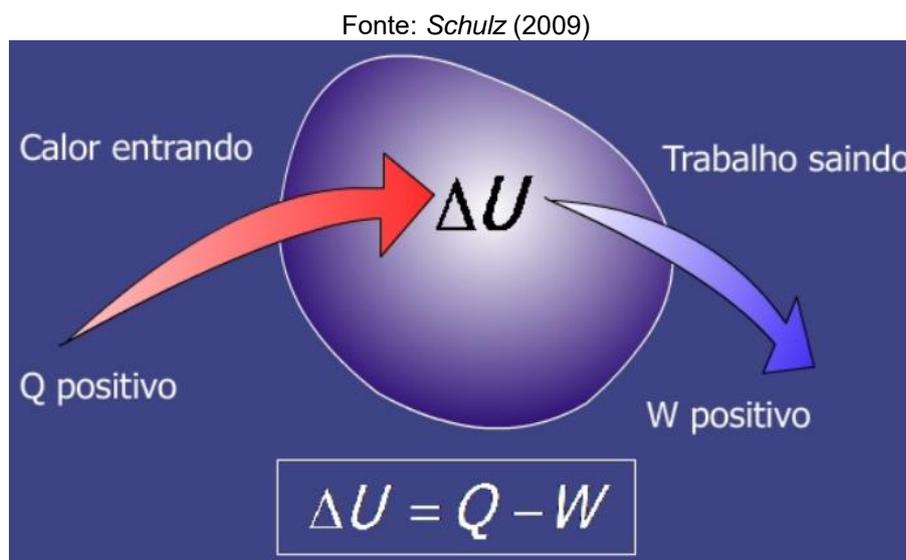


Figura 5 - Primeira Lei da Termodinâmica - Conservação de Energia

O físico britânico James Prescott Joule tem contribuições significativas ao desenvolvimento da Primeira Lei da Termodinâmica. Por meio de seus estudos, nos idos dos anos 1840, demonstrou que uma quantidade específica de trabalho mecânico gera igual quantidade de calor (Passos, 2009).

4.2.3 Segunda Lei da Termodinâmica ou Princípio do Aumento da Entropia

A Segunda Lei da Termodinâmica é um tema de grande interesse intelectual ao longo da história. Desde suas primeiras concepções, por volta de 1850, tem sido objeto de debates fervorosos entre cientistas de diversas origens, em uma ampla variedade de disciplinas (Oliveira; Dechoum, 2003).

As formulações da Segunda Lei da Termodinâmica, propostas, separadamente, por Rudolf Clausius e William Thomson (Lord Kelvin), indicam que

“é impossível para um sistema termodinâmico, transformar calor em trabalho integralmente (sem modificar o estado do sistema, pelo menos), ou que é impossível a transferência de calor de uma fonte fria para uma fonte quente sem utilização de trabalho neste processo” (Fontana; Santos, 2016, p. 1311-1).

A confirmação de eventual variabilidade da energia de um sistema, que se transmuta em trabalho, guarda, de acordo com Santos Filho (2021), próxima relação com o conceito de entropia. Esta, segundo o magistério de Santos *et al.* (2017, n.p.), corresponde à “a medida da dispersão de energia em um sistema termodinâmico: quanta energia é espalhada em um processo, ou como em uma temperatura específica, essa mesma energia se espalha amplamente”.

4.2.4 Terceira Lei da Termodinâmica ou Lei de Nernst

A Terceira Lei da Termodinâmica, segundo Souza (2016, p. 11), teve sua posição definida a partir da análise da alteração da entropia de um sistema, tomando a temperatura como parâmetro, quando esta decresce em direção ao zero. Seu enunciado estabelece que “a variação de entropia de um sistema em qualquer processo isotérmico reversível tende para zero absoluto”.

Proposta em 1906 pelo químico Walther Nernst, essa Lei indica ser impossível o alcance do zero absoluto em um número finito de etapas, uma vez que, nesse ponto, a entropia de um sistema puro corresponde a zero. Dessa maneira, as substâncias assumem uma mesma entropia positiva em temperaturas acima do zero absoluto e a entropia é reduzida com a proximidade de 0K (Fontana; Santos, 2016).

A atividade das partículas de um objeto/sistema está intimamente relacionada à sua energia cinética, o que influencia nas mudanças de temperatura. Em um cenário em que a temperatura aproxima-se do zero absoluto, a movimentação das partículas diminui até cessar completamente, chegando a uma estabilidade na energia interna do sistema (Santos Filho, 2021).

4.3 PROPAGAÇÃO DE CALOR

De acordo com a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (s.d.), 03 (três) são as maneiras por meio das quais ocorre a propagação de calor: condução, convecção e radiação.

A transmissão de calor por condução ocorre do forma que segue:

(...) átomos e elétrons livres colidem com seus vizinhos e assim por diante. Esse processo de múltiplas colisões continua até que o aumento no seu movimento seja transmitido a todos os átomos, e o corpo inteiro torna-se mais quente. A condução de calor ocorre por meio de colisões atômicas eletrônicas (Hewitt, 2023, p. 281)

A transmissão de calor por convecção é um processo que ocorre em fluidos, ou seja, líquidos e gases, devido ao movimento das suas partículas, provocado pelo “deslocamento de camadas de um fluido, isto significa que ocorre com os líquidos e os gases” (UFRGS, s.d.).

Por fim, porém não menos importante, o processo de propagação de calor por radiação, conforme magistério de Hewitt (2023, p. 284), ocorre quando:

a energia vinda do Sol atravessa o espaço, depois a atmosfera terrestre para, então, aquecer a superfície da Terra. Essa energia não passa através da atmosfera por condução, pois o ar é um mau condutor. Também não passa por convecção, pois esta só tem início quando a Terra já está aquecida. Também sabemos que no espaço vazio não é possível haver transmissão de energia solar por convecção ou condução. Assim vemos que a energia deve ser transmitida de outra maneira – por radiação. A energia transmitida dessa maneira é denominada energia radiante. (Hewitt, 2002, p. 284).

Importa registrar que, embora apresente conceito relacionado à radiação térmica, a irradiação mostra-se diferente, na medida em que representa um tipo específico de radiação que envolve a emissão de energia na forma de ondas eletromagnéticas devido à temperatura de um corpo (Welty; Rorrer; Foster, 2017).

4.4 ABORDAGENS AVANÇADAS PARA O ENSINO DA CONDUÇÃO DE CALOR NO ENSINO SUPERIOR

4.4.1 Visão Inicial

É fundamental que os conceitos de calor e temperatura não sejam confundidos, dado o seu uso indiscriminado. Godoy, Dell’Agnolo e Melo (2020) destacam que, atualmente, quando alguém se diz com frio, há uma referência efetiva à sensação térmica. Em linhas gerais o quadro pode ser explicado pelo fato de que, na temperatura normal do corpo humano, existe transferência de calor deste para o meio exterior, o que ocorre como consequência da diferença de temperatura.

Com a intenção de elucidar o mecanismo de transferência de calor, a condução, a convecção e a radiação são indicadas como mecanismos de transferência de calor. Por essa razão, destaca-se que

“A condução ocorre no interior de um corpo ou entre dois corpos em contato. A convecção depende do movimento da massa de uma região para outra. A radiação é a transferência de calor que ocorre pela radiação eletromagnética, tal como a luz solar, sem que seja necessária a presença de matéria no espaço entre os corpos” (Young; Freedman, 2016, p. 199).

Ainda que, em alguns casos, exista a predominância de uma das formas acima identificadas, em geral, a transmissão acontece como resultado de uma associação simultânea dos três processos. Rosa *et al.* (2016) asseveram que, apesar de ser típica dos sólidos, a condução, provocada sobremaneira pelo choque entre as moléculas de um material, pode, ainda, ser percebida nos fluidos. Por sua vez, a convecção, genuína dos fluidos, liga-se à probabilidade de movimento da moléculas integrantes do material. Diferente das dessas duas formas, a irradiação constitui o modo de condução de calor que não necessita de um meio material para ser estabelecido.

Vê-se, por conseguinte, que a transferência de calor é um processo espontâneo de um corpo com maior temperatura para outro, com temperatura menor. Atingido o equilíbrio térmico entre os corpos envolvidos, com estes submetidos à mesma temperatura, esse processo é encerrado (Martini *et al.*, 2016).

A transmissão térmica varia conforme a composição atômica do material, determinando se é um bom condutor ou isolante térmico. Conforme Alves *et al.* (2022), os metais, por exemplo, conduzem calor eficientemente devido à sua estrutura, que permite o movimento livre dos elétrons externos, transferindo energia por meio de colisões. Por outro lado, materiais como vidro, borracha, isopor, entre outros, são isolantes térmicos; neles, os elétrons externos dos átomos são fortemente ligados, assim dificultando a transferência de calor.

4.4.2 Lei Fundamental da Condução de Calor

A realização de medições diretas da transferência de calor em um meio constitui uma ação desafiadora, devendo-se preferir a utilização de dispositivos específicos para essa finalidade. A quantidade de energia térmica transferida, por unidade de tempo e área, em um meio pode ser determinada a partir do uso do campo de temperaturas medido, combinado com a Lei de Fourier, conhecida como lei fundamental da condução de calor.

A referida lei relaciona o fluxo de calor (W/m^2) em determinada posição do material em questão ao gradiente de temperaturas no mesmo lugar. Por ter seu conceito definido em função de observações experimentais, em detrimento de princípios fundamentais, é dita fenomenológica. Tal assertiva é ratificada por meio da visualização dessa equação de taxa, formulada com base em experimento prático. É o que se abstrai da Figura 6, que apresenta uma atividade prática de condução térmica em regime permanente.

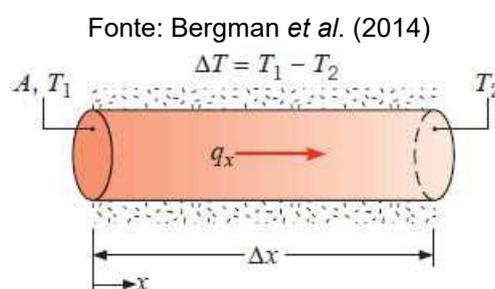


Figura 6 - Condução Térmica em Regime Permanente

Com o objetivo de esclarecer o funcionamento dessa Lei, recorre-se a uma situação hipotética. Um bastão em forma de cilindro tem sua área lateral termicamente isolada, enquanto as outras duas superfícies são submetidas a temperaturas distintas,

sendo $T_1 > T_2$. A desigualdade nas temperaturas provoca a transmissão de calor por condução e a taxa de transferência de calor (q_x) pode ser mensurada, na condição de variável da diferença de temperatura (ΔT), o comprimento do bastão (Δx) e a área da respectiva seção transversal (A).

Ao considerar-se constantes os valores de ΔT e Δx , com A variando, percebe-se que q_x é diretamente proporcional a A . Por outro lado, uma vez considerados invariáveis os valores de ΔT e A , constata-se que q_x assume comportamento inversamente proporcional a Δx . Ademais, trabalhando com A e Δx constantes, observa-se que q_x é diretamente proporcional a ΔT . Dessa percepção, decorre a relação seguinte:

$$q_x \propto A \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (1)$$

Quando se modifica o material, continua válida a proporcionalidade anterior. Todavia, na eventualidade de um paralelo entre plástico e metal, ao considerar-se A , Δx e ΔT com valores iguais, registra-se que o valor de q_x mostra-se menor no plástico. Assim, entende-se cabível pensar a proporcionalidade como uma igualdade que envolve um coeficiente, peculiar a cada material. Dessa maneira, a Eq. (1) pode ser reescrita da forma que segue:

$$q_x = kA \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (2)$$

onde k representa a condutividade térmica ($W/(m.K)$) do material.

Submetendo-se a Eq. (2) ao limite, com $\Delta x \rightarrow 0$, a relação pode ser assim reescrita:

$$q_x = -kA \frac{dT}{dx} \quad (3)$$

ou para o fluxo térmico:

$$q_x'' = \frac{q_x}{A} = -k \frac{dT}{dx} \quad (4)$$

A necessidade do sinal negativo justifica-se no fato de que o calor tem sua transferência sempre no sentido da região onde a temperatura é mais baixa. A Lei de Fourier, tal qual explicitada na Eq. (4), esclarece que o fluxo de calor consiste numa grandeza direcional. A direção de q'' é perpendicular à área da seção transversal A . É o que se conclui da Figura 7, por meio do qual se consegue abstrair que a direção do fluxo de calor é perpendicular à chamada superfície isotérmica.

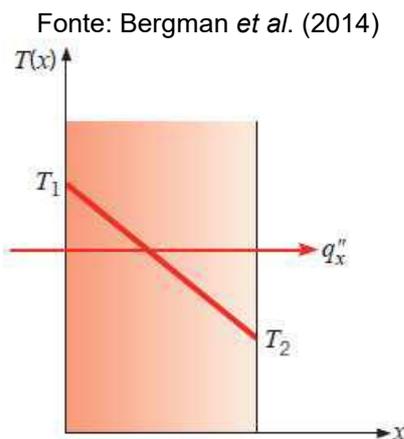


Figura 7 - Relação entre plano cartesiano, o sentido do fluxo térmico e o gradiente de temperaturas

Essa Figura espelha o sentido do fluxo de calor q''_x em uma superfície plana, com gradiente de temperaturas dT/dx negativo. Com fundamento na Eq. (4), verifica-se que q''_x é positivo. A considerar o fluxo de calor como uma grandeza vetorial, a Lei de Fourier pode apresentar uma formulação genérica, como ora apresentado:

$$q'' = -k\nabla T = -k \left(\frac{\partial T}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial T}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial T}{\partial z} \hat{k} \right) \quad (5)$$

em que ∇ representa o operador gradiente tridimensional e $T(x, y, z)$ refere-se ao campo escalar de temperaturas.

A Eq. (5) evidencia a direção normal do fluxo de calor em relação às superfícies isotérmicas, o que possibilita à Lei de Fourier uma maneira diferente de apresentação, conforme segue:

$$q''_n = -k \frac{dT}{dn} \quad (6)$$

na qual, q_n'' corresponde ao fluxo de calor na direção n , que é perpendicular a uma isoterma.

É importante destacar que o vetor fluxo de calor pode ser fragmentado em dois elementos que, submetidos a coordenadas retangulares, geram para q'' a seguinte expressão geral:

$$q'' = \vec{i} q_x'' + \vec{j} q_y'' + \vec{k} q_z'' \quad (7)$$

Fazendo um paralelo com a Eq. (5), a relação anterior pode ser reescrita desse modo:

$$q_x'' = -k \frac{dT}{dx} \quad q_y'' = -k \frac{dT}{dy} \quad q_z'' = -k \frac{dT}{dz} \quad (8)$$

Essas relações traduzem a relação entre a transferência de calor em uma superfície e o gradiente de temperaturas numa orientação ortogonal a ela (superfície). Ademais, a Eq. (5) sugere que o meio condutor é isotrópico, ou seja, a condutividade térmica não varia conforme a direção da coordenada.

A lei de Fourier, aplicável a todos os materiais e em qualquer estado físico, estabelece os fundamentos da transferência de calor por condução e, como mencionado alhures, tem seu advento vinculado a observações experimentais. Ela descreve a condutividade térmica e indica que o fluxo de calor ocorre perpendicularmente a uma linha de temperatura constante e no sentido da diminuição de temperaturas (Saa, 2006).

As condições até aqui tecidas fazem referência a materiais onde a direção da transferência não impacta a condutividade térmica, ou seja, os chamados isotrópicos. Em relação aos elementos anisotrópicos, aqueles em que a condutividade varia com a direção, são consideradas as seguintes relações:

$$q_i'' = - \sum_{j=x,y,z} k_{yj} \frac{\partial T}{\partial x_j} \quad i = x, y, z \quad (9)$$

Quando se aplica a Eq. (9) num sistema cartesiano retangular x, y, z , chega-se a 03 (três) equações para o fluxo de calor, sendo cada uma relacionada a uma direção cartesiana:

$$q_x'' = -(k_{xx} \frac{\partial T}{\partial x} + k_{xy} \frac{\partial T}{\partial y} + k_{xz} \frac{\partial T}{\partial z}) \quad (10)$$

$$q_y'' = -(k_{yx} \frac{\partial T}{\partial x} + k_{yy} \frac{\partial T}{\partial y} + k_{yz} \frac{\partial T}{\partial z}) \quad (11)$$

$$q_z'' = -(k_{zx} \frac{\partial T}{\partial x} + k_{zy} \frac{\partial T}{\partial y} + k_{zz} \frac{\partial T}{\partial z}) \quad (12)$$

4.4.3 A Condutividade Térmica

Tida por propriedade de transporte, a condutividade indica, sob a definição de Montoro (s.d., p. 11), a “a taxa de transferência de calor através de uma unidade de comprimento de dado material por unidade de área por unidade de diferença de temperatura”. Ou seja, ela indica a taxa na qual a energia, pelo método da difusão, é transferida, o que ocorre por meio de um processo que depende da estrutura física do material.

Assim, com base nas relações indicadas na Eq. (8), são estabelecidas as condutividades térmicas relacionadas à condução nas direções x, y, e z:

$$k_x = -\frac{q_x''}{(\frac{\partial T}{\partial x})} \quad k_y = -\frac{q_y''}{(\frac{\partial T}{\partial y})} \quad k_z = -\frac{q_z''}{(\frac{\partial T}{\partial z})} \quad (13)$$

Em materiais isotrópicos, porém, a condutividade térmica não dependa da direção de transferência de calor, isto é, $k_x = k_y = k$. Da Eq. (13), conclui-se que, para um dado gradiente de temperaturas, o fluxo de temperatura por condução é aumentado com o crescimento da condutividade térmica. A regra geral é a condutividade térmica de um sólido ser maior do que de um líquido e esta, por sua vez, ser maior do que a de um gás.

4.4.4 A Equação de Condução de Calor

4.4.4.1 Coordenadas Retangulares

A distribuição de temperaturas em uma região ocorre em observância ao Princípio da Conservação da Energia. O modo como acontece esse processo de

distribuição é passível de definição, o que ocorre a partir do estabelecimento de um volume de controle diferencial. Com isso, são identificados os processos relevantes de transferência de energia e são inseridas as relações matemáticas apropriadas. Obtém-se, assim, uma equação diferencial, cuja solução oferece a distribuição das temperaturas no meio considerado.

Assume-se que o volume de controle diferencial tem movimento com uma velocidade, cuja representação é feita por meio das respectivas componentes escalares na forma $\vec{V} = iU + jV + kW$. A taxa \dot{q} por unidade de volume mede a energia térmica gerada no interior do volume de controle. A considerar um meio homogêneo no qual é possível observar a distribuição de temperaturas, esta pode ser expressa em coordenadas retangulares por $T(x, y, z, t)$. Num pequeno volume de controle diferencial, $dx dy dz$, como demonstrado na Figura 8, estão inseridas as transferências de energia por condução. Inicia-se pela aplicação a Primeira Lei da Termodinâmica para, na sequência, trabalhar os processos energéticos importantes para esse volume de controle.

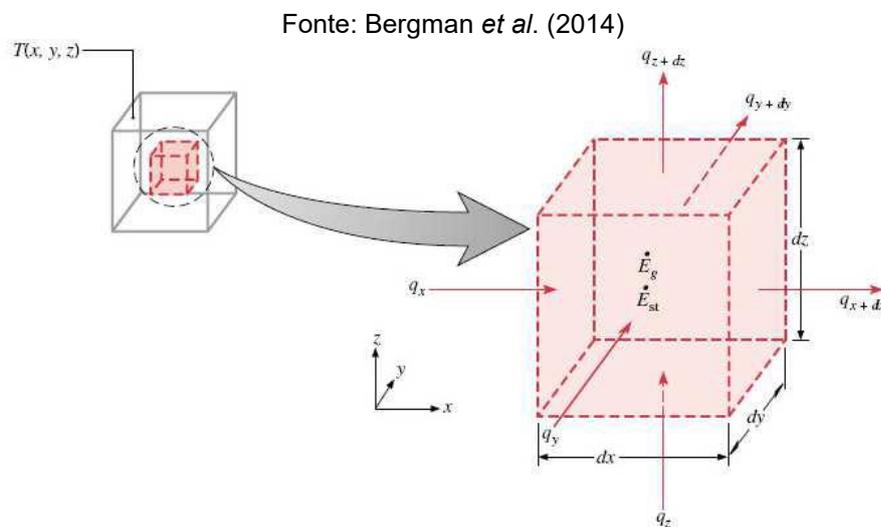


Figura 8 - Volume de controle diferencial, $dx dy dz$, para análise da condução de calor em coordenadas retangulares x, y, z

Com vistas a simplificar o estabelecimento de fórmulas, são feitas as seguintes considerações: uniformidade na velocidade, insignificância na variação da energia potencial e constância na pressão, massa específica e calor específico. A transferência de calor por condução, em função da existência de um gradiente de temperaturas, adquire materialidade por meio das superfícies de controle. A expressão

das taxas de transferência de calor por condução nas superfícies opostas é obtida a partir da utilização de uma expansão em série de Taylor, conforme segue:

$$q_{x+dx} = q_x + \frac{\partial q_x}{\partial x} dx \quad (14)$$

$$q_{y+dy} = q_y + \frac{\partial q_y}{\partial y} dy \quad (15)$$

$$q_{z+dz} = q_z + \frac{\partial q_z}{\partial z} dz \quad (16)$$

A Eq. (14) atesta que a taxa de transferência de calor, em sua componente x , na direção do eixo das abcissas, na posição $x + dx$, corresponde a essa componente em x adicionada ao valor de sua variação em relação a x multiplicada por dx . O mesmo pensamento pode ser adotado em função das Eqs. (15) e (16).

