

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
SETOR DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

ALESSANDRO LIMA KONOPACKI

UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO SOBRE O CALOR E SEUS
PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA

PONTA GROSSA
2025

ALESSANDRO LIMA KONOPACKI

UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO SOBRE O CALOR E SEUS
PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA

Dissertação apresentada ao Polo 35 do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Estadual de Ponta Grossa, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração Física na Educação Básica.

Orientador: Dr. André Vitor Chaves de Andrade

Coorientador: Dr. Paulo Cezar Facin

PONTA GROSSA
2025

K82 Konopacki, Alessandro Lima
Uma sequência de ensino investigativo sobre calor e seus processos de transferência: sobre calor e seus processos de transferência / Alessandro Lima Konopacki. Ponta Grossa, 2025.
205 f.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física - Área de Concentração: Física na Educação Básica), Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. André Vitor Chaves de Andrade.
Coorientador: Prof. Dr. Paulo Cezar Facin.

1. Calorimetria. 2. Cognitivismo. 3. Ensino por investigação. I. Andrade, André Vitor Chaves de. II. Facin, Paulo Cezar. III. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Física na Educação Básica. IV.T.

CDD: 530.07

TERMO DE APROVAÇÃO



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA
Av. General Carlos Cavalcanti, 4748 - Bairro Uvaemas - CEP 84030-900 - Ponta Grossa - PR - <https://uepg.br>

TERMO DE APROVAÇÃO

ALESSANDRO LIMA KONOPCKI

UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO SOBRE O CALOR E SEUS PROCESSOS DE TRANSFERÊNCIA

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Setor de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Dr. ANDRÉ VITOR CHAVES DE ANDRADE (UEPG/MNPEF)

- Presidente

Dr. SILVIO LUIZ RUTZ DA SILVA (UEPG/MNPEF)

- Membro interno

Dr. ROMEU MIQUEIAS SZMOSKI (UNEP - CAMPUS PONTA GROSSA)

- Membro externo

Ponta Grossa, 31 de outubro de 2025.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e pela saúde concedida.

Aos meus orientadores, professor André Vitor Chaves de Andrade e professor Paulo Cesar Facin, pelos conselhos, sugestões e principalmente pela paciência durante essa jornada.

Ao meu pai Onorio, minha mãe Eroni, e irmãos Luis Felipe, Lorena, Daniel Junior e Daniel Konopacki (*in memoriam*), pelos conselhos, apoio e ensinamentos durante todos os nossos momentos.

A minha namorada Vanessa, pelo companheirismo, paciência e por tornar meus dias mais felizes.

À UEPG por fornecer os materiais e recursos humanos necessários à manutenção do programa.

Aos meus colegas de turma, Samuel, Gilmar, Gabriela, Giovana e João por deixarem as aulas descontraídas e pelo apoio.

Agradecimento especial ao colega Samuel, que auxiliou nos testes dos experimentos.

Aos meus amigos Paulo, John, Derick e Felipe, pelo companheirismo e momentos de descontração.

Ao Colégio Estadual do Campo Pref. Albano Guimarães Martins, por ceder o espaço para a aplicação das aulas, em especial a Diretora, Sra. Danieli Parra, pela ajuda e compreensão.

Aos alunos envolvidos na aplicação do Produto, sem vocês isso não seria possível.

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

RESUMO

No presente trabalho, foi aplicada uma Sequência de Ensino por Investigação, a fim de sanar o seguinte questionamento: O que os alunos sabem sobre calor e seus processos de transferência? Quais conceitos os alunos podem melhorar/aprender sobre os fenômenos trabalhados sob uma perspectiva de ensino investigativa? Uma pergunta que surgiu naturalmente através da observação do professor em salas de aula, e da convivência com os estudantes, percebendo que haviam conceitos físicos interessantes sobre calorimetria na fala deles. A Sequência de ensino por investigação (SEI) é montada com base nas concepções de Vygotsky e Piaget dois autores cognitivistas, onde, o aluno deve investigar um problema proposto pelo professor, a fim de extrair informações pertinentes e elaborar seus próprios conceitos, o professor serve de guia e motivador para que o aluno interprete os conceitos de maneira científica e aprenda a comunicar os resultados obtidos dos experimentos de maneira clara e objetiva, utilizando a linguagem científica. No colégio em questão, um colégio do campo, os alunos têm uma realidade diferente de alunos do perímetro urbano, suas culturas possuem base principalmente no senso comum, conhecimentos esses repassados de geração em geração, sem muito embasamento científico, sem serem questionados sobre sua veracidade ou não, entretanto, alguns desses conhecimentos podem ser aprofundados neste processo, extraídos conceitos físicos já consagrados. O produto educacional contou com oito aulas, sobre calorimetria, abrangendo os conteúdos iniciais, mostrando que os conhecimentos são uma construção histórica, que remontam a anos de trabalho e estudo de vários cientistas.