Por sua vez, as taxas de energia transportada em função da vazão mássica nas áreas opostas também podem ser apresentadas por meio de uma expansão em série de Taylor, nos termos seguintes:

$$\dot{E}_{massa,x+dx} = \dot{E}_{massa,x} + \frac{\partial \dot{E}_{massa,x}}{\partial x} dx \quad (17)$$

$$\dot{E}_{massa,y+dy} = \dot{E}_{massa,y} + \frac{\partial \dot{E}_{massa,y}}{\partial y} dy \quad (18)$$

$$\dot{E}_{massa,z+dz} = \dot{E}_{massa,z} + \frac{\partial \dot{E}_{massa,z}}{\partial z} dz \quad (19)$$

Assim, é importante entender a conservação de energia em função das equações de taxas apresentadas em caráter prévio. Considerando tais parâmetros, a forma geral da necessidade de conservação de energia é

$$\dot{E}_e - \dot{E}_s + \dot{E}_g = \dot{E}_{acu} \quad (20)$$

Em razão da Eq. (20) não se mostrar tão interessante na resolução de problemas de condução, ela deve ser reescrita em função da variável T , que

corresponde à temperatura, principal critério de avaliação nos respectivos casos. Nesse sentido, é fundamental que se escreva a Eq. (20) na forma da variável T, fazendo-se imperioso substituir as formulações matemáticas das taxas de energia que entram (\dot{E}_e), saem (\dot{E}_s) e da variação de energia acumulada (\dot{E}_{acu}). Desse procedimento, resulta a seguinte expressão:

$$\dot{E}_e = q_x + q_y + q_z + \dot{E}_{massa,x} + \dot{E}_{massa,y} + \dot{E}_{massa,z} \quad (21)$$

Por sua vez, o termo \dot{E}_s , relativo à taxa das energias que saem, pode ser reescrito da forma seguinte:

$$\begin{aligned} \dot{E}_s = & \left(q_x + \frac{\partial q_x}{\partial x} dx \right) + \left(q_y + \frac{\partial q_y}{\partial y} dy \right) + \left(q_z + \frac{\partial q_z}{\partial z} dz \right) \\ & + \left(\dot{E}_{massa,x} + \frac{\partial \dot{E}_{massa,x}}{\partial x} dx \right) + \left(\dot{E}_{massa,y} + \frac{\partial \dot{E}_{massa,y}}{\partial y} dy \right) + \left(\dot{E}_{massa,z} + \frac{\partial \dot{E}_{massa,z}}{\partial z} dz \right) \end{aligned} \quad (22)$$

Também com base na lei de Fourier, as taxa de calor por condução podem ser assim apresentadas:

$$q_x = -k(dy dz) \frac{\partial T}{\partial x} \quad (23)$$

$$q_y = -k(dx dz) \frac{\partial T}{\partial y} \quad (24)$$

$$q_z = -k(dx dy) \frac{\partial T}{\partial z} \quad (25)$$

Assim, após rearranjos adequados, a equação de calor em coordenadas retangulares, cuja solução fornece $T = T(x, y, z, t)$, pode ser expressa da seguinte forma:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} \right) + q = \rho c_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + U \frac{\partial T}{\partial x} + V \frac{\partial T}{\partial y} + W \frac{\partial T}{\partial z} \right) \quad (26)$$

onde, $\partial(\frac{k\partial T}{\partial x})/\partial x$ corresponde ao fluxo de calor por condução na direção da coordenada do eixo x, aplicando-se igual entendimento aos fluxos nas direções y e z; e $\rho c_p U(\frac{\partial T}{\partial x})$ guarda relação com o fluxo líquido por advecção na direção da coordenada x.

4.4.4.2 Coordenadas Cilíndricas

Na eventualidade de o operador ∇ ser representado em coordenadas cilíndricas, o vetor fluxo de calor apresenta a seguinte forma geral:

$$q'' = -k\nabla T = -k\left(i\frac{\partial T}{\partial r} + j\frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial \phi} + k\frac{\partial T}{\partial z}\right) \quad (27)$$

onde

$$q_r'' = -k\frac{\partial T}{\partial r} \quad q_\phi'' = -k\frac{k}{r}\frac{\partial T}{\partial \phi} \quad q_z'' = -k\frac{\partial T}{\partial z} \quad (28)$$

representando, respectivamente, as componentes do fluxo de calor nas direções radial, circunferencial e axial.

Considerando a Figura 9, que demonstra um volume de controle infinitesimal, $rd\phi dr dz$, assume-esse que o volume de controle diferencial movimente-se com a velocidade $\vec{V} = iV_r + jV_\phi + kV_z$, com geração de energia térmica no interior da unidade de volume de controle a uma taxa \dot{q} por unidade de volume.

Fonte: Bergman *et al.* (2014)

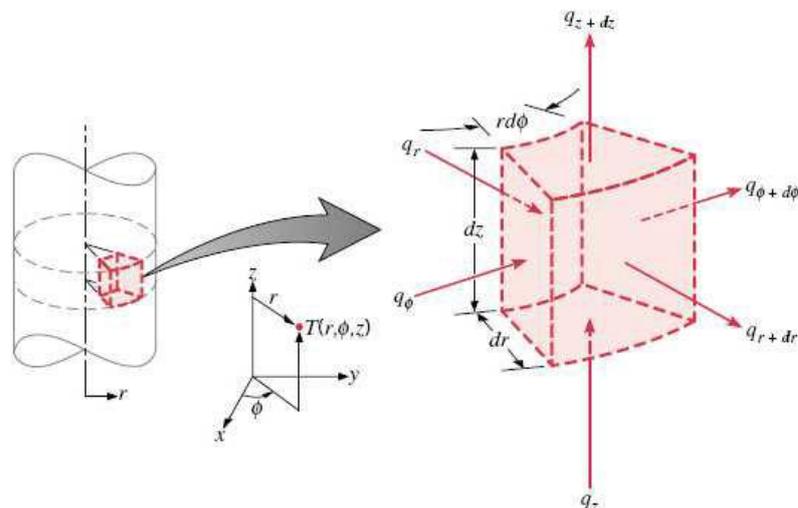


Figura 9 - Volume de controle diferencial $rd\phi dr dz$, para análise da condução de calor em coordenadas cilíndricas r, ϕ, z

Objetivando simplificar a definição de fórmulas, são feitas as seguintes considerações: uniformidade na velocidade, insignificância na variação da energia potencial e constância na pressão, massa específica e calor específico. A transferência de calor por condução, em função da existência de gradientes de temperaturas, ocorre por meio das superfícies de controle. A expressão das taxas de transferência de calor por condução nas superfícies opostas é obtida a partir da utilização de uma expansão em série de Taylor, conforme segue:

$$q_{r+dr} = q_r + \frac{\partial q_r}{\partial r} dr \quad (28)$$

$$q_{\phi+d\phi} = q_\phi + \frac{\partial q_\phi}{\partial \phi} d\phi \quad (29)$$

$$q_{z+dz} = q_z + \frac{\partial q_z}{\partial z} dz \quad (30)$$

Multiplicando a vazão mássica e a entalpia específica h dessa vazão, obtém-se a taxa de energia transportada, como se observa a seguir:

$$\dot{E}_{massa,r} = \rho V_r h r d\phi dz \quad (31)$$

$$\dot{E}_{massa,\phi} = \rho V_\phi h dr dz \quad (32)$$

$$\dot{E}_{massa,z} = \rho V_z h r d\phi dr \quad (33)$$

A representação da conservação da energia com respeito a T utiliza as equações de taxa inicialmente propostas a partir da substituição das taxas de energia que entram (\dot{E}_e), saem (\dot{E}_s) e da variação de energia acumulada (\dot{E}_{acu}). Essa providência gera a seguinte relação:

$$\dot{E}_e = q_r + q_\phi + q_z + \dot{E}_{massa,\phi} + \dot{E}_{massa,z} \quad (34)$$

Por seu turno, o termo \dot{E}_s assume o comportamento seguinte:

$$\dot{E}_s = \left(q_r + \frac{\partial q_r}{\partial r} dr \right) + \left(q_\phi + \frac{\partial q_\phi}{\partial \phi} d\phi \right) + \left(q_z + \frac{\partial q_z}{\partial z} dz \right)$$

$$+ \left(\dot{E}_{massa,r} + \frac{\partial \dot{E}_{massa,r}}{\partial r} dr \right) + \left(\dot{E}_{massa,\phi} + \frac{\partial \dot{E}_{massa,\phi}}{\partial \phi} d\phi \right) + \left(\dot{E}_{massa,z} + \frac{\partial \dot{E}_{massa,z}}{\partial z} dz \right) \quad (35)$$

Com fundamento na lei de Fourier, as taxas de calor por condução são estabelecidas nos formatos a seguir apresentados:

$$q_r = -kA_r \frac{\partial T}{\partial r} = -k(rd\phi dz) \frac{\partial T}{\partial r} \quad (36)$$

$$q_\phi = -kA_\phi \frac{\partial T}{r\partial\phi} = -k(dr dz) \frac{\partial T}{r\partial\phi} \quad (37)$$

$$q_z = -kA_z \frac{\partial T}{\partial z} = -k(rd\phi dr) \frac{\partial T}{\partial z} \quad (38)$$

Submetida a simplificações adequadas, a equação de calor em coordenadas cilíndricas é expressa com o seguinte formato:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(kr \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \phi} \left(k \frac{\partial T}{\partial \phi} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial T}{\partial z} + q \right) = \rho c_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + V_r \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{V_\phi}{r} \frac{\partial T}{\partial \phi} + V_z \frac{\partial T}{\partial z} \right) \quad (39)$$

5 A CONCEPÇÃO E EFETIVAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

5.1 DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Com o escopo de lapidar a percepção de alunos do 9º ano do Ensino Fundamental da Escola Municipal Professora Maria Auxiliadora Mesquita Simas, situada em Iranduba/AM, no que se refere à condução de calor, elaborou-se, em cumprimento à determinação do Programa de Pós-Graduação ao qual se vincula o presente trabalho, um Produto Educacional. Este contém uma sequência didática, fundamentada na perspectiva de *Design Based Research* (DBR), ou pesquisa baseada em design, cujo objeto é a transmissão de calor.

De acordo com Kneubil e Pietrocola (2017), em relação às contribuições da metodologia DBR na construção de sequências didáticas, pode-se citar o que segue:

- a) integração entre teoria e prática: a metodologia DBR procura sincronizar os elementos teóricos da pesquisa com a práxis educacional, assim conferindo às sequências didáticas a possibilidade de serem estabelecidas com robusto respaldo teórico e testadas numa perspectiva real;
- b) interação no desenvolvimento: a DBR contempla ciclos de design, implementação, análise e refinamento. Esse conjunto favorece a melhoria contínua da sequência didática em função dos resultados observados quando de sua aplicação; e
- c) importância da sequência, em vista da contextualização específica para atendimento à demanda dos alunos e do ambiente educacional.

Considerando o objeto da sequência didática desenvolvida no curso da presente pesquisa, soa oportuno mencionar a existência de sequências outras, que se mostram promissoras no campo do ensino da transmissão térmica, sobretudo na condução de calor.

Uma abordagem interessante, no contexto de uma sequência didática, pode ser composta pelo uso de materiais do cotidiano (Oliveira Neto, 2015), o desenvolvimento de experimentos práticos (Medeiros, 2018), a utilização de simulações e modelos computacionais (Abi-Nader, 2016), bem como o tratamento interdisciplinar do conceitos da Física Térmica (Sales, 2020).

A Teoria da Aprendizagem por Descoberta de Jerome Bruner enfatiza que o conhecimento é mais significativo quando os alunos participam ativamente do processo de aprendizagem, explorando e descobrindo conceitos por si mesmos. No contexto da sequência didática sobre condução de calor, ora apresentada, essa teoria pode ser aplicada ao criar um ambiente onde os alunos realizam experimentos que lhes permitam observar diretamente os fenômenos térmicos. Em vez de receberem as informações de forma passiva, os alunos são incentivados a formular hipóteses, testar suas ideias e refletir sobre os resultados, construindo uma compreensão profunda dos princípios da condução de calor (Bruner, 2000)

A estrutura da sequência didática segue o princípio da espiral curricular proposto por Bruner (2015), onde o conhecimento é revisitado e expandido em diferentes níveis de complexidade. No início, os alunos são instados ao envolvimento com a temática, por meio da leitura de um texto de apoio, após o que são inseridos no contexto da realização do experimento, por meio do qual aprofundam o entendimento, conectando-se a novos conhecimentos.

Essa abordagem, fundamentada na Aprendizagem por Descoberta, facilita a compreensão dos conceitos científico e fomenta o desenvolvimento de habilidades cognitivas importantes, como o pensamento crítico e a capacidade de resolver problemas. Ao interagir diretamente com o experimento, os alunos aprendem sobre a condução de calor e desenvolvem uma compreensão mais ampla de como a ciência funciona, reforçando a ligação entre teoria e prática, que é essencial no ensino de Física. A sequência didática baseada nos princípios de Bruner, portanto, oferece uma metodologia eficaz para engajar os alunos e promover um aprendizado mais ativo e significativo.

As atividades integrantes do itinerário pedagógico escolhido para trabalho foram colocadas em prática ao longo de 04 (quatro) encontros, os quais se constituíram das ações descritas a seguir:

- a) primeiro encontro: aplicação de pesquisa prévia entre os alunos, cujo objetivo era mensurar o nível de informações a respeito do fenômeno de condução de calor;
- b) segundo encontro: leitura pormenorizada de um texto com temática voltada ao assunto em questão, com provocações e explicações pertinentes;
- c) terceiro encontro: orientação quanto à atividade experimental a ser implementada, com a indicação do material necessário. Nessa fase, tomou-se o cuidado de selecionar materiais de fácil aquisição e baixo custo;

d) quarto encontro: montagem do experimento e reaplicação do instrumento de pesquisa utilizado no primeiro encontro. Tal ação decorreu do desejo de verificar os reflexos produzidos entre os alunos pela atividade prática experimental.

As questões constantes da pesquisa, realizada com 30 (trinta) alunos, apresentavam as seguintes formulações:

- 1) Quando ocorre o contato entre uma parte do corpo humano, a mão por exemplo, e um objeto frio, o que, de fato, ocorre? O calor se desloca do corpo para o objeto ou é o frio que se movimenta do objeto para o corpo humano? Explique.
- 2) Na hipótese de uma chaleira com água ser aquecida num fogão, a transmissão do calor da chama ocorre do fundo da chaleira para o líquido em seu interior, propagando em todo o volume da água. Nessa sequência, são observados dois processos principais de transmissão de calor. Quais são eles?
- 3) A aproximação da mão com um objeto que se encontrava em contato com o fogo é suficiente para gerar uma sensação de aquecimento. Nesse caso, qual o processo de transmissão de calor ocorrido: condução, convecção ou irradiação?
- 4) Qual a razão para, nas geladeiras, o congelador encontrar-se posicionado sempre na parte superior do equipamento? Por qual razão, não se deve acondicionar produtos em quantidade excessiva nas prateleiras do mencionado eletrodoméstico?
- 5) Uma pessoa que, em um dia ensolarado, utilizar vestuário escuro sente mais calor do que outra pessoa que esteja com roupa clara?

Uma vez municiados de informações teóricas sobre os processos de transferência de calor, especificamente a modalidade condução, foi concedida aos alunos a possibilidade de acompanhamento da montagem de um atividade experimental. Esta foi desenvolvida mediante a utilização dos seguintes materiais: barra metálica (substituível pelo cabo de uma colher), palito de madeira (com dimensões similares à barra metálica), vela, fósforo ou isqueiro, lata (de refrigerante, por exemplo) e papel alumínio (para evitar a combustão da madeira). Com esses elementos, montou-se o experimento do Produto Educacional, conforme descrição constante no próprio, especificamente na seção 2.4 (Apêndice A).

Após a realização do experimento, aplicou-se, novamente, o instrumento adotado no primeiro encontro.

5.2 RESULTADOS OBSERVADOS

A Tabela 1, a seguir apresentada, revela os percentuais de acertos das questões a que foram os alunos submetidos antes e depois da realização do experimento, ou seja, no primeiro e quarto encontros:

	Questão 01	Questão 02	Questão 03	Questão 04	Questão 05
Antes do experimento	50	30	17	27	80
Depois do experimento	67	87	77	70	83

Tabela 1 - Percentuais de Acertos Anteriores e Posteriores ao Experimento

Os resultados acima identificados estão representados no Gráfico 1, a seguir explicitado:

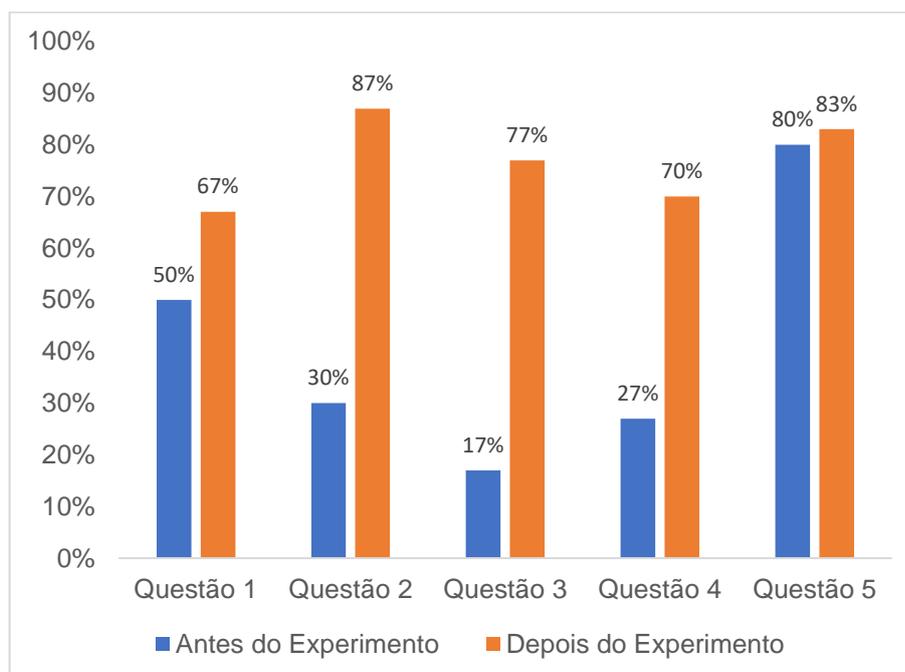


Gráfico 1 - Percentuais de Acertos Anteriores e Posteriores ao Experimento

Da análise do elemento gráfico, bem como da Tabela 1, verifica-se que os alunos, a partir da atividade prática experimental, evoluíram positivamente no que concerne à compreensão da temática que envolve a condução de calor.

O paralelo entre os resultados obtidos antes e após o experimento é estabelecido com base no ganho normalizado ou ganho de Hake, que representa

um parâmetro de avaliação que mede a evolução do aprendizado de uma turma de estudantes por um determinado método de ensino, de maneira

quantitativa, através de uma análise da porcentagem de acertos em dois testes. (Diniz, 2015, p. 37).

O ganho é analisado por meio da relação abaixo (Hake, 1998):

$$g = \frac{\%pós - \%pré}{100\% - \%pré} \quad (40)$$

em que %pré refere-se à média de acertos obtidos pelos alunos antes da realização da atividade prática experimental e %pós corresponde ao percentual mediano de acertos após o experimento.

Aplicando-se a equação retro aos resultados obtidos nos testes em relação a cada questão e à sua média, obtém-se os dados apresentados na Tabela 2, a seguir explicitada:

Questão	Ganho de Hake	Cálculo
01	0,3	$g = \frac{67 - 50}{100 - 50} = 0,3$
02	0,8	$g = \frac{87 - 30}{100 - 30} = 0,8$
03	0,7	$g = \frac{77 - 17}{100 - 17} = 0,7$
04	0,5	$g = \frac{70 - 27}{100 - 27} = 0,5$
05	0,1	$g = \frac{83 - 80}{100 - 80} = 0,1$
Média	0,6	$g = \frac{76,8 - 40,8}{100 - 40,8} = 0,6$

Tabela 2 - Ganho de Hake

Ainda conforme Hake (1998), existem 03 (três) categorias para o ganho normalizado, conforme segue: baixo ($g < 0,3$), médio ($0,3 \leq g < 0,7$) e alto ($g \geq 0,7$). Portanto, verifica-se ganho baixo em relação à questão 05, ganho médio no que se refere às questões 01 e 04 e ganho alto no tocante às questões 02 e 03. Quando se estabelece a média de acertos antes e depois do experimento prático, observa-se um ganho normalizado da ordem de 0,6.

A proposta representada pela sequência didática ora discutida buscou alinhar seus objetivos aos princípios da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), sobretudo

no que se refere ao desenvolvimento do pensamento científico e ao entendimento dos fenômenos naturais.

Registre-se que a mencionada Base ressalta a relevância do desenvolvimento da capacidade de observação, análise e experimentação, elementos imprescindíveis à compreensão dos conceitos relacionados à condução de calor. A sequência proposta disponibiliza aos alunos possibilidades de aplicar o conhecimento respectivo em circunstâncias do cotidiano, como preconizado pela Base (Brasil, 2017).

O ganho normalizado obtido indica que os alunos alcançaram um ganho de aprendizado mediano, o que comprova a eficácia da sequência desenvolvida, que evidencia o alinhamento das práticas implementadas com as expectativas da BNCC, na medida em que favorece uma aprendizagem ativa.

A questão 01 avaliava a compreensão dos alunos sobre a transferência de calor entre o corpo humano e um objeto frio. Inicialmente, metade dos alunos compreendia corretamente que o calor se desloca do corpo para o objeto, e não o contrário. Após o experimento, o percentual de acertos subiu para 67% (sessenta e sete por cento), evidenciando que a atividade prática ajudou a consolidar esse conceito. A variação observada demonstra a eficácia do aprendizado ativo, onde os alunos podem visualizar e sentir os fenômenos descritos teoricamente.

A habilidade cognitiva trabalhada nessa atividade é a compreensão conceitual. A atividade experimental permitiu que eles consolidassem esse conceito por meio da atividade prática, onde observaram que o calor se move do corpo mais quente (a mão) para o objeto mais frio, ao invés do "frio" se mover. Esse tipo de aprendizagem ativa promove uma compreensão mais profunda dos conceitos teóricos, melhorando a capacidade dos alunos de aplicar o conhecimento em diferentes contextos.

No tocante à questão 02, que abordava os processos de condução e convecção na transmissão de calor. Antes do experimento, apenas 30% (trinta por cento) dos alunos responderam corretamente, indicando uma dificuldade em distinguir esses processos. Após a realização da atividade prática, a taxa de acertos subiu para 87% (oitenta e sete por cento), mostrando uma melhora significativa na compreensão dos conceitos e confirmando o experimento como fundamental para uma visualização clara dos processos, facilitando a internalização do conhecimento.

Com essa atividade, trabalhou-se a diferenciação de processos físicos ou compreensão de múltiplos mecanismos de transferência de calor. Os alunos foram desafiados a identificar e distinguir entre os dois processos principais de transmissão

de calor envolvidos no aquecimento da água em uma chaleira: condução (transmissão de calor do fundo da chaleira para a água) e convecção (circulação do calor através do movimento do líquido em seu interior).

Com apenas 17% (dezessete por cento) de acertos iniciais, a questão 03 revelou uma dificuldade maior em diferenciar condução de convecção no contexto do aquecimento. A prática, que permitiu aos alunos experimentar a sensação de aquecimento ao aproximar a mão de um objeto quente, levou a um aumento nos acertos para 77% (setenta e sete por cento). O crescimento no nível de acertos observado sugere que a experiência direta é recurso indispensável para a compreensão do modo como esses processos térmicos ocorrem.

Evidencia-se, nessa fase do experimento, na condição de habilidade cognitiva, o entendimento acerca de variados mecanismos de transmissão de calor. A pergunta formulada tinha por objetivo levar os alunos a identificar o processo de transmissão térmica empregado. Essa atividade fortaleceu a capacidade de reconhecimento e diferenciação entre os diferentes processos de transmissão de calor.

A questão 04, referente ao posicionamento do congelador e a organização dos produtos na geladeira apresentou, inicialmente, uma baixa taxa de acertos, da ordem de 27% (vinte e sete por cento), subindo para 70% (setenta por cento) após o experimento. Isso indica que a atividade prática levou os alunos ao melhor entendimento da maneira como a circulação de ar frio funciona dentro de uma geladeira, possibilitando-lhes perceber a importância de não sobrecarregar as prateleiras para uma eficiente distribuição do frio. A demonstração prática de como acontece a distribuição do ar frio revela-se fundamental para essa compreensão.

Presente nessa etapa da atividade experimental, verifica-se a aplicação de princípios físicos a problemas práticos. Os alunos foram levados a entender como o posicionamento do congelador na parte superior da geladeira e a organização adequada dos produtos estão relacionados aos princípios de convecção do ar frio, que desce devido à sua maior densidade, e à eficiência do sistema de refrigeração.

A taxa de 80% (oitenta por cento) de acertos da questão 05, antes do experimento, aponta para uma boa compreensão do fato de roupas escuras absorverem mais calor que as claras. A sensível alteração do percentual de acertos para 83% (oitenta e três por cento) após o experimento indica que, em que pese a prática ter reforçado esse conhecimento, o impacto foi menor em comparação com as

outras questões. Tal resultado pode ser creditado ao fato de a questão tratada apresentar um conceito mais intuitivo e bastante comum fora do contexto escolar.

Percebe-se, no curso da presente etapa, que os alunos desenvolveram a habilidade de compreender e confirmar conceitos previamente adquiridos. Isso porque os alunos já tinham uma boa compreensão do princípio de que roupas escuras absorvem mais calor do que roupas claras, como evidenciado pela alta taxa inicial de acertos. Logo, a atividade foi eficaz em solidificar o conhecimento pré-existente, garantindo que os alunos compreendessem a teoria, ratificando essa percepção a partir de uma situação prática.

A pesquisa demonstra que a realização de experimentos práticos pode melhorar significativamente a compreensão dos alunos sobre conceitos teóricos. O aumento nas taxas de acerto após a atividade prática evidencia a eficácia do método experimental no ensino de condução de calor, cujos resultados podem servir de base para futuras práticas pedagógicas, enfatizando a importância de integrar teoria e prática no processo educativo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente dissertação propõe uma investigação acerca da elaboração e implementação de uma sequência didática para o ensino da condução de calor, no contexto do ensino de Física no Brasil. O percurso desta pesquisa transita por uma jornada que contempla desde os antecedentes históricos do ensino de Física no país até a concepção e efetivação do produto educacional desenvolvido.

No decorrer do estudo, é possível compreender a importância crucial do experimento no processo de aprendizagem de Física. Isso porque a experimentação não apenas impacta o desenvolvimento de habilidades cognitivas dos estudantes, mas também se revela como uma ferramenta poderosa para tornar o ensino mais dinâmico e significativo. Por meio da atividade prática experimental trabalhada, os alunos absorvem os conceitos teóricos, internalizando-os por meio da práxis, possibilitando uma compreensão mais profunda e duradoura dos fenômenos físicos em questão.

Ademais, a análise detalhada dos elementos conceituais básicos relacionados à energia, temperatura e calor, juntamente com as leis da termodinâmica, proporciona uma base sólida para a compreensão da condução de calor. A partir desses fundamentos, torna-se possível explorar os aspectos introdutórios da condução de calor, incluindo a lei fundamental e a condutividade térmica, bem como as equações que regem esse fenômeno em diferentes sistemas de coordenadas.

No âmbito da concepção e efetivação do produto educacional, a sequência didática adotada apresenta-se como uma ferramenta valiosa para facilitar o ensino e a aprendizagem da condução de calor. Servindo-se de atividade prática experimental, questionamentos reflexivos e estímulo à investigação, a sequência didática proporciona aos educandos uma abordagem mais significativa e envolvente do conteúdo explorado.

Em relação a esse produto, é conveniente registrar que ele baseou-se na Aprendizagem por Descoberta de Jerome Bruner, que concede significados ao conhecimento que se forma a partir da interlocução com informações prévias, por parte do educando. Em outras palavras, a teoria da aprendizagem significativa destaca a relevância do conhecimento já dominado pelo aluno, fundamental à assimilação mais eficaz de novos conceitos e informações.

Os resultados observados durante a implementação da sequência didática evidenciam a eficácia do método proposto, além do engajamento e a motivação dos alunos em relação ao tema abordado. Por meio de atividades contextualizadas e desafiadoras, os alunos podem desenvolver seu entendimento sobre a condução de calor e habilidades importantes como trabalho em equipe, resolução de problemas e pensamento crítico.

Nesse sentido, conclui-se que a sequência didática desenvolvida neste estudo oferece uma contribuição significativa para o ensino de Física, ao proporcionar uma abordagem inovadora e eficaz para a compreensão da condução de calor. Espera-se que este trabalho possa inspirar e subsidiar futuras práticas pedagógicas, sempre com a finalidade de elevar a qualidade do ensino e aprendizagem da Física como ciência de inegável importância ao entendimento do mundo.

REFERÊNCIAS

ABI-NADER, P. M. P. de A. **Simulação numérica do processo de condução de calor em um corpo rígido com mudança de fase**. 2016. 60f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, 2016. Disponível em <<https://www.bdttd.uerj.br:8443/handle/1/11741>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

ALMEIDA JUNIOR, J. B. A Evolução do Ensino de Física no Brasil – 2ª Parte. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo/SP, v. 2, n. 1, p. 55-73, 1980. Disponível em <<https://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol02a06.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2024.

_____. A Evolução do Ensino de Física no Brasil. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo/SP, v. 1, n. 2, p. 45-58, 1979. Disponível em <<https://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/vol01a17.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2024.

ALMEIDA, W. R. A. A educação jesuítica no Brasil e seu legado para a educação da atualidade. *Grifos*, Chapecó/SC, v. 23, n. 36/37, p. 117-126, 2014. Disponível em <<https://bell.unochapeco.edu.br/revistas/index.php/grifos/article/view/2540>>. Acesso em: 18 abr. 2024.

ALVES, D. P. *et al.* Ensinando condução térmica para o Ensino Fundamental. **Physicae Organum**, Brasília/DF, v. 8, n. 1, p. 40-57, 2022. Disponível em <<https://periodicos.unb.br/index.php/physicae/article/view/42816/32921>>. Acesso em: 27 abr. 2024.

ALVES, E. G.; MORAIS, R. B.; SANTOS, L. K. M. Desenvolvimento de um experimento de custo reduzido para investigar aspectos da força magnética sobre um condutor percorrido por corrente elétrica. **A Física na Escola**, São Paulo/SP, v. 21, n. 1, 2023. Disponível em <<https://fisicanaescola.org.br/index.php/revista/article/view/21>>. Acesso em: 10 nov. 2023.

AMORIM, A. M. A. de *et al.* Jogo de mímica para o ensino de propagação do calor: condução, convecção e irradiação. **Revista Prática Docente**, Confresa/MT, v. 3, n. 1, p. 158-170, jan./jun. 2018. Disponível em <<https://periodicos.cfs.ifmt.edu.br/periodicos/index.php/rpd/article/view/606/594>>. Acesso em: 20 abr. 2024.

ANDRADE, M. E. de; VIVEIRO, A. A.; D'ABREU, J. V. V. Simulações Computacionais no Ensino de Física: um Estado da Arte em teses e dissertações de 1973 a 2021. **Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciências e Matemática**, Itapetininga/SP, v. 5, p. 1-18, 2024. Disponível em <<https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/revin/article/view/1544/590>>. Disponível em: 20 abr. 2024.

AQUINO, L. V. **Avaliação de uma Proposta de Mudança Curricular no Colégio Pedro II – Rio de Janeiro**. 2006. 256f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro/RJ, 2006.

Disponível em <https://ppge.educacao.ufrj.br/teses/tese_lygia_vuyk_de_aquino.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2024.

ARAÚJO, R. S.; VIANNA, D. M. A história da legislação dos cursos de Licenciatura em Física no Brasil: do colonial presencial ao digital a distância. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo/SP, v. 32, n. 4, 2010. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/jN5gBypgXBDCpf6GQMDcNHh/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 20 abr. 2024.

ASSIS, R. M. A educação brasileira durante o período militar: a escolarização dos 7 aos 14 anos. **Educação em Perspectiva**, Viçosa/MG, v. 3, n. 2, p. 320-339, jul./dez. 2012. Disponível em <<https://periodicos.ufv.br/educacaoemperspectiva/article/view/6512/2673>>. Acesso em: 20 abr. 2024.

BANDEIRA, D. A. **Material didático: criação, mediação e ação educativa**. Curitiba/PR: Intersaberes, 2023.

BARBOSA, C. D. *et al.* O movimento de cargas elétricas em um fio condutor: cuidados com as simplificações das simulações no ensino de física. **Scientia Plena**, Aracaju/SE, v. 13, n. 01, jan. 2017. Disponível em <<https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/3350/1624>>. Acesso em: 20 abr. 2024.

BARRETO, A. C. C.S. A educação como direito social e exercício da cidadania: um estudo sobre o processo da redemocratização brasileira (1985 a 2015). **Revista Ciências Humanas - UNITAU**, Taubaté/SP, v. 8, n. 2, p. 39-50, dez. 2015. Disponível em <<https://www.rchunitau.com.br/index.php/rch/article/view/273>>. Acesso em: 20 abr. 2024.

BARRETO, B.; XAVIER, C. **Física aula por aula: Mecânica dos Fluidos. Terminologia. Óptica**. 3ª ed. São Paulo: FTD, 2016.

BARRETO, R. G. A Recontextualização das Tecnologias da Informação e da Comunicação na Formação e no Trabalho Docente. **Educação & Sociedade**, Campinas/SP, v. 33, n. 121, p. 985-1002, out./dez. 2012. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/es/a/S3v8C4TJdsLFbVyCNG4VpHN/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

BARROS, T. R.; DIAS, W. S. Práticas experimentais de Física a distância: Desenvolvimento de uma aplicação com Arduino para a realização do Experimento de Millikan remotamente. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo/SP, v. 41, n. 4, 2019. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/7BGcGP9WtqCMtDcCwmMp3sx/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 23 abr. 2024.

BATISTELLA, C. A. R. **Física no Ensino Médio: Ensino-Aprendizagem do Conceito Calor na Concepção da Teoria de Davydov com contribuições de Hedegaard**. 2020. 255f. Tese (Doutorado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia/GO, 2020. Disponível em

<<https://tede2.pucgoias.edu.br/bitstream/tede/4510/2/Carmes%20Ana%20da%20Rosa%20Batistella.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2023.

BERGMAN, T. L. *et al.* **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. Tradução de Eduardo Mach Queiroz e Fernando Luiz Pellegrini Pessoa. 7ª ed. Rio de Janeiro/RJ: LTC, 2014.

BERTOLDI, A. Alfabetização científica versus letramento científico: um problema de denominação uma diferença conceitual? **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro/RJ, v. 25, 2020. Disponível em <<https://www.scielo.br/rbedu/a/zWmkbLPy9cwKRh9pvFfryJb/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 15 mar. 2024.

BLUMENBERG, H. **Teoria da não conceitualidade**. Tradução de Luiz Costa Lima. Belo Horizonte/MG: Editora UFMG, 2013.

BORGES, A. T.; GOMES, A. D. T. Percepção de estudantes sobre desenhos de testes experimentais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis/SC, v. 22, n. 1, p. 71-94, 2005. Disponível em <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6394/5919>>. Acesso em: 25 abr. 2025.

BOROCHOVICIUS, E.; TASSONI, E. C. M. Aprendizagem Baseada em Problemas: uma Experiência no Ensino Fundamental. **Educação em Revista**, Belo Horizonte/MG, v. 37, 2021. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/edur/a/hY5pBZkfjL9XvGfHn5PPyFz/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1998. Disponível em <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/pcn/ciencias.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2023.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Conselho Nacional de Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília/DF: MEC/SEB, 2017.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Conselho Nacional da Educação. Câmara Nacional de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília: Ministério da Educação, 2013. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=13448-diretrizes-curriculares-nacionais-2013-pdf&Itemid=30192>. Acesso em 04 nov. 2023.

BURATTINI, M. P. T. C. **Energia - Uma Abordagem Multidisciplinar**. São Paulo/SP: Livraria da Física, 2008.

BRUNER, J. **Cultura da Educação**. São Paulo: Edições 70, 2000.

_____. **O Processo da Educação**. São Paulo: Edições 70, 2015.

CAMPOS, M. C. C.; NIGRO, R. G. **Didática de Ciências: o ensino-aprendizagem como Investigação**. São Paulo: FTD, 1999.

CARDOSO, S. P.; COLINVAUX, D. Explorando a motivação para estudar química. *Química Nova*, São Paulo/SP, v. 23, n. 3, p. 401-404, 2000. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/qn/a/p5RBxxgngzWRBhkvXL7jFQP/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 23 abr. 2024.

CARVALHO, A. M. Ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: _____. (Org.). **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo/SP: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Rio de Janeiro/RJ, v. 18, n. 3, p. 765-794, dez. 2018. Disponível em <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852/3040>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. Ensino de Física por investigação: referencial teórico e as pesquisas sobre as sequências de ensino investigativas. **Ensino em Revista**, Uberlândia/MG, v. 22, n. 2, p. 249-266, jul./dez. 2015. Disponível em <<https://seer.ufu.br/index.php/emrevista/article/view/34452/18275>>. Acesso em: 21 mar. 2024.

_____. Ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio e a formação de professores. **Estudos Avançados**, São Paulo/SP, v. 32, n. 94, p. 43-55, dez. 2018. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/ea/a/KMMfk3s86fdK6pTrKmcnFBD/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

CHAGAS, S. M. A.; MARTINS, I. O laboratório didático nos discursos de professores da Física: heterogeneidade e intertextualidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis/SC, v. 26, n. 3, p. 625-649, dez. 2009. Disponível em <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2009v26n3p625/11140>>. Acesso em: 17 nov. 2023.

CHASSOT, A. I. Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro/RJ, n. 22, p. 89-100, jan./fev./mar./abr. 2003. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbedu/a/gZX6NW4YCy6fCWFQdWJ3KJh/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 16 abr. 2024.

_____. **Catalisando transformações na educação**. Ijuí/RS: Editora Unijuí, 1993.

CHIBENI, S. S. **O que é ciência?** Campinas, 2001. Disponível em <<https://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/ciencia.pdf>>. Acesso em: 17 mar. 2024.

CLITO, A. **Termodinâmica para Engenharia**. 2ª ed. São Paulo/SP: Martins Fontes, 2021.

CORREIA, F. **Descoberta sobre condução térmica desafia lei da física**. Olhar Digital, 2024. Disponível em <<https://olhardigital.com.br/2024/03/06/ciencia-e-espaco/descoberta-sobre-conducao-termica-desafia-lei-da-fisica/>>. Acesso em: 15 abr. 2024.

CORREIA, J. J.; OLIVEIRA, W. C. A definição de energia interna e o enunciado da primeira lei da termodinâmica nos livros didáticos. **Revista Binacional Brasil Argentina**, Vitória da Conquista/BA, v. 7, n. 2, p. 184-215, 2018. Disponível em <<https://periodicos2.uesb.br/index.php/rbba/article/view/4647/3654>>. Acesso em: 26 abr. 2024.

CUNHA, R. B. Alfabetização científica ou letramento científico?: interesses envolvidos nas interpretações da noção de *scientific literacy*. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro/RJ, v. 22, n. 68, p. 169-186, jan./mar. 2017. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbedu/a/cWsmkrWxxvcm9RFvvQBWm5s/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 18 abr. 2024.

DEMO, P. Educação Científica. **Boletim Técnico do Senac**, Rio de Janeiro/RJ, v. 36, n. 1, p. 15-25, jan./abr. 2010. Disponível em <<https://senacbts.emnuvens.com.br/bts/article/view/224/207>>. Acesso em: 17 abr. 2024.

DIAS, N. V. A. **Ensino de Física e Possibilidades de Mobilização do Saber**. 2021. 234f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Presidente Prudente/SP, 2021. Disponível em <<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/a9e81de1-9149-4f24-a539-991c9462095b/content>>. Acesso em: 14 mar. 2024.

DINIZ, A. C. **Implementação do Método Peer Instruction em Aulas em Física no Ensino Médio**. 2015. 152f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal de Minas Gerais, Viçosa/MG, 2015. Disponível em <<https://locus.ufv.br/bitstreams/62f1a033-4ea5-47bc-aff9-25c1a02e1272/download>>. Acesso em: 14 abr. 2024.