Palavras-chave: Calorimetria, Cognitivismo, Ensino por Investigação.

ABSTRACT

In the present work, an Inquiry-Based Teaching Sequence was applied in order to address the following questions: What do students know about heat and its transfer processes? Which concepts can students improve or learn about the phenomena studied from an investigative teaching perspective? This question arose naturally through the teacher's classroom observations and interaction with students, noticing that they already expressed interesting physical concepts related to calorimetry in their speech. The Inquiry-Based Teaching Sequence (IBTS) is designed based on the conceptions of Vygotsky and Piaget, two cognitive theorists, according to whom the student must investigate a problem proposed by the teacher in order to extract relevant information and construct their own concepts. The teacher acts as a guide and motivator, helping students interpret concepts scientifically and learn to communicate the experimental results clearly and objectively, using scientific language. At the school in question, a rural school, students have a reality different from those in urban areas. Their culture is mainly based on common sense, with knowledge passed down from generation to generation without much scientific foundation and rarely questioned for its accuracy. However, some of this knowledge can be deepened in this process, allowing the extraction of well-established physical concepts. The educational product consisted of eight lessons on calorimetry, covering the fundamental content and showing that knowledge is a historical construction, built over years of work and study by various scientists.

Keywords: Calorimetry, Cognitivism, teaching by inquiry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Ilustração esquemática do termoscópio de Galileu.....	28
Figura 2.2 - Pontos fixos entre as escalas termométricas para água.....	29
Figura 2.3 - Gráficos entre as temperaturas.....	30
Figura 2.4 - Gráfico da temperatura em função do tempo.....	32
Figura 2.5 - Gráfico da temperatura em função do tempo do aquecimento do gelo..	35
Figura 2.6 - Esquema representativo das variáveis da lei de Fourier.....	38
Figura 2.7 - Exemplo gráfico temperatura em função do tempo.....	42
Figura 3.1 - Registro fotográfico do experimento sobre o calor.....	57
Figura 3.2 - Registro fotográfico da coleta das temperaturas com o sensor MF52...	58
Figura 3.3 - Registro fotográfico dos alunos assistindo a reportagem.....	61
Figura 3.4 - Registro fotográfico da coleta das temperaturas com o MF52.....	62
Figura 3.5 - Gráfico da temperatura pelo tempo.....	63
Figura 3.6 - Registro fotográfico do aluno aquecendo a água para o experimento...	67
Figura 3.7 - Registro fotográfico Diário de bordo do aluno N. 5.....	68
Figura 3.8 - Calorímetros adaptados para o experimento de condução.....	71
Figura 3.9 - gráfico da temperatura pelo tempo do zinco e vidro.....	72
Figura 3.10 - Ilustração dos recipientes escolhidos pelos alunos para realização do experimento.....	75
Figura 3.11 - gráfico da temperatura pelo tempo com áreas diferentes.....	76
Figura 3.12 - Imagem entregue para os alunos.....	78
Figura 3.13 - Registro fotográfico dos alunos realizando o experimento no pátio do colégio.....	79
Figura 3.14 - Registro fotográfico dos alunos organizando as latas pelo seu grau de aquecimento.....	81
Figura 3.15 - Graus de abertura em uma atividade de investigação.....	82
Figura 3.16 - Registro fotográfico do 1º grupo a apresentar o trabalho final.....	83
Figura 4.1 - Nuvem de palavras descrição das aulas feitas pelo professor.....	92
Figura 4.2 - Nuvem de palavras dos relatos dos alunos.....	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 - Planejamento das aulas.....	50
Quadro 3.2 - Pontuação da rubrica da primeira aula;.....	54
Quadro 3.3 - Critérios da rubrica para a primeira aula;.....	54
Quadro 5 - Pontuação da segunda aula;.....	59
Quadro 6 - Um dos critérios da segunda aula;.....	59
Quadro 7 - Pontuação da terceira aula;.....	64
Quadro 7.1 - Critérios para um dos objetivos da terceira aula;.....	65
Quadro 8 - Pontuação da quarta aula;.....	69
Quadro 9 - Pontuação Quinta aula;.....	72
Quadro 9.1 - Um dos critérios avaliados na quinta aula;.....	73
Quadro 10 - Pontuação da sexta aula;.....	77
Quadro 11 - Pontuação da sétima aula;.....	81
Quadro 12 - Pontuação da oitava aula;.....	85
Quadro 13 - Categorias criadas a partir da análise de conteúdo.....	97