DIOGO, R. C.; GOBARA, S. T. Educação e ensino de Ciências Naturais/Física no Brasil: do Brasil Colônia à Era Vargas. **Revista Brasileira e Estudos Pedagógicos**, Brasília/DF, v. 89, n. 222, p. 365-383, maio/ago. 2008. Disponível em <<https://rbep.inep.gov.br/ojs3/index.php/rbep/article/view/1512/1251>>. Acesso em: 19 abr. 2024.

ESPINOZA, A. M. **Ciências na escola: novas perspectivas para formação dos alunos**. Tradução de Camila Bogéa. São Paulo: Ática, 2010.

FERREIRA, G. F. **Por uma Epistemologia da Tecnologia na Educação Matemática**. 2020. 179f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Universidade Estadual Paulista, 2020. Disponível em <<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/cbd64658-e8d6-4bdb-8123-fe5c1cca450c/content>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

FIORI, M. M. **Experiência e Tradição: medicina, história natural e o teatro da natureza no Brasil holandês**. 2019. 137f. Tese (Doutorado em História) – Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes, Universidade Estadual de Maringá, 2019. Disponível em <http://repositorio.uem.br:8080/jspui/bitstream/1/5615/1/Marlon%20Marcel%20Fiori_2019.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2024.

FONTANA, R. D. B.; SANTOS, I. A. Os enunciados da segunda lei da termodinâmica: Uma possível abordagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo/SP, v. 38, n. 1, 2016. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/3ZJFqpkshqXnndJrcpjZ4nD/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 27 abr. 2024.

FREITAS, R.A.M. da M. Ensino por problemas: uma abordagem para o desenvolvimento do aluno. **Educação e Pesquisa**, São Paulo/SP, v. 38, n. 2, p. 403-418, abr./jun. 2012. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/ep/a/sk8JPtqzGPdVN4jyTXyB7wd/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

GARCIA, R. L. Resfriamento de um cilindro de aço: estudo experimental da convecção e radiação do calor. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo/SP, v. 39, n. 4, 2017. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/r64CmzVc9qZrtXKjXY5Q5XG/?lang=pt>>. Acesso em: 15 abr. 2024.

GERMANO, J. W. **Estado militar e educação no Brasil (1964-1985)**. 4ª. ed. São Paulo/SP: Cortez, 2005.

GIORDAN, M. O papel da experimentação no ensino de ciências. **Química Nova na Escola**, São Paulo/SP, v. 10, p. 43-49, 1999. Disponível em <<http://qnesc.s bq.org.br/edicao.php?idEdicao=40>>. Acesso em: 12 abr. 2024.

GODOY, L. P.; DELL'AGNOLO, R. M.; MELO, W. C. de. **Multiversos: ciências da natureza: matéria, energia e a vida: ensino médio**. São Paulo: Editora FTD, 2020.

GOMES, A. A. **Considerações sobre a pesquisa científica: em busca de caminhos para a pesquisa científica**. Universidade Estadual Paulista/Faculdade de Ciência e Tecnologia, 2000. Disponível em <https://cursosextensao.usp.br/pluginfile.php/300167/mod_resource/content/1/MC2019%20pesquisa%20cient%C3%ADfica%20-%20Gomes.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2024.

GONÇALVES, F. P.; GALIAZZI, M. do C.. A natureza das atividades experimentais no ensino de ciências: um programa de pesquisa educativa nos cursos de licenciatura (2004). In: MORAES, R.; MANCUSO, R. (Orgs.). **Educação em ciências: produção de currículos e formação de professores**. 2ª ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2006.

GORGES NETO, L.; ARTHURY, L. H. M. A formação docente e as concepções dos estudantes no âmbito da astronomia. **Cadernos de Astronomia**, Vitória/ES, v. 2, n. 1, 159-170, 2021. Disponível em

<<https://periodicos.ufes.br/astrofotografia/article/view/33137/22907>>. Acesso em: 15 abr. 2024.

GUIMARÃES, S. E. R. Motivação intrínseca, extrínseca e o uso de recompensas em sala de aula. In: BZUNECK, J.; BORUCHOVITCHA, E. (Org.). **A motivação do aluno: contribuições da psicologia contemporânea**, Petrópolis/RJ: Editora Vozes, 2001.

HAKE, R. R. **Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses**. American Journal of Physics, Maryland/USA, v. 66, n. 1, p. 64-74, jan. 1998. Disponível em <<https://pubs.aip.org/aapt/ajp/article-abstract/66/1/64/1055076/Interactive-engagement-versus-traditional-methods?redirectedFrom=PDF>>. Acesso em: 12 abr. 2024.

HANSSON, S. O. Defining Pseudoscience and Science. In: PIGLIUCCI, M.; BOUDRY, M. (Org.). **Philosophy of pseudoscience: Reconsidering the demarcation problem**. Tradução de Clarice de Medeiros Chaves Ferreira. Chicago: The University of Chicago Press, 2013. Disponível em <<https://criticanarede.com/pseudociencia.html>>. Acesso em: 16 abr. 2024.

HAZEN, R. M.; TREFIL, J. **Saber Ciência: Do Big Bang à engenharia genética as bases para entender o mundo atual e o que virá depois**. Tradução de Cecília Prada. São Paulo: Editora de Cultura, 1995.

HEIDEMANN, L. A. **Ressignificação das Atividades Experimentais no Ensino de Física por meio do Enfoque no Processo de Modelagem Científica**. 2015. 298f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2015. Disponível em <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/117767>>. Acesso em: 09 nov. 2023.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 13ª ed. Tradução de Francisco Araújo da Costa. Porto Alegre/RS: Bookman, 2023.

HOFSTEIN, A.; LUNETTA, V. N. The laboratory in science education: foundations for the twenty-first century. **Science Education**, Nova Jersey/USA, v. 88, n. 1, p. 28-54, 2003. Disponível em <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.10106>>. Acesso em: 23 abr. 2024.

JARDIM, W. T; GUERRA, A. Experimentos Históricos e o Ensino de Física: Agregando Reflexões a partir da Revisão Bibliográfica da Área e da História Cultural da Ciência. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre/RS, v. 22, n. 3, p. 244-263, 2017. Disponível em <<https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/841/pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2023.

JOSÉ, W. D. *et al.* Enem, Temas Estruturadores e Conceitos Unificadores no Ensino de Física. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte/MG, v. 16, n. 3, p. 171-188, set./dez. 2014. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/epec/a/nHmxrwjTDRzJmMJzWQhtXVc/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

KARAM, R. A. S.; PIETROCOLA, M. **Discussão das relações entre Matemática e Física no ensino de Relatividade Restrita: um estudo de caso**. In: ENCONTRO

NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 7., 2009, Florianópolis/SC. Anais Eletrônicos. Disponível em <<https://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/viienpec/VII%20ENPEC%20-%202009/www.foco.fae.ufmg.br/cd/pdfs/1529.pdf>>. Acesso em: 21 abr. 2024.

KNEUBIL, F. B.; PIETROCOLA, M. A Pesquisa Baseada em Design: Visão Geral e Contribuições para o Ensino de Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre/RS, v. 22, n. 2, p. 01-16, 2017. Disponível em <<https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/310/pdf>>. Acesso em: 08 nov. 2023.

KNIGHT, R. D. **Física – Uma Abordagem Estratégica** – Vol. 1. 2ª ed. Porto Alegre/RS: Bookman, 2009.

KRAUSE, J. C.; SCHEID, N. M. J. Concepções alternativas sobre conceitos básicos de física de estudantes ingressantes em curso superior da área tecnológica: um estudo comparativo. **Revista Espaço Pedagógico**, Passo Fundo/RS, v. 25, n.2, p. 227-240, 2018. Disponível em <<https://seer.upf.br/index.php/rep/article/view/8157/4806>>. Acesso em: 15 abr. 2024.

KUHN, T. **A tensão essencial: estudos selecionados sobre a tradição e mudança científica**. São Paulo: Unesp, 2011.

LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; KANBACH, B. G. A relação com o saber profissional do professor de física e o Fracasso da Implementação de atividades experimentais no ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre/RS, v. 12, n. 3, p. 305-320, 2007. Disponível em <<https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/462/266>>. Acesso em: 10 nov. 2023.

LIBÂNEO, J. C. **Didática**. 33ª ed. São Paulo: Cortez, 2011.

LORENZ, K. M. Os livros didáticos de Ciências na Escola Secundária Brasileira: 1900 a 1950. **Educar em Revista**, Curitiba/PR, v. 10, n. 10, p. 71-79, 1995. Disponível em <<https://revistas.ufpr.br/educar/article/view/36042/22231>>. Acesso em: 20 abr. 2024.

LOUREIRO, B. C. O. O uso das tecnologias da informação e comunicação como recursos didáticos no ensino de física. **Revista do Professor de Física**, Brasília/DF, v. 3, n. 2, p. 93-102, 2019. Disponível em <<https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/24315/23386>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

LOUZADA, A. N.; ELIA, M. F.; SAMPAIO, F. F. Concepções alternativas dos estudantes sobre conceitos térmicos: Um estudo de avaliação diagnóstica e formativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo/SP, v. 37, n. 1, 2015. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/ZxvwwJgSGWmvfTXy7vKQ8BR/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 12 nov. 2023.

MAGALHÃES, C. E. R.; SILVA, E. F. G.; GONÇALVES, C. B. A Interface entre alfabetização científica e divulgação científica. **Revista Amazônica de Ensino de Ciências**, Manaus/AM, v. 5, n. 9, p. 14/28, ago./dez. 2012. Disponível em <<http://repositorioinstitucional.uea.edu.br/bitstream/riuea/3090/1/A%20interface%20e>

ntre%20alfabetiza%C3%A7%C3%A3o%20cient%C3%ADfica%20e%20divulga%C3%A7%C3%A3o%20cient%C3%ADfica.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2024.

MALACARNE, V.; STRIEDER, D. M. O Desvelar da Ciência nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental: um olhar pelo viés da experimentação. **Vivências**, Erechim/RS, v. 5, n. 7, p. 75-85, maio/2009. Disponível em <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/2011/ciencias/02desvelar_ciencia_anos_iniciais.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2023.

MALHEIRO, J. M. da S. Atividades experimentais no ensino de ciências: limites e possibilidades. **ACTIO**, Curitiba/PR, v. 1, n. 1, p. 108-127, jul./dez. 2016. Disponível em <<https://revistas.utfpr.edu.br/actio/article/view/4796/3150>>. Acesso em: 11 abr. 2024.

MALISKA, C. R. **Transferência de Calor e Mecânica dos Fluidos Computacional**. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

MARTINI, G. *et al.* **Conexões com a Física**. 3ª ed. São Paulo: Moderna, 2016.

MASSONI, N. T.; MOREIRA, M. A. Uma análise cruzada de três estudos de caso com professores de física: a influência de concepções sobre a natureza da ciência nas práticas didáticas. **Ciência & Educação**, Bauru/SP, v. 20, n. 3, p. 595-616, 2014. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/ciedu/a/S5wM9Zntrc7GsbpHW7nCpQP/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 25 abr. 2024.

MEDEIROS, E. A. **Física na Educação Básica: um Livro com experimentos de Física como suporte didático para pais e professores de alunos do Ensino Fundamental**. 2018. 157f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Santa Catarina, Blumenau/SC, 2018. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/190890?show=full>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

MEDEIROS, E. A.; LOOS, M. R. O ensino de física na área de ciências naturais no Ensino Fundamental I e Ensino Fundamental II segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais. *Revista do Professor de Física*, Brasília/DF, v. 1, n. 1, 2017. Disponível em <<https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/7078/5729>>. Acesso em: 21 abr. 2024.

MEIRELLES, J. G. **A Família Real no Brasil: política e cotidiano (1808-1821)**. Santo André: UFABC, 2013.

MENEZES, L. C.; HOSOUME, Y. (Coord.). **Leituras de Física – Resumo 1**. GREF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física - Instituto de Física da USP. 1998. Disponível em <<https://fisica.net/gref/termo1.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2023.

MONTORO, S. R. Fenômenos de Transporte B. [s.d.]. Disponível em <https://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/5022779/LOM3213/AULA%201-2%20-%20FT_B%20-%20INTR0DUCA0%20+%20MEC%20FUND%20TC.pdf>. Acesso em: 28 abr. 2024.

MORAES, J. U. P.; SILVA JUNIOR, R. S. Experimentos didáticos no Ensino de Física com foco na Aprendizagem Significativa. **Aprendizagem Significativa em Revista**, Porto Alegre/RS, v. 4, n. 3, p. 61-67, 2014. Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID69/v4_n3_a2014.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2023.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista**, Porto Alegre/RS, v. 1, n. 3, p. 25-46, 2011. Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID16/v1_n3_a2011.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2025.

_____. Desafios no Ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo/SP, v. 43, supl. 1, 2021. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/xpwKp5WfMJsfCRNFCxFhqLy/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 09 nov. 2023.

_____. Ensino de Física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo/SP, v. 22, n. 1, p. 94-99, 2000. Disponível em <http://www.fep.if.usp.br/~profis/arquivo/projetos/artigos/MOREIRA_2000.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2024.

_____. Grandes Desafios para o Ensino da Física na Educação Contemporânea. **Revista do Professor de Física**, Brasília/DF, v. 1, n. 1, 2017. Disponível em <<https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/7074/5725>>. Acesso em: 14 mar. 2024.

_____. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos Avançados**, São Paulo/SP, v. 39, n. 94, p. 73-80, 2018. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/ea/a/3JTLwqQNsfWPqr6hjzyLQzs/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 21 mar. 2024.

MOREIRA, M. A.; ATX, Rolando. **Tópicos em Ensino de Ciências**. Porto Alegre/RS: Sagra, 1991.

MORTIMER, E. F. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.

MOTA, C. M. V.; CAVALCANTI, G. M. D. O Papel das Atividades Experimentais no Ensino de Ciências. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL “EDUCAÇÃO E CONTEMPORANEIDADE”, 6., 2012, São Cristóvão/SE. **Anais Eletrônicos**. São Cristóvão/SE: Colóquio Educon, 2012, p. 1-14. Disponível em <<https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/10179/28/28.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

MOURA, R. A.; BRANDÃO, K. C. de A. Sal de aula invertida e história da Matemática: legado de Fourier e cálculo em perspectiva. **Revista Internacional de Educação Superior**, Campinas/SP, v. 11, 2024. Disponível em <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/riesup/article/view/8674795/33749>>. Acesso em: 13 abr. 2024.

MUELLER, S. P. M. Popularização do conhecimento científico. **DataGramZero: Revista de Ciência da Informação**, Brasília/DF, v. 3, n. 2, abr. 2002. Disponível em <<http://icts.unb.br/jspui/handle/10482/990>>. Acesso em: 15 mar. 2024.

NEVES, C. A. B. O berço francês na nossa educação: do projeto do Colégio Pedro II ao Bac-ENEM. **Domínios de Lingu@gem**, Uberlândia/MG, v. 9, n. 4, p. 64-90, out./dez. 2015. Disponível em <<https://seer.ufu.br/index.php/dominiosdelinguagem/article/view/31267/17694>>. Acesso em: 20 abr. 2024.

NEVES, C. E. B.; MARTINS, C. B. Ensino Superior no Brasil: uma visão abrangente. In: DWYER, T. (Org.) *et al.* **Jovens universitários em um mundo em transformação: uma pesquisa sino-brasileira**. Brasília/DF: IPEA; Pequim: SSAP, 2016. Disponível em <https://portalantigo.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/livros/160715_livro_jovens_universitarios.pdf#page=97>. Acesso em: 20 abr. 2024.

NICOLI JUNIOR, R. B.; MATTOS, C. R. A disciplina Física no ensino secundário entre os anos 1810 e 1930. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis/SC. **Anais Eletrônicos**. Disponível em <https://abrapec.com/atas_enpec/vienpec/CR2/p260.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2024.

OLIVEIRA NETO, N. C. **Desconstrução / Reconstrução dos Conceitos de Calor e Temperatura: um olhar sobre o ensino de Física na Educação de Jovens e Adultos**. 2015. 92f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, 2015. Disponível em <<https://locus.ufv.br/items/08e40ab2-3d82-4721-b30e-bfff181587c0>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

OLIVEIRA, G. G. *et al.* Experimentos portáteis para aula sobre indução eletromagnética, geradores e motores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo/SP, v. 44, 2022. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/SNSn598gDQpQm5DfjCGGvTG/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

OLIVEIRA, J. R. S. Contribuições e abordagens das atividades experimentais no Ensino de Ciências: reunindo elementos para a prática docente. **Acta Scientiae**, Canoas/RS, v. 12, n. 1, p. 139-156, jan./jun. 2010. Disponível em <<http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/31/28>>. Acesso em: 25 abr. 2024.

OLIVEIRA, M. M. L. *et al.* Práticas experimentais de Física no contexto do ensino pela pesquisa: uma reflexão. In: ROCHA FILHO, J. B. da (Org.). **Física no ensino médio: falhas e soluções**, Porto Alegre/RS: EDIPUCRS, 2015. Disponível em <https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/11832/2/Praticas_experimentais_em_fisica_no_contexto_do_ensino_pela_pesquisa_uma_reflexao.pdf>. Acesso em: 25 abr. 2024.

OLIVEIRA, P. M. C.; DECHOUM, K. Facilitando a Compreensão da Segunda Lei da Termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo/SP, v. 25, n. 4, p. 359-363, dez. 2003. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/QtkWp8nDmVbhSTKM96dtcjS/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 27 abr. 2024.

ORDENES, M.; GUTHS, S.; LAMBERTS, R. Estimativa de propriedades termofísicas em campo usando modelos de transferência de calor e umidade. **Ambiente Construído**, Porto Alegre/RS, v. 10, n. 4, p. 19-35, out./dez. 2010. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/ac/a/NB7sFZKPCMxHHgsZvGT7D5D/>>. Acesso em: 12 abr. 2024.

PACCA, J. L. A.; VILLANI, A. A formação continuada do professor de Física. **Estudos Avançados**, São Paulo/SP, v. 32, 94, p. 57-71, 2018. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/ea/a/v4wkHWcTQKrTYCMNXvwhyrc/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 20 abr. 2024.

PACHECO, R. L.; MARTINS-PACHECO, L. H. O que é tecnologia? Uma abordagem para cursos tecnológicos. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING AND TECHNOLOGY EDUCATION, 10., 2008, Peruíbe/SP. **Anais Eletrônicos**. São Vicente/SP: COPEC – Council of Researches in Education and Sciences, 2008. Disponível em <https://www.inf.ufsc.br/~lucia.pacheco/INE5407/2-Tecnologia/070-Tecnologia&Sociedade_INTERTECH'2008.pdf>. Acesso em: 16 abr. 224.

PASSOS, J. C. Os experimentos de Joule e a primeira lei da termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 31, n. 3, 2009. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/jxtswrDG3qGSLpjmjsCPwzs/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 27 maio 2024.

PAULA, H. F.; LIMA, M. E. C. C. Educação em ciências, letramento e cidadania. **Química Nova na Escola**, São Paulo/SP, v. 26, p. 3-9, 2007. Disponível em <<http://qnesc.s bq.org.br/online/qnesc26/v26a02.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2024.

PENA, F. L. A.; RIBEIRO FILHO, A. Obstáculos para o uso de 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**, Rio de Janeiro/RJ, v. 9, n. 1, 2009. Disponível em <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4008/2572>>. Acesso em: 09 nov. 2023.

PEREIRA, R. W.; HEIDEMANN, L. A.; VEIT, E. A. Um experimento didático potencialmente instigante envolvendo a reflexão da luz em um caso aparentemente misterioso. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo/SP, v. 43, 2021. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/wwT8bPHCdFn8QpG8mYcJHsb/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

PEROZINI, R. *et al.* Uso de Aprendizagem Baseada em Problemas no Ensino de Física no Ensino de Jovens e Adultos. **Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco**, v. 8, n. 2, p. 98-112, 2019. Disponível em <<https://ojs.ifes.edu.br/index.php/saladeaula/article/view/607/456>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

PIAGET, J. **Sabedoria e Ilusões da Filosofia**. São Paulo/SP: Difusão Européia do Livro, 1969.

PIFER, A.; AURANI, K. M. A teoria analítica do calor de Joseph Fourier: uma análise das bases conceituais e epistemológicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo/SP, v. 37, n. 1, 2015. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/V85P6jb6SDWqRgf53rcJx4k/>>. Acesso em: 12 abr. 2024.

PINHEIRO, L. A. **O Perfil e os Desafios do Educador em Física na Perspectiva das Diretrizes Curriculares Nacionais de 2015: a formação de profissionais críticos à Educação Básica**. 2021. 286f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande Sul, Porto Alegre/RS, 2021. Disponível em <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/229352>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

PINHEIRO, L. A.; MASSONI, N. Traçando um perfil para o professor de Física da Educação Básica: o que preconiza a legislação brasileira?. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, Passo Fundo/RS, v. 4, n. 1, p. 430-457, jan./jun. 2021. Disponível em <<https://seer.upf.br/index.php/rbecm/article/view/10897/114115881>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

RAICIK, A. C. **Experimentos exploratórios e experimentos cruciais no âmbito de uma controvérsia científica: o caso de Galvani e Volta e suas implicações para o ensino**. 2019. 330f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis/SC, 2019. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/215647/PECT0426-T.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>>. Acesso em: 12 nov. 2023.

ROSA, A. W. da.; HEIDEMANN, L. A.; LIMA, N. W. Integrando aspectos conceituais, epistêmicos e procedimentais em uma atividade didática acerca da Equação de Calor de Fourier voltada a formação de professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo/SP, v. 46, 2024. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/7gWwbZ7FrjG47ZKvLPcTyJs/?lang=pt#>>. Acesso em: 13 abr. 2024.

ROSA, C. T. W. *et al.* Experimento de condução térmica com e sem uso de sensores e Arduino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis/SC, v. 33, n. 1, p. 292-305, abr. 2016. Disponível em <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2016v33n1p292>>. Acesso em: 13 nov. 2023.

ROSA, C. W.; ROSA, A. B. da. O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais. **Revista Ibero-americana de Educação**, Madrid, v. 58, n. 2, 2012. Disponível em <<https://rieoei.org/RIE/article/view/1446/2517>>. Acesso em: 19 abr. 2024.

ROSA, H. V. **Tecnologias Digitais e Educação: os dispositivos móveis nas políticas públicas de inserção das tecnologias na escola**. 2017. 237f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal da Bahia, Salvador/BA, 2017. Disponível em <<https://repositorio.ufba.br/handle/ri/23523>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

ROSÁRIO, M. J. A.; MELO, C. N. de. A educação jesuítica no Brasil colônia. **Revista HISTEDBR On-line**, Campinas/SP, v. 15, n. 61, p. 379–389, 2015. Disponível em

<<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/histedbr/article/view/8640534/8093>>
. Acesso em: 18 abr. 2024.

ROSSI, Fernanda; HUNGER, Dagmar. A formação continuada de professores: entre o real e o 'ideal'. **Pensar a Prática**, Goiânia, v. 15, n. 4, p. 821-1113, out./dez. 2012, Disponível em <<https://revistas.ufg.br/feff/article/view/15564/13113>>. Acesso em: 15 abr. 2024.

SAA, A. **Transmissão de Calor**. 2006. Disponível em <<https://vigo.ime.unicamp.br/~asaa/Calor.pdf>>. Acesso em: 28 abr. 2024.

SAGAN, C. Why we need to understand Science. Tradução de Maurício Sauerbronn de Moura. **The Skeptical Inquirer**, New York, v. 14, n. 3, p. 263-269, 1990. Disponível em <<https://skepticalinquirer.org/1990/04/why-we-need-to-understand-science/>>. Acesso em: 17 abr. 2024.

SALES, J. P. A. **Um Caminho Interdisciplinar para o Estudo de Tópicos da Física Térmica**. 2020. 113f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Tocantins, Araguaina/TO, 2020. Disponível em <<https://www.btdt.uerj.br:8443/handle/1/11741>>. Acesso em: 23 abr. 2024.

SAMPAIO, G. M. D., SANTOS, N. P. Os livros didáticos de física e química nos primeiros dezoito anos do Colégio de Pedro II (1838-1856). In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6., 2007, Florianópolis/SC. **Anais Eletrônicos**. Disponível em <https://abrapec.com/atas_enpec/vienpec/CR2/p42.pdf>. Acesso em: 19 abr. 2024.

SANTOS FILHO, J. As Leis da Termodinâmica: contexto histórico, definições e aplicações. In: ANDRADE, M. C. N. (Org.). **Termodinâmica: prática e sem mistérios**. São Paulo/SP: Editora Científica Digital, 2021. Disponível em <<https://downloads.editoracientifica.org/articles/210303684.pdf>>. Acesso em: 26 abr. 2024.

SANTOS, M. C. G. *et al.* Análise dos conceitos de Entropia presentes nos livros didáticos do PNLD 2015. In: ENCONTRO DE DEBATES SOBRE O ENSINO DE QUÍMICA, 37., 2017, Rio Grande/RS. **Anais Eletrônicos**. Disponível em <<https://edeq.furg.br/images/arquivos/trabalhoscompletos/s14/ficha-148.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2024.

SASSERON, L. H. Ensino de ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: uma mirada para a Base Nacional Comum Curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Rio de Janeiro/RJ, v. 18, n. 3, p. 1061-1085, dez. 2018. Disponível em <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4833/3034>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SAVIANI, D. **Escola e Democracia**. 44^a ed. Campinas/SP: Autores Associados, 2021.

SCARPA, D. L.; SASSERON, L. H.; SILVA, M. B. e. O Ensino por Investigação e a Argumentação em Aulas de Ciências Naturais. **Tópicos Educacionais**, Recife/PE, v. 23, n.1, p. 7-27, jan./jun. 2017. Disponível em

<<https://periodicos.ufpe.br/revistas/topicoseducacionais/article/view/230486>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SCHIVANI, M. **Contextualização no Ensino de Física à Luz da Teoria Antropológica do Didático: o caso da robótica educacional**. 2014. 220f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 2014. Disponível em <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-01122014-104322/publico/MILTON_SCHIVANI_rev.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SCHULZ, D. **Aprendizagem significativa de termodinâmica no Ensino Médio através do estudo de máquinas térmicas como tema motivador**. 2009. Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/~dschulz/web/primeira_lei.htm>. Acesso em: 27 abr. 2024.

SEIXAS, R. H. M. **Tecnologias Educacionais no Ensino de Ciências da Natureza em Escolas Públicas do Município de Pelotas / Brasil**. 2017. 115f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 2017. Disponível em <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/157975>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SIERRA, C. B.; JIMÉNEZ, V. M.; MACÍAS, C. R. Las ideas alternativas del alumnado de primer ciclo de Educación Secundaria Obligatoria sobre la conservación de la energía, el calor y la temperatura. **Campo Abierto**, Badajoz/Espanha, n. 24, p. 99-126, 2003. Disponível em <https://dehesa.unex.es/flexpaper/template.html?path=https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/15722/1/0213-9529_24_99.pdf#page=4>. Acesso em: 12 nov. 2023.

SILVA FILHO, A. C. R. da. **A Primeira Lei da Termodinâmica**. [s.d.]. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo. Disponível em <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7741422/mod_resource/content/1/Aula19%20-%20Primeira%20Lei%20Termodina%CC%82mica.pdf#:~:text=A%20primeira%20lei%20da%20termodin%C3%A2mica%20%C3%A9%20simplesmente%20a%20afirma%C3%A7%C3%A3o%20da,que%20da%C3%AD%20se%20podem%20deduzir%E2%80%9D.>>. Acesso em: 27 maio 2024.

SILVA, M. B. e; SASSERON, L. H. Alfabetização científica e domínios do conhecimento científico: proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a transformação social. **Ensaio - Pesquisa em Educação e Ciências**, Belo Horizonte/MG, v. 23, 2021. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/epec/a/ZKp7zd9dBXTdJ5F37KC4XZM/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 18 abr. 2024.

SILVEIRA, I. C. da. **Análise da condução de calor transiente uni e bidimensional submetidas as harmônicas térmicas nas condições de contorno**. 2012. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa/PB, 2012. Disponível em <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/5330>>. Acesso em: 12 abr. 2024.

SMITH, J. M. *et al.* Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química. 8ª ed. Barueri/SP: LTC, 2020.

SOARES, M. **Letramento: um tema em três gêneros**. 3ª ed. Belo Horizonte/MG: Autêntica, 2017

SOLINO, A. P.; FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Ensino por Investigação como Abordagem Didática: Desenvolvimento de Práticas Científicas Escolares. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21., 2015, Uberaba/MG. **Anais Eletrônicos**. Disponível em <<https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/sys/resumos/T0254-1.pdf>>. Acesso em: 14 mar. 2024.

SOUZA, D. A. **A Física no Ensino Médio Integrado: Dimensões Curriculares e Concepções Docentes**. 2019. 218f. Tese (Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências) – Universidade Federal da Bahia, Salvador/BA, 2019b. Disponível em <<https://repositorio.ufba.br/bitstream/ri/30916/1/Tese%20Vers%c3%a3o%20Final.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SOUZA, E. P. B. **Física no Ensino Médio: Ensino-Aprendizagem do Conceito Calor na Concepção da Teoria de Davydov com contribuições de Hedegaard**. 2016. 98f. Tese (Doutorado em Física) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande Norte, Natal/RN, 2016. Disponível em <https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/24145/1/EliangelaPaulinoBento_TESE.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2024.

SOUZA, P. V. T. de. **Modelos de Simulação Qualitativos como Estratégia para o Ensino de Ciências**. 2019. 285f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) – Universidade de Brasília, Brasília/DF, 2019a. Disponível em <<http://icts.unb.br/jspui/handle/10482/39289?locale=fr>>. Acesso em: 27 abr. 2024.

SOUZA; S. C.; DOURADO, L. Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP): um Método de Aprendizagem Inovador para o Ensino Educativo. **Holos**, Natal/RN, v. 5, p. 182-200, 2015. Disponível em <<https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/2880/1143>>. Acesso em: 24 abr. 2024.

SPECHT, L. P. *et al.* Análise da transferência de calor em paredes compostas por diferentes materiais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre/RS, v. 10, n. 4, p. 7-18, out./dez. 2010. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/ac/a/P89KWbNzJBcstpNhQtsKwqc/>>. Acesso em: 20 abr. 2024.

SUART, R. D. C.; MARCONDES, M. E. R. A manifestação de habilidades cognitivas em atividades experimentais investigativas no ensino médio de química. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro/RJ, v. 14, n. 1, p. 50-74, 2009. Disponível em <<http://pepsic.bvsalud.org/pdf/cc/v14n1/v14n1a05.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2024.

TAHA, M. S. Experimentação como Ferramenta Pedagógica para o Ensino de Ciências. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá/MT, v. 11, n. 1, p. 138-154, 2016. Disponível em <<https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/552/523>>. Acesso em: 11 abr. 2024.

TAKIYA, C. *et. al.* Abordagens Termodinâmicas: uma análise das Leis e dos principais conceitos em livros didáticos. **Revista Binacional Brasil Argentina**, Vitória da Conquista, v. 9, n. 2, p. 292-316, jan. 2021. Disponível em <<https://periodicos2.uesb.br/index.php/rbba/article/view/7800/5334>>. Acesso em: 27 maio 2024.

TANAKA, M. T.; FALLEIROS, N. A. **Equilíbrio termodinâmico em sistemas abertos**. 2012. Disponível em <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/142779/mod_resource/content/1/2_APOSTILA%20PMT2305%20Marcio%20Toshio%20Tanaka.pdf>. Acesso em: 27 maio. 2024.

TAVARES, R. Aprendizagem significativa e o ensino de ciência. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro/RJ, v. 13, n. 1, p. 94-100, 2008. Disponível em <<http://pepsic.bvsalud.org/pdf/cc/v13n1/v13n1a10.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2024.

TOULMIN, S. E. **Os Usos do Argumento**. Tradução de Reinaldo Guarany. 3ª ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2022.

UNESCO. **A ciência para o século XXI: uma nova visão e uma base de ação**. Brasília: UNESCO, ABIPTI, 2003. Disponível em <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000131550_por>. Acesso em: 15 mar. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE. **O que é Ciência**. Campina Grande/PB, 2018. Disponível em <<https://cfp.ufcg.edu.br/portal/index.php/textos-de-divulgacao/425-o-que-e-ciencia>>. Acesso em: 17 mar. 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL **Propagação do Calor**. Porto Alegre/RS, s.d. Disponível em <<https://www.if.ufrgs.br/cref/leila/propaga.htm>>. Acesso em: 12 abr. 2024.

VISONI, R. M.; CANALLE, J. B. G. Bartolomeu Lourenço de Gusmão: o primeiro cientista brasileiro. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo/SP, v. 31, n. 3, 2009. Disponível em <<https://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/313604.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2024.

YGOTSKY, L. S. **A Construção do Pensamento da Linguagem**. Tradução de Paulo Bezerra. 2ª ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2009.

_____. **Pensamento e Linguagem**. São Paulo/SP: Editora Martins Fontes, 2008.

WEISZ, I. C. Afinal, o que é Ciência? **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro/RJ, v. 23, n. 30, 2023. Disponível em <<https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/23/30/afinal-o-que-e-ciencia>>. Acesso em: 17 abr. 2024.

WELTY, J. R.; RORRER, G. L.; FOSTER, D. G. Fundamentos de Transferência de Momento, de Calor e de Massa. 6ª ed. Barueri/SP: LTC. 2017.

WESENDONK, F. S.; PRADO, L. do. Atividade Didática Baseada em Experimento: Discutindo a Implementação de uma Proposta Investigativa para o Ensino de Física. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá/MT, v. 10, n. 1, p. 54-80, 2015.

Disponível em <<https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/514/486>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

WOMMER, F. G. B. *et al.* Métodos ativos de aprendizagem: uma proposta de classificação e categorização. **Revista Cocar**, Belém/PA, v. 14, n. 28, p. 109-131, jan./abr. 2020. Disponível em <<https://periodicos.uepa.br/index.php/cocar/article/view/3111/1374>>. Acesso em: 25 abr. 2024.

YAMAZAKI, S. C.; YAMAZAKI, R. M. de O. Experimentos no Ensino de Física: um olhar de viés epistemológico. **Revista Exitus**, Santarém/PA, v. 7, n. 3, p. 38-63, set./dez. 2017. Disponível em <<http://educa.fcc.org.br/pdf/exitus/v7n3/2237-9460-exitus-7-3-38.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2024.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física – Vol. II – Termodinâmica e Ondas**. 14^a ed. Campinas/SP: Pearson, 2016.

ZHENG, K.; GHOSH, S.; GRANICK, S. Exceptions to Fourier's Law at the Macroscale. **Applied Physical Sciences**, Chapel Hill/Estados Unidos, v. 121, n. 11, 2024. Disponível em <<https://www.pnas.org/doi/10.1073/pnas.2320337121>>. Acesso em: 10 abr. 2024.

ZOLLER, U. Are lecture and learning compatible? Maybe for LOCS: Unlikely for HOCS. **Journal of Chemical Education**, Washington DC/USA, v. 70, n. 3, p. 195-197, mar. 1993. Disponível em <<https://pubs.acs.org/doi/epdf/10.1021/ed070p195>>. Acesso em: 25 abr. 2024.

ZOTTI, S. A. O currículo no Brasil colônia: proposta de uma educação para a elite. **Práxis Educacional**, Vitória da Conquista/BA, n. 2, p. 115-140, 2006. Disponível em <<https://periodicos2.uesb.br/index.php/praxis/article/view/516/413>>. Acesso em: 19 abr. 2024.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL



UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO AMAZONAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 04

Hiram Jephson Gabriel da Costa

PRODUTO EDUCACIONAL

PERCURSO DIDÁTICO: UMA ALTERNATIVA PARA A COMPREENSÃO DA
CONDUÇÃO DE CALOR

Manaus

2023

Hiram Jephson Gabriel da Costa

PERCURSO DIDÁTICO: UMA ALTERNATIVA PARA A COMPREENSÃO DA
CONDUÇÃO DE CALOR

Este produto educacional é parte integrante da dissertação SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO SOBRE A CONDUÇÃO DE CALOR, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 04 – UFAM / IFAM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Minos Martins Adão Neto

Manaus

2023

AGRADECIMENTOS

O momento tão esperado chegou! É chegada a hora de concluir mais uma caminhada. Foram muitos os acontecimentos que marcaram minha jornada nestes meses que se passaram. Muitos momentos felizes, apesar de situações de dificuldades. Por essa razão, tenho que agradecer a Deus por ter posto em minha vida pessoas fantásticas que estiveram sempre comigo.

Agradeço aos meus pais, por terem me dado todo o suporte que podiam. A eles devo o que sou hoje.

Quero também agradecer aos colegas do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), com os quais a discussão e a partilha de saberes e experiências fizeram desta jornada um experiência especial. Dentre eles, especialmente, agradeço à Cristian, que sempre me motivou e muito me ajudou nas dificuldades; e à Geisiele, que sempre esteve pronta para me ajudar em tudo que precisava, por ter montado um grupo de estudo remoto como suporte nos momentos em que as coisas não transcorriam tão bem.

Agradeço aos meus mestres do MNPEF, que contribuíram para todo o meu desenvolvimento acadêmico, compartilhando comigo seus conhecimentos e doando o tempo que possuíam. Agradeço especialmente ao meu orientador, Prof. Dr. Minos Martins Adão Neto, pela dedicação em seu trabalho em todos os momentos e pela paciência que teve comigo em tantos outros. À Profa. Dra. Rita de Cássia, por ter me ajudado a encontrar um caminho quando me sentia perdido. E aos Professores Doutores Wanderley Vitorino e Antonio Xavier Gil, pela escuta constante e auxílio na escrita.

Agradeço aos alunos partícipes das ações que embasam este Produto Educacional, na certeza de que sua disponibilidade representa o substrato necessário para a materialização do objetivo estabelecido.

Para terminar, crêdulo de que esforço nenhum é suficiente para elencar os que de alguma maneira, fizeram-se presentes nesta trajetória, registro especial gratidão a todos, a quem agasalho em meu coração.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema Conceitual de Calor	13
Figura 2 – Aplicação do Instrumento de Pesquisa entre os Alunos	15
Figura 3 – Material Necessário à Montagem da Atividade Prática Experimental	18
Figura 4 – Esquema de Montagem da Atividade Prática Experimental	19
Figura 5 – Processo de Derretimento em Diferentes Materiais	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Percentuais de Acertos Anteriores e Posteriores ao Experimento 20

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Percentuais de Acertos Anteriores e Posteriores ao Experimento 20

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	7
CAPÍTULO 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	9
1.1 A IMPORTÂNCIA DO EXPERIMENTO NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM DA FÍSICA	9
1.2 ABORDAGEM CONCEITUA SOBRE ENERGIA, TEMPERATUR E CALOR	11
1.3 CONDUÇÃO DE CALOR: PRIEIROS PASSOS	13
CAPÍTULO 2 – PROGRAMA DE ATIVIDADES	15
2.1 PRIMEIRO ENCONTRO: APLICAÇÃO DE PESQUISA ENTRE OS ALUNOS	15
2.2 SEGUNDO ENCONTRO: REALIZAÇÃO DE LEITURA COM TEMA VOLTADO À FÍSICA TÉRMICA	16
2.3 TERCCEIRO ENCONTRO: INDICAÇÃO DO MATERIAL NECESSÁRIO À MONTAGEM EXPERIMENTAL	17
2.4 QUARTO ENCONTRO: MONTAGEM DA ATIVIDADE PRÁTICA EXPERIMENTAL	18
CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
APÊNDICE A – TESTE APLICADO ANTES DA ATIVIDADE PRÁTICA EXPERIMENTAL	26
APÊNDICE B – TESTE APLICADO APÓS A ATIVIDADE PRÁTICA EXPERIMENTAL	27
ANEXO A – TEXTO DE APOIO	28
ANEXO B - DESEMPENHO DOS ALUNOS NO PRÉ-TESTE APLICADO	30
ANEXO C – DESEMPENHO DOS ALUNOS NO PÓS-TESTE APLICADO	35

APRESENTAÇÃO

Tem o presente material a finalidade de apresentar uma sequência didática de atividades práticas experimentais que se voltam a abordar a transmissão de calor entre os corpos, na perspectiva de consolidar, entre alunos do 9º ano do Ensino Fundamental, a compreensão do respectivo processo. As práticas ora sugeridas consubstanciam-se a partir da utilização, principalmente, de uma barra metálica e das observações registradas em seu comportamento.

Assim, faz-se imperioso refletir sobre a importância da educação científica, razão pela qual se entende a prática como um recurso importante na construção desse processo. O aprendizado, quando ofertado além da abordagem teórica, torna-se mais efetivo, porquanto oportuniza ao aluno a possibilidade de experimentar e concretamente, visualizar os conteúdos correspondentes, assim solidificando o conhecimento transmitido.

A utilização de recursos experimentais é importante para demonstrar a percepção dos alunos em relação à transmissão de calor com os dados obtidos no experimento científico.

As atividades práticas, à luz de entendimento contido no Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), devem oportunizar condições para refletir, desenvolver e construir ideias e conhecimentos de práticas e atitudes (BRASIL, 1998).

De acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica, os componentes curriculares devem ser desenvolvidos mediante articulação entre trabalho, ciência, tecnologia, cultura e arte, contemplando, entre outros, o entrelaçamento entre teoria e prática e conciliando ações intelectuais com experimentos práticos (BRASIL, 2013).