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	10
CAPÍTULO 1 - REVISÃO DE LITERATURA.....	15
1.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS TEORIAS QUE FUNDAMENTAM A SEI.....	18
1.1.1 Teoria do desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget.....	19
1.1.2 Teoria sociocultural de Lev Vygotsky.....	21
1.1.3 Sequência de ensino investigativo (SEI).....	23
CAPÍTULO 2- FUNDAMENTOS TEÓRICOS EM FÍSICA.....	27
2.1 CALOR E TEMPERATURA.....	27
2.2 CALOR ESPECÍFICO E CALOR LATENTE.....	31
2.3 CALORÍMETRO E EQUILÍBRIO TÉRMICO.....	35
2.4 LEI DE FOURIER - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONDUÇÃO.....	37
2.5 LEI DO RESFRIAMENTO DE NEWTON - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONVECÇÃO.....	40
2.6 LEI DE STEFAN-BOLTZMANN - TRANSFERÊNCIA POR IRRADIAÇÃO TÉRMICA.....	42
CAPÍTULO 3 - ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS.....	44
3.1 TIPO DE PESQUISA.....	44
3.2 ANÁLISE DE CONTEÚDO.....	45
3.3 SUJEITOS DA PESQUISA E LOCAL DE APLICAÇÃO.....	47
3.4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO – PROPOSTA DIDÁTICA.....	48
3.5 CONTEÚDOS E RECURSOS.....	48
3.6 ETAPAS DA SEQUÊNCIA DE ENSINO.....	49
3.7 COLETA DOS DADOS.....	50
3.7.1 Instrumentos de coleta de dados.....	50
3.7.2 Relato da implementação do produto educacional.....	52
3.7.3 Primeira aula - aplicação da aula nº 1 - 29/07/2024 das 10h20 às 11h30.....	52
3.7.4 Segunda aula - aplicação das aulas nº 2 e 3 - 06/08/2024 das 14 h às 16h....	55
3.7.4.1 Aplicação da aula nº 2.....	56
3.7.4.2 Aplicação da aula nº 3.....	61
3.7.5 Terceira aula - aplicação da aula nº 4 - 13/08/2024 das 14h às 16h.....	65
3.7.6 Quarta aula - aplicação da aula nº 5 - 20/08/2024 das 14h às 16h.....	70
3.7.7 Quinta aula - aplicação das aulas nº 6 e 7 - 27/08/2024 das 14h às 16h.....	74
3.7.7.1 Aplicação da aula nº 6.....	74
3.7.7.2 Aplicação da aula nº 7.....	78
3.7.8 Sexta aula - aplicação da aula nº 8 - 03/09/2024 das 14h às 16h.....	83
CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DE CONTEÚDO.....	87
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	100
REFERÊNCIAS.....	103
APÊNDICE A - DIÁRIO DE BORDO DO PROFESSOR.....	106

APÊNDICE B - APRESENTAÇÃO DAS EQUIPES.....	115
APÊNDICE C - PRODUTO EDUCACIONAL.....	123

INTRODUÇÃO

A habilidade de produzir e dominar o fogo foi um marco importante na história dos primeiros hominídeos, pois o domínio desse elemento proporcionou noites mais claras e quentes, assegurou proteção contra predadores, possibilitou cozinhar ou assar seus alimentos e promoveu a formação de comunidades que trocavam experiências, proporcionando, assim, uma série de vantagens em relação às outras espécies. Além disso, proporcionou a fabricação de ligas metálicas, o que possibilitou o desenvolvimento de diversos artefatos, desde utensílios domésticos até armas e motores, entre outros que contribuíram para a evolução tecnológica da sociedade como a conhecemos hoje.

O controle do fogo, ao longo da história da humanidade, evoluiu muito mais tarde para um estudo sistemático da temperatura e do calor. Tal desenvolvimento possibilitou a expansão de nossas capacidades além da mera produção de ligas metálicas simples, impulsionando a busca pela compreensão das transformações da matéria com o objetivo de otimizar o desempenho de instrumentos e de máquinas.