O presente trabalho resulta de ações desenvolvidas pelos discentes do 9º ano de uma escola pública, os quais, diante de uma situação teórica a si proposta, foram instigados à investigação. A interação entre eles e a necessidade investigativa ratificam a experimentação como elemento importante no processo de ensino de ciências.

O percurso didático ora estabelecido apresenta resultados que se filiam aos conceitos da condução de calor presentes nos livros didáticos disponíveis no mercado editorial.

Os programas que compõem este material convergem para atividades experimentais, que se firmam como relevantes tanto ao professor, quanto à classe discente. A esta é disponibilizada a possibilidade de desenvolver habilidades de manipulação, questionar, investigar, organizar e comunicar, formatando conceitos a partir de observações decorrentes da experimentação e, assim, potencializando suas habilidades cognitivas.

CAPÍTULO 1 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 A IMPORTÂNCIA DO EXPERIMENTO NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM DA FÍSICA

O desenvolvimento de experimentos no processo de ensino de Física é um recurso valioso, na medida em que ratifica teorias, valida hipóteses e aprimora o conhecimento sobre leis fundamentais que explicam o funcionamento do Universo (Jardim; Guerra, 2017).

Ao traçar-se observações conceituais sobre o tema, Espinoza (2010, p. 83) leciona que o experimento

“constitui um artifício didático que não é proposto com o intuito de motivar, imitar ou mostrar como se produz conhecimento científico, mas que representa, na verdade, uma estratégia, para favorecer o aprendizado, estratégia essa que fica principalmente a cargo do aluno” (Espinoza, 2010, p, 83).

Para Mota e Cavalcanti (2012), as atividades experimentais implementadas no contexto escolar devem estimular os alunos a assumirem postura ativa e curiosa, com o intuito de analisar criticamente a realidade em que vivem. Corroboram essa percepção Malacarne e Strieder (2009), quando defendem ter a experimentação o poder de envolver o aluno mais ativamente no contexto da aula, favorecendo assim sua aprendizagem.

Nessa perspectiva de entendimento, Raicik (2019) acrescenta que a atividade experimental não se limita a espelhar ou descaracterizar um dado teórico, podendo servir como fundamento para outros saberes, vetor de identificação de novos fenômenos e veículo de respaldo para outras teorias, entre outros.

De acordo com Toulmin (2022), o segredo da compreensão humana reside na percepção dos conceitos. Para o autor, a compreensão é consequência do domínio de conceitos, os quais conferem essência ao desenvolvimento cognitivo.

Por analogia, entende-se ser importante no ensino da Física conferir mais atenção aos conceitos físicos do que às fórmulas, até porque estas contêm os conceitos, não fazendo sentido memorizá-las de modo desvinculado dos seus respectivos significados conceituais (Moreira, 2021).

A demanda por experimentos que atestem os modelos teóricos representa, na inteligência de Heidemann (2015), uma atividade que caracteriza o desenvolvimento da Física. Talvez por essa razão, as atividades práticas têm recebido, por parte de pesquisadores, atenção particular, a ponto de serem caracterizadas como parte indivisível do ensino de Física.

Nesse sentido, oportuna é a manifestação a seguir apresentada:

de), quando mencionam:

“As atividades investigativas possibilitam que professor e aluno alcancem uma vasta gama de objetivos educacionais, uma vez que o caminho tomado pela atividade dependerá do percurso traçado durante os questionamentos do professor, sendo necessário um envolvimento do professor, do aluno, bem como o desenvolvimento da capacidade de reflexão, abstração, generalização, síntese e senso crítico” (Wesendonk; Prado, 2015, p. 55).

Conforme entendimento de Oliveira *et al.* (2022), é pacífica, entre professores da rede básica, a percepção de que as atividades experimentais são importantes no processo de ensino e aprendizagem dos alunos. Diante dessa observação, as escolas particulares incluíram em suas propostas pedagógicas aulas de laboratório de Física, levadas a efeito, quase sempre com o devido aparato de instrumentos e equipamentos. No entanto, a realidade nas escolas públicas é oposta, onde são raros os laboratórios ou, quando existentes, desprovidos de recursos humanos habilitados a operá-los.

Pauta corrente nas pesquisas relacionadas ao ensino de Física, a utilização de atividades experimentais é, na leitura de Pena e Ribeiro Filho (2009), obstaculizada por 03 (três) fatores principais, quais sejam: insuficiência de pesquisas sobre o efetivo aprendizado dos alunos por meio de experimentos realizados, falta de habilidade do docente na condução de ações experimentais e inexistência de condições adequadas para a execução de atividades dessa natureza.

Por seu turno, Chagas e Martins (2009), debruçando-se sobre os mesmos obstáculos, indicam 04 (quatro) elementos dificultadores da realização de práticas experimentais no ensino de Física. São eles: inexistência de material, quantidade excessiva de alunos, manutenção deficiente nos equipamentos e redução de carga horária.

Sob a mesma análise, Laburu, Barros e Kanbach (2007) atestam que a insuficiência de atividades experimentais no ensino de Física é consequência da visão deturpada que parte dos professores desenvolvem em relação ao ofício que desempenham, vendo-o como emprego e não como vocação.

Acerca da relevância, entre os estudantes, dos experimentos didáticos no processo de aprendizagem de Física, Moraes e Silva Júnior (2014) destacam que os alunos, quando buscam novas descobertas, questionam sobre variados temas e, assim, fortalecem a aprendizagem. Destacam, ainda, os autores que é por meio das atividades práticas que os alunos apropriam-se de novas informações, em circunstâncias que lhe são agradáveis, em vista da natureza prática do contato estabelecido.

Percebe-se um considerável volume de literatura que ratifica a importância das atividades experimentais no ensino. Contudo, essa mesma fonte

“coloca a necessidade de ponderar que a experimentação em si não constitui uma estratégia de ensino privilegiada, capaz de resolver os problemas de aprendizagem. É necessário considerar a forma como se utiliza a experimentação, de modo a aproveitar o potencial desta estratégia para colocar o estudante como sujeito ativo de sua aprendizagem” (Alves; Moraes; Santos, 2023, p. 2)

Pereira, Heidemann e Veit (2021) apontam a memorização dissociada do significado como obstáculo à operacionalização do conhecimento científico. Asseveram, ainda, que essa prática, presente nos dias atuais, é consequência, sobretudo, do modo desvinculado com que teoria e prática são, tradicionalmente, abordadas nos curso de Física.

1.2 ABORDAGEM CONCEITUAL SOBRE ENERGIA, TEMPERATURA E CALOR

Na abordagem da Física Térmica, conceitos como energia, calor e temperatura são corriqueiros. Todavia, é importante registrar que seus conceitos no contexto popular não são os mesmos sustentados no campo científico, daí surgindo, segundo Mortimer (2000), fatores de dificuldade no ensino das ciências.

Segundo Sierra, Jiménez e Macías (2003), o conceito de energia é multidisciplinar, envolvendo, portanto, diferentes áreas das ciências, em variados níveis de ensino.

Diante dessa perspectiva, Louzada, Elia e Sampaio (2015) destacam a natureza abstrata da energia e defendem que esta envolve um conceito criado para ajudar nas pesquisas dos fenômenos naturais, sem possibilidade de materialização. Assim, é compreensível, com base em Burattini (2008), tratar a energia como um elemento dinâmico, multiforme e invisível, mas com processos de transformação concretos e visíveis.

Castro e Mortale (2012) evidenciam o caráter abstrato da energia, conceito criado para auxiliar na investigação dos fenômenos naturais e que, devido a sua natureza, não pode ser materializado. Desta forma, podemos pensar que “a energia está sempre em transformação, e é, em suas diversas formas, invisível, mas os processos de transformação de energia são visíveis e perceptíveis” (Burattini, 2008).

Knight (2009) leciona que a temperatura guarda relação com a medida da agitação das partículas que integram um corpo. Quando este é submetido a aquecimento, a energia recebida é transformada em energia cinética (movimento) das mencionadas partículas. Logo, a “temperatura de um corpo é uma medida do grau de agitação de seus átomos ou moléculas” (Barreto; Xavier, 2016).

Batistella (2020) defende que o conceito de calor, no campo do estudo da Física, ocupa posição destacada, uma vez que se associa a vários outros, com os quais compõem o ramo da Ciência Física denominado Termologia. Ressalta que o calor é, portanto, um conceito cuja compreensão é indispensável, constituindo-se como base para entendimento de outros conceitos a ele ligados. A Figura 01 representa essa concatenação de conceitos, no centro da qual figura o calor.

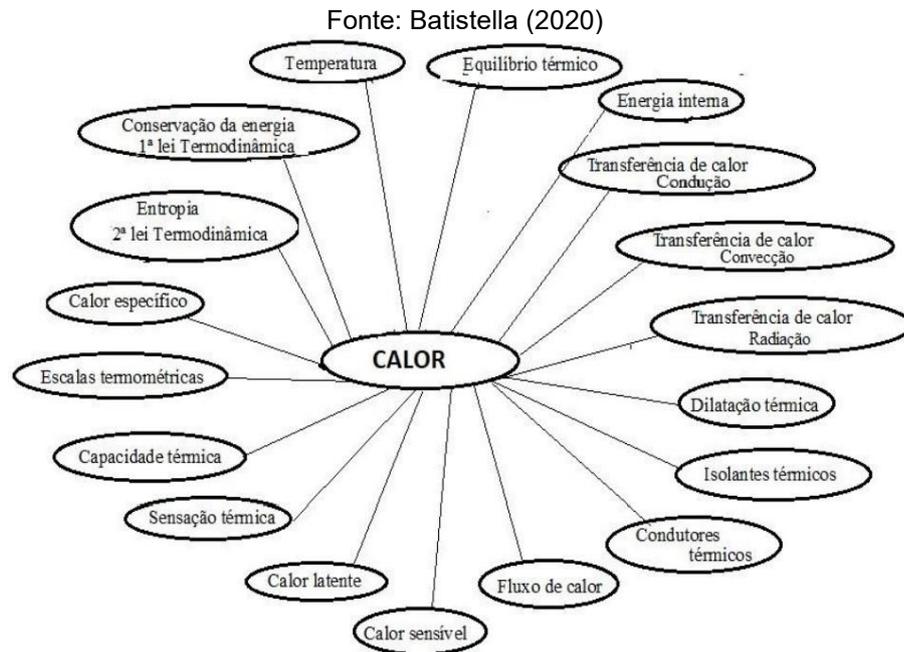


Figura 1 - Sistema Conceitual de Calor

1.3 CONDUÇÃO DE CALOR: PRIMEIROS PASSOS

É fundamental que os conceitos de calor e temperatura não sejam confundidos, dado o seu uso indiscriminado. Godoy, Dell’Agnolo e Melo (2020) destacam que, atualmente, quando alguém se diz com frio, há uma referência efetiva à sensação térmica. Em linhas gerais o quadro pode ser explicado pelo fato de que, na temperatura normal do corpo humano, existe transferência de calor deste para o meio exterior, o que ocorre como consequência da diferença de temperatura.

Com o escopo de elucidar o mecanismo de transferência de calor, a condução, a convecção e a radiação são apontadas como os mecanismos de transferência de calor. Por essa razão,

“A condução ocorre no interior de um corpo ou entre dois corpos em contato. A convecção depende do movimento da massa de uma região para outra. A radiação é a transferência de calor que ocorre pela radiação eletromagnética, tal como a luz solar, sem que seja necessária a presença de matéria no espaço entre os corpos” (Young; Freedman, 2016, p. 199).

Ainda que, em alguns casos, exista a predominância de uma das formas acima identificadas, em geral, a transmissão acontece como resultado de uma associação simultânea dos três processos. Rosa *et al.* (2016) asseveram que, apesar de ser típica dos sólidos, a condução, provocada, sobremaneira, pelo choque entre as moléculas de um material, pode, ainda, ser percebida nos fluidos. Por sua vez, a convecção, genuína dos fluidos, liga-se à probabilidade de movimento das moléculas integrantes do material. Diferente das dessas duas formas, a irradiação constitui o modo de condução de calor que não necessita de um meio material para ser estabelecido.

Vê-se, por conseguinte, que a transferência de calor é um processo espontâneo de um corpo com maior temperatura para outro, com temperatura menor. Atingido o equilíbrio térmico entre os corpos envolvidos, com estes submetidos à mesma temperatura, esse processo é encerrado (Martini *et al.*, 2016)

CAPÍTULO 2 – PLANO DE ATIVIDADES

2.1 PRIMEIRO ENCONTRO: APLICAÇÃO DE PESQUISA ENTRE ALUNOS

Em caráter preliminar, o primeiro encontro pode ser utilizado para sediar a realização de uma pesquisa entre os educandos, com o objetivo de delimitar sua percepção em relação a conteúdos relacionados à Física Térmica.



Figura 2 – Aplicação do Instrumento de Pesquisa entre os Alunos

Para tanto, entende-se pertinente submetê-los, individualmente, aos questionamentos que seguem, os quais não podem ser deixados sem resposta:

1. Quando ocorre o contato entre uma parte do corpo humano, a mão por exemplo, e um objeto frio, o que, de fato, ocorre? O calor se desloca do corpo para o objeto ou é o frio que se movimenta do objeto para o corpo humano? Explique.
2. Na hipótese de uma chaleira com água ser aquecida num fogão, a transmissão do calor da chama ocorre do fundo da chaleira para o líquido em seu interior, propagando em todo o volume da água. Nessa sequência, são observados dois processos principais de transmissão de calor. Quais são eles?
3. A aproximação da mão com um objeto que se encontrava em contato com o fogo é suficiente para gerar uma sensação de aquecimento. Nesse caso, qual o processo de transmissão de calor ocorrido: condução, convecção ou irradiação?

4. Qual a razão para, nas geladeiras, o congelador encontrar-se posicionado sempre na parte superior do equipamento? Por qual razão, não se deve acondicionar produtos em quantidade excessiva nas prateleiras do mencionado eletrodoméstico?
5. Uma pessoa que, em um dia ensolarado, utilizar vestuário escuro sente mais calor do que outra pessoa que esteja com roupa clara?

É importante que as respostas apontadas pelos alunos sejam devidamente sistematizadas e tabuladas, com o objetivo de identificar o quantitativo de erros e acertos e, assim, subsidiar a elaboração de elemento visual capaz de melhor traduzir o nível de entendimento geral dos alunos acerca do tema abordado.

Como exemplo, apresenta-se, ao final deste Programa de Atividades, elemento gráfico demonstrando os resultados obtidos quando da aplicação do mencionado instrumento de pesquisa aos alunos do 9º ano Escola Municipal Professora Maria Auxiliadora Mesquita Simas, localizada no município de Iranduba, no Estado do Amazonas.

2.2 SEGUNDO ENCONTRO: REALIZAÇÃO DE LEITURA COM TEMA VOLTADO À FÍSICA TÉRMICA

Após a aplicação da pesquisa, orienta-se a realização de uma leitura detalhada e comentada acerca do tema. Como sugestão, indica-se o Resumo 1 das Leituras de Física que, sob coordenação de Menezes e Hosoume (1998), integram o material do Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF), do Instituto de Física da Universidade de São Paulo (USP). Trata-se de um material elaborado com a finalidade de promover a atualização e o aprimoramento do ensino de Física no nível médio, na perspectiva de modernizar os métodos de ensino, tornando-os mais interativos e conectados com o cotidiano dos estudantes.

O objetivo primordial dessa atividade é observar o modo como os alunos relacionam seus conhecimentos cotidianos, baseados em vivências empíricas, com as informações científicas contempladas no texto utilizado, com enfoque para os assuntos identificados por meio do questionário aplicado no primeiro encontro, como os mais incompreendidos.

Ao tratar de medidas de temperatura e controle de temperatura, especialmente, o material faz uma abordagem conceitual básica, instigando o leitor a situar-se na

terminologia utilizada e a refletir sobre os fenômenos que dão sustentação aos processos de condução de calor.

No texto, o calor é tratado como elemento onipresente no universo, ao qual se vinculam todas as coisas da natureza. A partir dessa observação, são introduzidas informações e discussões sobre medidas e controle de temperatura, fontes e troca de calor, transformações térmicas e máquinas térmicas.

2.3 TERCEIRO ENCONTRO: INDICAÇÃO DO MATERIAL NECESSÁRIO À MONTAGEM EXPERIMENTAL

Esta etapa é marcada pela indicação aos alunos da necessidade de montagem de uma atividade prática experimental.

É interessante destacar aos alunos a fácil obtenção dos materiais necessários, ao que se sugere realçar que os conceitos físicos, muitas vezes de difícil compreensão no ambiente escolar, fazem parte do cotidiano humano, precisando apenas serem observados.

A atividade prática consiste na montagem de um experimento voltado a demonstrar a propagação de calor pelo mecanismo da condução.

Para a montagem referida, são necessários os seguintes materiais:

- barra metálica (substituível pelo cabo de uma colher);
- palito de madeira (com dimensões similares à barra metálica);
- vela;
- fósforo ou isqueiro;
- lata (de refrigerante, por exemplo); e
- papel alumínio (para evitar a combustão da madeira).

A Figura 3 apresenta os materiais usados na montagem da atividade prática experimental.



Figura 3 – Material Necessário à Montagem da Atividade Prática Experimental

2.4 QUARTO ENCONTRO: MONTAGEM DA ATIVIDADE PRÁTICA EXPERIMENTAL

Inicialmente, é necessário fazer um orifício nas latas de refrigerante, em região próxima à borda superior, de modo a garantir a passagem da barra metálica e do palito. Uma lata recebe a barra e a outra o palito.

Em seguida, indica-se pingar algumas gotas de vela ao longo da barra metálica, com espaçamentos aproximadamente iguais, devendo-se aguardar o endurecimento da parafina (vela derretida) sobre a superfície de metal.

Cumprida essa etapa, o mesmo procedimento até agora executado deve ser feito em relação ao palito de madeira.

Na sequência, as velas, posicionadas nas extremidades livres do metal e da madeira, devem ser acesas, de modo a fornecer calor aos materiais em questão. Importante ressaltar que a madeira, na porção de contato com o fogo, deve ser envolvida pelo papel alumínio, como forma de prevenção da combustão.

A Figura 4, a seguir apresentada, espelha o itinerário procedimental adotado na montagem ora descrita.



Figura 4 – Esquema de Montagem da Atividade Prática Experimental

Como consequência do experimento implementado, convém destacar aos alunos os resultados observados: a parafina, na barra de metal, começa a ser derretida e esse processo ocorre da extremidade submetida ao aquecimento para a extremidade presa à lata de refrigerante, numa clara demonstração de que o calor é transferido por condução. Conforme o calor vai se propagando, observa-se o derretimento da parafina.

Contudo, quando se concentra atenção para a palito de madeira, verifica-se que o derretimento das gotas de vela endurecida não ocorre da mesma maneira que acontece com a barra metálica. Esse comportamento reflete a qualidade inferior da madeira, enquanto condutora de calor.

A Figura 5 demonstra o paralelo observado em relação aos dois materiais.

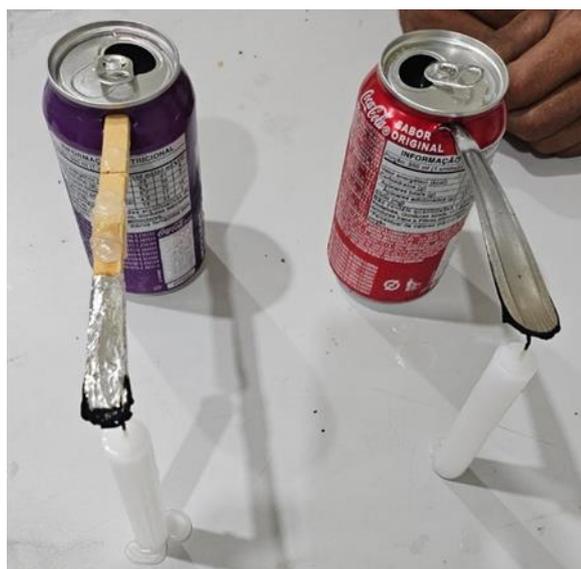


Figura 5 – Processo de Derretimento em Diferentes Materiais

Concluída a atividade prática e destacados os pontos relevantes, aplica-se, novamente, o instrumento de pesquisa utilizado no primeiro encontro, cujos resultados, a exemplo do que foi feito naquela ocasião, são quantificados, com o intuito de avaliar o desempenho dos alunos no tocante ao tema tratado no experimento.

Exemplificando a análise dos resultados obtidos em função da experiência realizada, a Tabela 1 apresenta os percentuais de acertos das questões a que foram os alunos submetidos antes e depois da realização do experimento.

	Questão 01	Questão 02	Questão 03	Questão 04	Questão 05
Antes do experimento	50	30	17	27	80
Depois do experimento	67	87	77	70	83

Tabela 1 – Percentuais de Acertos Anteriores e Posteriores ao Experimento

Os resultados acima identificados estão representados no Gráfico 1, a seguir explicitado:

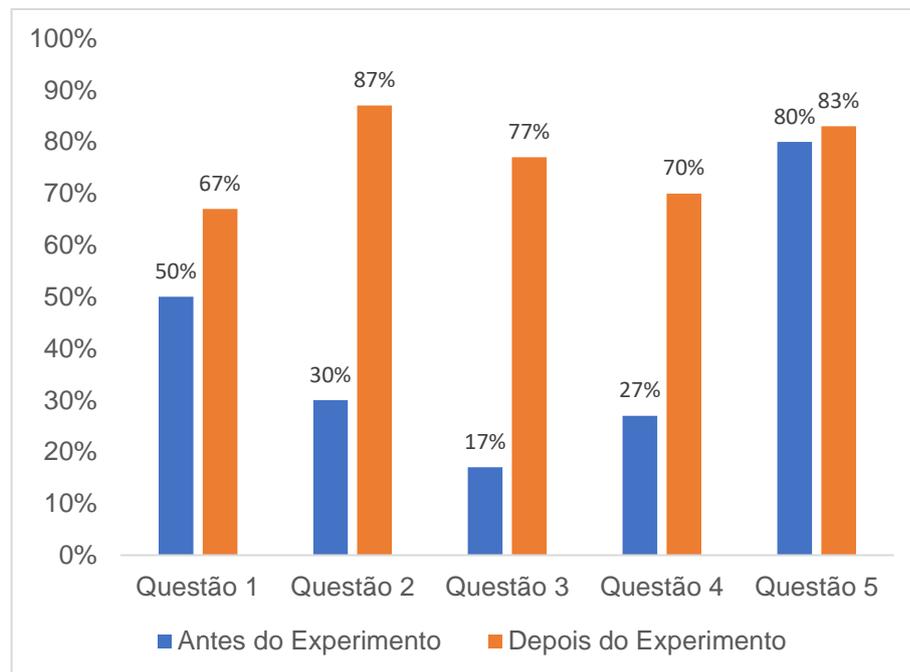


Gráfico 1 – Percentuais de Acertos Anteriores e Posteriores ao Experimento

Da análise do elemento gráfico, verifica-se que os alunos, a partir da atividade prática experimental, evoluíram positivamente no que concerne à compreensão da temática que envolve a condução de calor.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Produto Educacional apresentado simboliza uma abordagem inovadora e eficaz para o processo de ensino de Física. Ao incorporar a realização de atividade prática experimental às vivências dos alunos, estes são estimulados a, efetivamente, participar do ciclo de aprendizagem, assim favorecendo sua compreensão sobre os temas propostos.

Tem-se, a partir do recurso trabalhado, o incentivo ao desenvolvimento de habilidades práticas e cognitivas dos alunos. Além da apropriação de informações, eles integram, efetivamente, a difusão e a consolidação do conhecimento como elementos partícipes do respectivo processo, na medida em que compõem a abordagem holística da temática, sobre a qual transitam da conceituação teórica à abordagem prática.

Assim, o Produto Educacional caminha alinhado ao cenário reclamado pela sociedade moderna, que reclama a compreensão de conhecimentos científicos como requisito para o necessário enfrentamento dos desafios impostos pela velocidade com que a vida é processada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Esdras Garcia; MORAIS, Rejane Bueno de; SANTOS, Laís Kelly Marques. Desenvolvimento de um experimento de custo reduzido para investigar aspectos da força magnética sobre um condutor percorrido por corrente elétrica. **A Física na Escola**, São Paulo/SP, v. 21, n. 1, 2023. Disponível em <<https://fisicanaescola.org.br/index.php/revista/article/view/21>>. Acesso em: 10 nov. 2023.

BARRETO, Benigno; XAVIER, Cláudio. **Física aula por aula: Mecânica dos Fluidos. Termologia. Óptica**. 3ª ed. São Paulo: FTD, 2016.

BATISTELLA, Carmes Ana da Rosa. **Física no Ensino Médio: Ensino-Aprendizagem do Conceito Calor na Concepção da Teoria de Davydov com contribuições de Hedegaard**. 2020. 255f. Tese (Doutorado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2020. Disponível em <<https://tede2.pucgoias.edu.br/bitstream/tede/4510/2/Carmes%20Ana%20da%20Rosa%20Batistella.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2023.

BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1998. Disponível em <<http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/pcn/ciencias.pdf>>. Acesso em: 03 nov. 2023.

_____. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Conselho Nacional da Educação. Câmara Nacional de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Brasília: Ministério da Educação, 2013. Disponível em <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=13448-diretrizes-curriculares-nacionais-2013-pdf&Itemid=30192>. Acesso em 04 nov. 2023.

BURATTINI, Maria Paula T. de Castro. **Energia - Uma Abordagem Multidisciplinar**. São Paulo/SP: Livraria da Física, 2008.

CHAGAS, Saionara Martins Alves das; MARTINS, Isabel. O laboratório didático nos discursos de professores da Física: heterogeneidade e intertextualidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis/SC, v. 26, n. 3, p. 625-649, dez. 2009. Disponível em <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2009v26n3p625/11140>>. Acesso em: 17 nov. 2023.

ESPINOZA, Ana Maria. **Ciências na escola: novas perspectivas para formação dos alunos**. Tradução de Camila Bogéa. São Paulo: Ática, 2010.

GODOY, Leandro Pereira de; DELL'AGNOLO, Rosana Maria; MELO, Wolney Candido de. **Multiversos: ciências da natureza: matéria, energia e a vida: ensino médio**. São Paulo: Editora FTD, 2020.

HEIDEMANN, Leonardo Albuquerque. **Ressignificação das Atividades Experimentais no Ensino de Física por meio do Enfoque no Processo de Modelagem Científica**. 2015. 298f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/117767>>. Acesso em: 09 nov. 2023.

JARDIM, Wagner Tadeu; GUERRA, Andreia. Experimentos Históricos e o Ensino de Física: Agregando Reflexões a partir da Revisão Bibliográfica da Área e da História Cultural da Ciência. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre/RS, v. 22, n. 3, p. 244-263, 2017. Disponível em <<https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/841/pdf>>. Acesso em: 09 nov. 2023.

KNIGHT, Randall D. Física – **Uma Abordagem Estratégica – Vol. 1**. 2ª ed. Porto Alegre/RS: Bookman, 2009.

LABURÚ, Carlos Eduardo; BARROS, Marcelo Alves; KANBACH, Bruno Gusmão. A relação com o saber profissional do professor de física e o Fracasso da Implementação de atividades experimentais no ensino médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre/RS, v. 12, n. 3, p. 305-320, 2007. Disponível em <<https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/462/266>>. Acesso em: 10 nov. 2023.

LOUZADA, Alexandre Neves; ELIA, Marcos da Fonseca; SAMPAIO, Fábio Ferrentini. Concepções alternativas dos estudantes sobre conceitos térmicos: Um estudo de avaliação diagnóstica e formativa. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo/SP, v. 37, n. 1, 2015. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/ZxvwwJgSGWmvfTXy7vKQ8BR/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 12 nov. 2023.

MALACARNE, Vilmar; STRIEDER, Dulce Maria. O Desvelar da Ciência nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental: um olhar pelo viés da experimentação. **Vivências**, Erechim/RS, v. 5, n. 7, p. 75-85, maio/2009. Disponível em <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/2011/ciencias/02desvelar_ciencia_anos_iniciais.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2023.

MARTINI, Gloria *et al.* Conexões com a Física, 3ª ed. São Paulo: Moderna, 2016.

MENEZES, Luís Carlos de; HOSOUME, Yassuko (Coord.). **Leituras de Física – Resumo 1. GREF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física - Instituto de Física da USP**. 1998. Disponível em <<https://fisica.net/gref/termo1.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2023.

MORAES, José Uibson Pereira; SILVA JUNIOR, Romualdo Santos. Experimentos didáticos no Ensino de Física com foco na Aprendizagem Significativa. **Aprendizagem Significativa em Revista**, Porto Alegre/RS, v. 4, n. 3, p. 61-67, 2014. Disponível em <https://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID69/v4_n3_a2014.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2023.

MOREIRA, Marco Antonio. Desafios no Ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo/SP, v. 43, supl. 1, 2021. Disponível em

<<https://www.scielo.br/j/rbef/a/xpwKp5WfMJsfCRNFcxFhQLy/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 09 nov. 2023.

MORTIMER, Eduardo Fleury. **Linguagem e formação de conceitos no ensino de ciências**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2000.

MOTA, Creso Meneses Vieira da; CAVALCANTI, Glória Maria Duarte. O Papel das Atividades Experimentais no Ensino de Ciências. In: COLÓQUIO INTERNACIONAL “EDUCAÇÃO E CONTEMPORANEIDADE”, 6., 2012, São Cristóvão/SE. **Anais...** São Cristóvão/SE: Colóquio Educon, 2012, p. 1-14. Disponível em <<https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/10179/28/28.pdf>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

OLIVEIRA, Glauberto Gonzaga *et al.* Experimentos portáteis para aula sobre indução eletromagnética, geradores e motores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo/SP, v. 44, 2022. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/SNSn598gDQpQm5DfjCGGvTG/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

PENA, Fábio Luís Alves; RIBEIRO FILHO, Aurino. Obstáculos para o uso de 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**, Rio de Janeiro/RJ, v. 9, n. 1, 2009. Disponível em <<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4008/2572>>. Acesso em: 09 nov. 2023.

PEREIRA, Rodrigo Weber; HEIDEMANN, Leonardo Albuquerque; VEIT, Eliane Angela. Um experimento didático potencialmente instigante envolvendo a reflexão da luz em um caso aparentemente misterioso. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo/SP, v. 43, 2021. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rbef/a/wwT8bPHCdFn8QpG8mYcJHsb/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

RAIČIK, Anabel Cardoso. **Experimentos exploratórios e experimentos cruciais no âmbito de uma controvérsia científica: o caso de Galvani e Volta e suas implicações para o ensino**. 2019. 330f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/215647/PECT0426-T.pdf?sequence=-1&isAllowed=y>>. Acesso em: 12 nov. 2023.

ROSA, Cleci Teresinha Werner da *et al.* Experimento de condução térmica com e sem uso de sensores e Arduino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis/SC, v. 33, n. 1, p. 292-305, abr. 2016. Disponível em <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2016v33n1p292>>. Acesso em: 13 nov. 2023.

SIERRA, Carlos Bañas; JIMÉNEZ, Vicente Mellado; MACÍAS, Constantino Ruiz. Las ideas alternativas del alumnado de primer ciclo de Educación Secundaria Obligatoria sobre la conservación de la energía, el calor y la temperatura. **Campo Abierto**, Badajoz/Espanha, n. 24, p. 99-126, 2003. Disponível em

<https://dehesa.unex.es/flexpaper/template.html?path=https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/15722/1/0213-9529_24_99.pdf#page=4>. Acesso em: 12 nov. 2023.

TOULMIN, Stephen Edelston. **Os Usos do Argumento**. 3ª ed. Tradução de Reinaldo Guarany. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2022.

WESENDONK, Fernanda Sauzem; PRADO, Letícia do. Atividade Didática Baseada em Experimento: Discutindo a Implementação de uma Proposta Investigativa para o Ensino de Física. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá/MT, v. 10, n. 1, p. 54-80, 2015. Disponível em <<https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/514/486>>. Acesso em: 11 nov. 2023.

YOUNG, Hugh David; FREEDMAN, Roger A. **Física – Vol. II – Termodinâmica e Ondas**. 14ª ed. Campinas/SP: Pearson, 2016.

APÊNDICE A – TESTE APLICADO ANTES DA ATIVIDADE PRÁTICA EXPERIMENTAL



Escola Municipal Profª Maria Auxiliadora Mesquita Simas

Professor: Hiram Jephson Gabriel da Costa

Data: __/__/__

Aluno (a): _____

Pré Teste

(Diagnóstico)

1. Quando ocorre o contato entre uma parte do corpo humano, a mão por exemplo, e um objeto frio, o que, de fato, ocorre? O calor se desloca do corpo para o objeto ou é o frio que se movimenta do objeto para o corpo humano? Explique.

2. Na hipótese de uma chaleira com água ser aquecida num fogão, a transmissão do calor da chama ocorre do fundo da chaleira para o líquido em seu interior, propagando em todo o volume da água. Nessa sequência, são observados dois processos principais de transmissão de calor. Quais são eles?

3. A aproximação da mão com um objeto que se encontrava em contato com o fogo é suficiente para gerar uma sensação de aquecimento. Nesse caso, qual o processo de transmissão de calor ocorrido: condução ou convecção?

4. Qual a razão para, nas geladeiras, o congelador encontrar-se posicionado sempre na parte superior do equipamento? Por qual razão, não se deve acondicionar produtos em quantidade excessiva nas prateleiras do mencionado eletrodoméstico?

5. Uma pessoa que, em um dia ensolarado, utilizar vestuário escuro sente mais calor do que outra pessoa que esteja com roupa clara?

Obs: Nenhuma pergunta pode ser deixada sem resposta.

APÊNDICE B – TESTE APLICADO APÓS A ATIVIDADE PRÁTICA EXPERIMENTAL



Escola Municipal Profª Maria Auxiliadora Mesquita Simas

Professor: Hiram Jephson Gabriel da Costa

Data: __/__/__

Aluno (a): _____

Pós Teste

(Diagnóstico)

1. Quando ocorre o contato entre uma parte do corpo humano, a mão por exemplo, e um objeto frio, o que, de fato, ocorre? O calor se desloca do corpo para o objeto ou é o frio que se movimenta do objeto para o corpo humano? Explique.

2. Na hipótese de uma chaleira com água ser aquecida num fogão, a transmissão do calor da chama ocorre do fundo da chaleira para o líquido em seu interior, propagando em todo o volume da água. Nessa sequência, são observados dois processos principais de transmissão de calor. Quais são eles?

3. A aproximação da mão com um objeto que se encontrava em contato com o fogo é suficiente para gerar uma sensação de aquecimento. Nesse caso, qual o processo de transmissão de calor ocorrido: condução ou convecção?

4. Qual a razão para, nas geladeiras, o congelador encontrar-se posicionado sempre na parte superior do equipamento? Por qual razão, não se deve acondicionar produtos em quantidade excessiva nas prateleiras do mencionado eletrodoméstico?

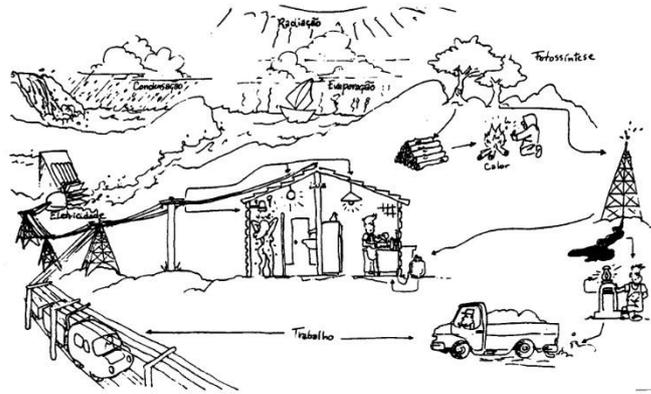
5. Uma pessoa que, em um dia ensolarado, utilizar vestuário escuro sente mais calor do que outra pessoa que esteja com roupa clara?

Obs: Nenhuma pergunta pode ser deixada sem resposta.

ANEXO A – TEXTO DE APOIO

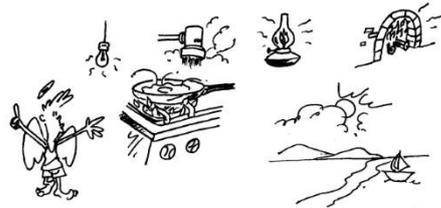
03
Medidas de Temperatura.

A nossa pele é um receptor para a radiação térmica tal como o olho é para a luz.



Tanto entre as coisas naturais como entre as produzidas ou construídas, o assunto é calor.

Como as coisas cedem e recebem calor?



Como avaliar o "quanto" essas coisas são quentes?



03 Medidas de temperatura.

"Todas as coisas recebem e cedem calor o tempo todo."

Quase todos os bloqueadores da radiação térmica também não deixam passar a luz. Mas, é necessário tomar cuidado, o vidro se comporta de maneira diferente em relação à luz ou ao calor.

O vidro bloqueia a luz? E a radiação térmica?



Os filtros solares utilizados hoje para aumentar o tempo de exposição ao Sol também são bloqueadores de radiação solar. A nossa pele, que é um **sensor térmico**, necessita desta proteção.

As vezes utilizamos o tato para avaliar o quanto um objeto está quente e até mesmo o estado febril de uma pessoa. Entretanto a nossa sensação pode nos surpreender, como pode ser verificado na próxima atividade.

Coloque uma das mãos numa vasilha com água quente e a outra numa vasilha com água fria. Se as duas mãos forem colocadas posteriormente numa terceira vasilha com água morna, esta mesma água provocará uma sensação diferente em cada mão.



A água morna parecerá fria para a mão que estava quente e quente para a mão que estava fria.

SE OS NOSSOS SENTIDOS "MENTEM", O QUE PODERIA SER USADO PARA SE QUANTIFICAR O "QUENTE" OU O "FRIO"?
COMO DETERMINAR A TEMPERATURA DE UM OBJETO?



A nossa experiência cotidiana nos mostra que quando há um contato direto entre dois objetos o mais quente cede calor para o mais frio, há uma **condução de calor**.

Havendo um fluido entre eles, geralmente o ar ou a água, também ocorre a troca pelo movimento das moléculas.

A água da parte superior da panela também se aquece. Neste caso dizemos que por **convecção**.

E QUANDO NÃO TEM NADA ENTRE OS OBJETOS? VOCÊ JÁ PENSOU DE QUE MANEIRA A LUZ E O CALOR DO SOL CHEGAM ATÉ NÓS? COMO SENTIMOS O CALOR DO SOL? COMO NOS PROTEJEMOS DO SEU CALOR TÃO INTENSO?

A luz do Sol atravessa milhares de quilômetros de espaço vazio, sem atmosfera, até chegar ao nosso planeta. Este processo de propagação é chamado de **radiação**.

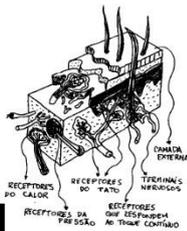
Somos capazes de sentir o calor porque temos receptores na nossa pele que são ativados quando detectam o aumento de energia térmica.

Os receptores são órgãos microscópicos localizados na camada mais interna da pele. São sensíveis ao toque, à pressão, à dor e à temperatura.

Ao receberem um estímulo cada receptor específico, produz um impulso e o envia para o cérebro. É o cérebro que nos faz sentir dor, prazer, calor, etc..

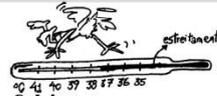
Quando sentimos desconforto devido ao calor muito intenso nos abrigamos. Uma árvore, uma parede, um teto, bloqueiam a radiação solar.

Corte da nossa pele.



Medidas e controle de temperatura.

Há propriedades dos materiais que podem ser usadas para estabelecer e medir temperaturas, como a cor da luz emitida pelo filamento aquecido de uma lâmpada ou a dilatação do mercúrio dentro de um tubo de vidro.



Um efeito do aquecimento: dilatação.

O piso das calçadas, os trilhos de linhas de trem, as vigas de concreto de construções como pontes e edifícios, como tudo mais se dilatam. Sendo estruturas grandes e expostas ao Sol, devem ter vãos para acomodar dilatações prevenindo este efeito do aquecimento e evitando que provoque rachaduras. Nas calçadas, por exemplo, estas "folgas" costumam ser preenchidas por grama ou tiras de madeira, em pontes são simplesmente fendas livres e em edifícios são fendas livres ou preenchidas por fitas de borracha.

Todos os objetos sólidos, líquidos ou gasosos, quando aquecidos se dilatam, ou seja, aumentam de volume. Esta propriedade dos materiais pode ser usada para medir temperaturas.

Os termômetros que usamos para verificar febre são construídos com um fino tubo de vidro ligado a um pequeno bulbo lacrado cheio de mercúrio ou de álcool. Quando esfriado, o líquido se contrai e seu nível desce no capilar; quando é aquecido, ocorre o contrário.

Tanto o mercúrio como o álcool são líquidos que, mais do que a água, mesmo para um pequeno aquecimento, se dilatam visivelmente mais que o vidro. Por isso, são escolhidos para a construção de termômetros. Se fosse com água, precisaríamos de um grande volume. Imagine a inconveniência de se usar um termômetro desses para medir febre!

A escala graduada no vidro dos termômetros clínicos mede temperaturas que vão de 35°C a 41°C aproximadamente

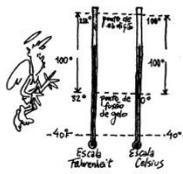
MAS, COMO ESSES VALORES SÃO ATRIBUÍDOS À ESCALA?

A escala Celsius.

Para se conseguir que termômetros diferentes marquem a mesma temperatura nas mesmas condições, é necessário se estabelecer um padrão comum para eles, uma escala termométrica. Na escala Celsius são escolhidas duas referências: uma é a temperatura de fusão do gelo e a outra é a da ebulição da água.

Essas temperaturas são tomadas como referência pois, durante as mudanças de estado de qualquer substância a temperatura permanece constante.

Na escala Celsius o zero é atribuído para a temperatura do gelo fundente e o cem para a temperatura da água em ebulição. Para completar a definição dessa escala termométrica, é só guardar o intervalo entre 0 e 100 em cem partes iguais, cada divisão correspondendo a 1°C. É por isso que a escala Celsius é uma escala centígrada. Com os termômetros clínicos avaliamos temperaturas com precisão de até décimos de grau. Em média, as pessoas têm sua temperatura normal de aproximadamente 36°C, enquanto que a 38°C já está certamente febril.



A escala Fahrenheit.

Outra escala que ainda é usada em países de língua inglesa é a escala Fahrenheit em que o zero (0°F) foi escolhido para a temperatura de um certo dia muito frio na Islândia e o cem (100°F) para a temperatura média corporal de uma pessoa. Nessa escala, a temperatura de fusão do gelo corresponde, a 32°F e a temperatura de ebulição da água a 212°F. O intervalo é dividido em 180 partes, cada uma correspondendo a 1°F.

Veja no esquema ao lado a correspondência entre as duas escalas.

Medidas de temperatura.

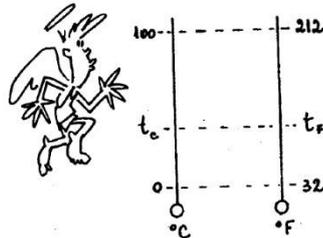
Mudando de escala...

3.1- Será que a temperatura de 100°F corresponde mesmo à temperatura de 36°C que é o valor considerado normal para temperatura corporal?

Resolução:

Ao compararmos as duas escalas, Celsius e Fahrenheit buscamos uma correspondência entre seus valores a partir dos comprimentos das colunas de líquido das duas escalas.

Uma certa temperatura t_c em que graus Celsius corresponde a uma temperatura t_f em graus Fahrenheit.



A razão entre os segmentos $\frac{t_c - 0}{100 - 0}$ para a escala Celsius é a mesma que a razão $\frac{t_f - 32}{212 - 32}$ para a escala Fahrenheit. Portanto:

$$\frac{t_c - 0}{100 - 0} = \frac{t_f - 32}{212 - 32}$$

$$\frac{t_c}{100} = \frac{t_f - 32}{180}$$

$$\frac{t_c}{5} = \frac{t_f - 32}{9}$$

Através desta expressão você pode converter qualquer temperatura de uma escala para outra. Convertendo a temperatura de 100°F para a escala Celsius você encontra:

$$\frac{t_c}{5} = \frac{100 - 32}{9}$$

$$t_c = 38^\circ\text{C}$$



Como você vê, a pessoa cuja temperatura foi tomada como referência estava um pouco febril, naquele dia.

3.2- A temperatura de 0°F foi tomada como referência em um dia muito frio. Determine essa temperatura em graus Celsius.

3.3- Você mesmo pode elaborar uma escala termométrica. Para isso, basta escolher um número para a temperatura de fusão do gelo e outro para a temperatura de ebulição da água. Em seguida, você pode relacionar a sua escala com a escala Celsius do mesmo modo que já realizamos.

3.4- Você encontra para comprar dois termômetros, ao mesmo custo, que contém a mesma quantidade de mercúrio: um com um tubo longo e fino e o outro, um tubo curto e de diâmetro maior. Qual deles você preferiria? Explique porque.

3.5- A esterilização de instrumentos cirúrgicos que antes era feita em banho de vapor hoje é feita em estufas apropriadas. Por que não é possível esterilizar um termômetro clínico da mesma maneira? Que método você proporia para fazê-lo?

ANEXO B - DESEMPENHO DOS ALUNOS NO PRÉ-TESTE APLICADO



Escola Municipal Profª Maria Auxiliadora Mesquita Simas

Professor: Hiram Jephson Gabriel da Costa

Data: 06/11/2023

Aluno (a):

9º U

Pré Teste

(Diagnóstico)

1. Quando ocorre o contato entre uma parte do corpo humano, a mão por exemplo, e um objeto frio, o que, de fato, ocorre? O calor se desloca do corpo para o objeto ou é o frio que se movimenta do objeto para o corpo humano? Explique.

~~FICA COM MÃO COM GELADA~~

2. Na hipótese de uma chaleira com água ser aquecida num fogão, a transmissão do calor da chama ocorre do fundo da chaleira para o líquido em seu interior, propagando em todo o volume da água. Nessa sequência, são observados dois processos principais de transmissão de calor. Quais são eles?

~~o FOGO~~

3. A aproximação da mão com um objeto que se encontrava em contato com o fogo é suficiente para gerar uma sensação de aquecimento. Nesse caso, qual o processo de transmissão de calor ocorrido: condução ou convecção?

~~convecção~~

4. Qual a razão para, nas geladeiras, o congelador encontrar-se posicionado sempre na parte superior do equipamento? Por qual razão, não se deve acondicionar produtos em quantidade excessiva nas prateleiras do mencionado eletrodoméstico?

~~o congelador é superior~~

~~porque ele radia congela produtos~~

5. Uma pessoa que, em um dia ensolarado, utilizar vestuário escuro sente mais calor do que outra pessoa que esteja com roupa clara?

~~sim da mesma cor~~

Obs: Nenhuma pergunta pode ser deixada sem resposta.



Escola Municipal Profª Maria Auxiliadora Mesquita Simas

Professor: Hiram Jephson Gabriel da Costa

Data: 06/11/2023

Aluno (a):

9ºU

Pré Teste

(Diagnóstico)

1. Quando ocorre o contato entre uma parte do corpo humano, a mão por exemplo, e um objeto frio, o que, de fato, ocorre? O calor se desloca do corpo para o objeto ou é o frio que se movimenta do objeto para o corpo humano? Explique.

~~fica frio e deixa um objeto
calor do corpo~~

2. Na hipótese de uma chaleira com água ser aquecida num fogão, a transmissão do calor da chama ocorre do fundo da chaleira para o líquido em seu interior, propagando em todo o volume da água. Nessa sequência, são observados dois processos principais de transmissão de calor. Quais são eles?

~~não deixa no fogo água ferver muito tempo~~

3. A aproximação da mão com um objeto que se encontrava em contato com o fogo é suficiente para gerar uma sensação de aquecimento. Nesse caso, qual o processo de transmissão de calor ocorrido: condução ou convecção?

~~condução~~

4. Qual a razão para, nas geladeiras, o congelador encontrar-se posicionado sempre na parte superior do equipamento? Por qual razão, não se deve acondicionar produtos em quantidade excessiva nas prateleiras do mencionado eletrodoméstico?

~~se não ficar no congelador a água fica congelada e não pode ser usada
pode congelar alimentos e ficar com mal cheiro~~

5. Uma pessoa que, em um dia ensolarado, utilizar vestuário escuro sente mais calor do que outra pessoa que esteja com roupa clara?

~~Sim porque escuro pode ficar com mais calor~~

Obs: Nenhuma pergunta pode ser deixada sem resposta.



Escola Municipal Profª Maria Auxiliadora Mesquita Simas

Professor: Hiram Jephson Gabriel da Costa

Data: 26/11/23

Aluno (a):

9º V

Pré Teste

(Diagnóstico)

1. Quando ocorre o contato entre uma parte do corpo humano, a mão por exemplo, e um objeto frio, o que, de fato, ocorre? O calor se desloca do corpo para o objeto ou é o frio que se movimenta do objeto para o corpo humano? Explique.

~~Quando minha mão não fica gelada porque eu estou com frio.~~

2. Na hipótese de uma chaleira com água ser aquecida num fogão, a transmissão do calor da chama ocorre do fundo da chaleira para o líquido em seu interior, propagando em todo o volume da água. Nessa sequência, são observados dois processos principais de transmissão de calor. Quais são eles?

~~Porque no fogão a água para de ferver.~~

3. A aproximação da mão com um objeto que se encontrava em contato com o fogo é suficiente para gerar uma sensação de aquecimento. Nesse caso, qual o processo de transmissão de calor ocorrido: condução ou convecção?

~~Condução~~

4. Qual a razão para, nas geladeiras, o congelador encontrar-se posicionado sempre na parte superior do equipamento? Por qual razão, não se deve acondicionar produtos em quantidade excessiva nas prateleiras do mencionado eletrodoméstico?

~~Porque com a geladeira congelador de baixo fica mais frio para o objeto.~~

5. Uma pessoa que, em um dia ensolarado, utilizar vestuário escuro sente mais calor do que outra pessoa que esteja com roupa clara?

~~sim, porque com roupa escura mais calor para a pele.~~

Obs: Nenhuma pergunta pode ser deixada sem resposta.



Escola Municipal Profª Maria Auxiliadora Mesquita Simas

Professor: Hiram Jephson Gabriel da Costa

Data: 06/11/2023

Aluno (a):

9:0

Pré Teste

(Diagnóstico)

1. Quando ocorre o contato entre uma parte do corpo humano, a mão por exemplo, e um objeto frio, o que, de fato, ocorre? O calor se desloca do corpo para o objeto ou é o frio que se movimenta do objeto para o corpo humano? Explique.

O calor se desloca do corpo para o objeto

A mão por exemplo se desloca para objeto

2. Na hipótese de uma chaleira com água ser aquecida num fogão, a transmissão do calor da chama ocorre do fundo da chaleira para o líquido em seu interior, propagando em todo o volume da água. Nessa sequência, são observados dois processos principais de transmissão de calor. Quais são eles?

O calor do fundo da chaleira para líquido em seu interior em todo volume da água

3. A aproximação da mão com um objeto que se encontrava em contato com o fogo é suficiente para gerar uma sensação de aquecimento. Nesse caso, qual o processo de transmissão de calor ocorrido: condução ou convecção?

Condução

4. Qual a razão para, nas geladeiras, o congelador encontrar-se posicionado sempre na parte superior do equipamento? Por qual razão, não se deve acondicionar produtos em quantidade excessiva nas prateleiras do mencionado eletrodoméstico?

No congelador não deve colocar em excesso produtos congelados

Nas prateleiras sem geladeira produtos colocados

5. Uma pessoa que, em um dia ensolarado, utilizar vestuário escuro sente mais calor do que outra pessoa que esteja com roupa clara?

Vestuário escuro sente mais calor

por o corpo condutir mais temperatura

Obs: Nenhuma pergunta pode ser deixada sem resposta.



Escola Municipal Profª Maria Auxiliadora Mesquita Simas

Professor: Hiram Jephson Gabriel da Costa

Data: 06/11/2023

Aluno (a):

9ºU

Pré Teste

(Diagnóstico)

1. Quando ocorre o contato entre uma parte do corpo humano, a mão por exemplo, e um objeto frio, o que, de fato, ocorre? O calor se desloca do corpo para o objeto ou é o frio que se movimenta do objeto para o corpo humano? Explique.

Ocorre a transferência de calor de um corpo para o outro. Então logicamente a temperatura mais quente tende a vencer a mais fria, entre o quente e o frio.

2. Na hipótese de uma chaleira com água ser aquecida num fogão, a transmissão do calor da chama ocorre do fundo da chaleira para o líquido em seu interior, propagando em todo o volume da água. Nessa sequência, são observados dois processos principais de transmissão de calor. Quais são eles?

Condução de calor, pelo fato de o calor do fogo ser constante na chaleira, e assim conduzida à água.

3. A aproximação da mão com um objeto que se encontrava em contato com o fogo é suficiente para gerar uma sensação de aquecimento. Nesse caso, qual o processo de transmissão de calor ocorrido: condução ou convecção?

Pode ser de condução, porque o fogo conduz a temperatura para o objeto e este para a mão.

4. Qual a razão para, nas geladeiras, o congelador encontrar-se posicionado sempre na parte superior do equipamento? Por qual razão, não se deve acondicionar produtos em quantidade excessiva nas prateleiras do mencionado eletrodoméstico?

Pode ser pelo fato de melhorar distribuição do frio para todos os espaços da geladeira. Não se pode colocar produtos em excesso para não prejudicar o frio.

5. Uma pessoa que, em um dia ensolarado, utilizar vestuário escuro sente mais calor do que outra pessoa que esteja com roupa clara?

Por talvez a cor preta absorva mais o calor que as outras cores.

Obs: Nenhuma pergunta pode ser deixada sem resposta.

ANEXO C- DESEMPENHO DOS ALUNOS NO PÓS-TESTE APLICADO



Escola Municipal Profª Maria Auxiliadora Mesquita Simas

Professor: Hiram Jephson Gabriel da Costa

Data: 29/11/2023

Aluno (a):

9ºU

Pós Teste

(Diagnóstico)

1. Quando ocorre o contato entre uma parte do corpo humano, a mão por exemplo, e um objeto frio, o que, de fato, ocorre? O calor se desloca do corpo para o objeto ou é o frio que se movimenta do objeto para o corpo humano? Explique.

É o corpo humano que esquenta

2. Na hipótese de uma chaleira com água ser aquecida num fogão, a transmissão do calor da chama ocorre do fundo da chaleira para o líquido em seu interior, propagando em todo o volume da água. Nessa sequência, são observados dois processos principais de transmissão de calor. Quais são eles?

Condução e convecção

3. A aproximação da mão com um objeto que se encontrava em contato com o fogo é suficiente para gerar uma sensação de aquecimento. Nesse caso, qual o processo de transmissão de calor ocorrido: condução ou convecção?

é o fogo

4. Qual a razão para, nas geladeiras, o congelador encontrar-se posicionado sempre na parte superior do equipamento? Por qual razão, não se deve acondicionar produtos em quantidade excessiva nas prateleiras do mencionado eletrodoméstico?

O congelador fica na parte de cima pra geladeira assim coisa

5. Uma pessoa que, em um dia ensolarado, utilizar vestuário escuro sente mais calor do que outra pessoa que esteja com roupa clara?

sim sente calor no mesmo jeito

Obs: Nenhuma pergunta pode ser deixada sem resposta.



Escola Municipal Profª Maria Auxiliadora Mesquita Simas

Professor: Hiram Jephson Gabriel da Costa

Data: 09/14/2023

Aluno (a):

9ºV

Pós Teste

(Diagnóstico)

1. Quando ocorre o contato entre uma parte do corpo humano, a mão por exemplo, e um objeto frio, o que, de fato, ocorre? O calor se desloca do corpo para o objeto ou é o frio que se movimenta do objeto para o corpo humano? Explique.

O calor se desloca do corpo
quando ocorre o contato entre uma a mão fria e calor

2. Na hipótese de uma chaleira com água ser aquecida num fogão, a transmissão do calor da chama ocorre do fundo da chaleira para o líquido em seu interior, propagando em todo o volume da água. Nessa sequência, são observados dois processos principais de transmissão de calor. Quais são eles?

é o processo de propagação do calor que se dá por
transmissão de energia entre as partículas

3. A aproximação da mão com um objeto que se encontrava em contato com o fogo é suficiente para gerar uma sensação de aquecimento. Nesse caso, qual o processo de transmissão de calor ocorrido: condução ou convecção?

condução

4. Qual a razão para, nas geladeiras, o congelador encontrar-se posicionado sempre na parte superior do equipamento? Por qual razão, não se deve acondicionar produtos em quantidade excessiva nas prateleiras do mencionado eletrodoméstico?

nas geladeiras, o congelador posicionado sempre na
parte superior porque

5. Uma pessoa que, em um dia ensolarado, utilizar vestuário escuro sente mais calor do que outra pessoa que esteja com roupa clara?

Sim, as cores escuras não as que têm maior
capacidade de absorção

Obs: Nenhuma pergunta pode ser deixada sem resposta.



Escola Municipal Profª Maria Auxiliadora Mesquita Simas

Professor: Hiram Jephson Gabriel da Costa

Data: 09/11/23

Aluno (a):

900

Pós Teste

(Diagnóstico)

1. Quando ocorre o contato entre uma parte do corpo humano, a mão por exemplo, e um objeto frio, o que, de fato, ocorre? O calor se desloca do corpo para o objeto ou é o frio que se movimenta do objeto para o corpo humano? Explique.

o calor se desloca do corpo para o objeto frio

2. Na hipótese de uma chaleira com água ser aquecida num fogão, a transmissão do calor da chama ocorre do fundo da chaleira para o líquido em seu interior, propagando em todo o volume da água. Nessa sequência, são observados dois processos principais de transmissão de calor. Quais são eles?

uma chaleira com água ser aquecida num fogão a transmissão do calor do fundo da chaleira o líquido

3. A aproximação da mão com um objeto que se encontrava em contato com o fogo é suficiente para gerar uma sensação de aquecimento. Nesse caso, qual o processo de transmissão de calor ocorrido: condução ou convecção?

condução

4. Qual a razão para, nas geladeiras, o congelador encontrar-se posicionado sempre na parte superior do equipamento? Por qual razão, não se deve acondicionar produtos em quantidade excessiva nas prateleiras do mencionado eletrodoméstico?

congelador para com certa produtos de baixo

5. Uma pessoa que, em um dia ensolarado, utilizar vestuário escuro sente mais calor do que outra pessoa que esteja com roupa clara?

sim, mais calor do que outra pessoa que esteja com roupa clara

Obs: Nenhuma pergunta pode ser deixada sem resposta.



Escola Municipal Profª Maria Auxiliadora Mesquita Simas

Professor: Hiram Jephson Gabriel da Costa

Data: 06/11/2023

Aluno (a):

9ºU

Pré Teste

(Diagnóstico)

1. Quando ocorre o contato entre uma parte do corpo humano, a mão por exemplo, e um objeto frio, o que, de fato, ocorre? O calor se desloca do corpo para o objeto ou é o frio que se movimenta do objeto para o corpo humano? Explique.

~~fica frio e deixa com gripa
calor do corpo~~

2. Na hipótese de uma chaleira com água ser aquecida num fogão, a transmissão do calor da chama ocorre do fundo da chaleira para o líquido em seu interior, propagando em todo o volume da água. Nessa sequência, são observados dois processos principais de transmissão de calor. Quais são eles?

~~nao deixa no fogo e agua ferver muito tempo~~

3. A aproximação da mão com um objeto que se encontrava em contato com o fogo é suficiente para gerar uma sensação de aquecimento. Nesse caso, qual o processo de transmissão de calor ocorrido: condução ou convecção?

~~condução~~

4. Qual a razão para, nas geladeiras, o congelador encontrar-se posicionado sempre na parte superior do equipamento? Por qual razão, não se deve acondicionar produtos em quantidade excessiva nas prateleiras do mencionado eletrodoméstico?

~~nao sabe porque congelador e mais frio e quando entupido
pode soltar (alimento) alimento e ficar com mal cheiro~~

5. Uma pessoa que, em um dia ensolarado, utilizar vestuário escuro sente mais calor do que outra pessoa que esteja com roupa clara?

~~Sim porque escuro pode ficar com mais calor~~

Obs: Nenhuma pergunta pode ser deixada sem resposta.



Escola Municipal Profª Maria Auxiliadora Mesquita Simas

Professor: Hiram Jephson Gabriel da Costa

Data: 09/11/2023

Aluno (a):

9ºU

Pós Teste

(Diagnóstico)

1. Quando ocorre o contato entre uma parte do corpo humano, a mão por exemplo, e um objeto frio, o que, de fato, ocorre? O calor se desloca do corpo para o objeto ou é o frio que se movimenta do objeto para o corpo humano? Explique.

Pelo processo de condução. Porque houve o contato entre a mão e o objeto frio.

2. Na hipótese de uma chaleira com água ser aquecida num fogão, a transmissão do calor da chama ocorre do fundo da chaleira para o líquido em seu interior, propagando em todo o volume da água. Nessa sequência, são observados dois processos principais de transmissão de calor. Quais são eles?

Condução e convecção.

3. A aproximação da mão com um objeto que se encontrava em contato com o fogo é suficiente para gerar uma sensação de aquecimento. Nesse caso, qual o processo de transmissão de calor ocorrido: condução ou convecção?

Convecção, porque pelo fato de haver somente aproximação e não contato.

4. Qual a razão para, nas geladeiras, o congelador encontrar-se posicionado sempre na parte superior do equipamento? Por qual razão, não se deve acondicionar produtos em quantidade excessiva nas prateleiras do mencionado eletrodoméstico?

Pelo fato da melhor distribuição de frio e não se deve adicionar produtos em excesso para não prejudicar a baixa temperatura.

5. Uma pessoa que, em um dia ensolarado, utilizar vestuário escuro sente mais calor do que outra pessoa que esteja com roupa clara?

Pelo fato do vestuário escuro absorver mais o calor.

Obs: Nenhuma pergunta pode ser deixada sem resposta.