Os nomes mais frequentemente citados no estudo da temperatura e do calor são Galileo di Vincenzo Bonaulti de Galilei (1564-1642), George Ernst Stahl (1659–1734), Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736), Anders Celsius (1701-1744), Joseph Black (1728–1799), Antoine Laurent de Lavoisier (1743–1794), Benjamin Thompson (Conde de Rumford) (1753–1814), William Thomson (Lord Kelvin) (1824-1907), Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796-1832), James Prescott Joule (1818–1889), Ludwig Eduard Boltzmann (1844-1906), Rudolf Julius Emanuel Clausius (1833-1888) e Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947). Seus estudos, conceitos, definições e teorias mostram como o conhecimento evolui e se aperfeiçoa com o tempo, esforço intelectual e dedicação.

Acima, os nomes frequentemente associados aos estudos do calor e da temperatura nos mostram a importância que os conceitos a serem estudados têm para os estudantes da educação básica, tais como os conceitos de calor, temperatura, calor específico e calor latente, sendo fundamental que percebam e entendam que o conhecimento científico é socialmente e historicamente construído pelas gerações que nos antecederam, com todas as suas coerências e contradições, visões de mundo e espírito do tempo, e que a sociedade atual não

seria possível sem essa construção, como sugere a Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Os estudantes têm a oportunidade de elaborar reflexões que situem a humanidade e o planeta Terra na história do Universo, bem como inteirar-se da evolução histórica dos conceitos e das diferentes interpretações e controvérsias envolvidas nessa construção. (Brasil, 2018, p. 542)

No entanto, a visão que prevaleceu até bem pouco tempo em nossas escolas foi a de apresentar os conteúdos como produto final na forma de conceitos, definições, leis e fórmulas que se concentravam em resoluções matemáticas de exercícios de Física que, por sua vez, se resumiam em apresentar como solução um número acompanhado por unidade. Desse modo, o processo de construção histórica e social do conhecimento científico era (e talvez ainda seja) ignorado.

Lúcia Helena Sasserón, Anna Maria Pessoa de Carvalho e colaboradores (Carvalho et al., 2013) propõem uma abordagem de ensino baseada nas relações entre alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação para que o ensino de ciências (e, conseqüentemente, o da Física) evolua, superando a visão descrita no parágrafo anterior, e visando a criação de uma cultura científica escolar, de forma híbrida, juntamente com a cultura escolar (Sasserón, 2015). A cultura escolar é a expressão do que se pretende e do que se faz na escola, desde as políticas públicas que determinam suas normas até o projeto político pedagógico, passando pelo trabalho do professor que ensina e pela participação do aluno que aprende a se relacionar com os conteúdos e as práticas que existem no espaço escolar. A cultura científica, por sua vez, carrega as ações e os comportamentos envolvidos nas atividades de investigação científica, é influenciada por questões sociais, culturais e históricas, variáveis que afetam a maneira com que ela é entendida pelos alunos. A hibridização desses conceitos de cultura está relacionada com a incorporação de uma pela outra, o que, por sua vez, desenvolve a alfabetização científica entre os estudantes, que é o objetivo do ensino das ciências segundo a perspectiva das autoras.

Anna Maria Pessoa de Carvalho e colaboradores (Carvalho et al., 2013) propõem que os professores trabalhem não para que os alunos pensem ou se comportem como cientistas, mas para que os alunos aprendam a trabalhar dentro de um ambiente investigativo que ensine o processo, mesmo que simplificado, do

trabalho científico para que, desse modo, ampliem sua cultura científica por meio da alfabetização e do letramento científico. É sob essa concepção que sugerem a abordagem conhecida como Sequências de Ensino por Investigação (SEI), fundamentada nos trabalhos de Piaget e Vygotsky, o que implica que esse método é orientado pela construção do conhecimento. As SEI são sequências de aulas sobre um tópico a ser aprendido que dão a oportunidade aos alunos de trazerem os seus conhecimentos prévios para, a partir disso, construírem os seus novos conhecimentos, discutindo-os e refletindo sobre eles com o professor e com os colegas, de modo a adquirir, gradativamente, o conhecimento científico histórica e socialmente construído.

Definimos como ensino por investigação o ensino dos conteúdos programáticos em que o professor cria condições em sua sala de aula para os alunos: pensarem, levando em conta a estrutura do conhecimento; falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos; lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido; escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas. (Carvalho, 2018, p. 766)

O que vai ao encontro com habilidades contidas na BNCC, tais como:

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

(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos – interpretando gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, elaborando textos e utilizando diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) –, de modo a promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural. (Brasil, 2018, p. 545)

Desse modo, esta dissertação propõe investigar a aplicação de uma SEI para o ensino de conceitos de calor, trocas de calor e temperatura (comumente agrupados sob o estudo da calorimetria) e as transferências de calor, com o intuito de responder às perguntas que surgiram naturalmente através da observação do professor em salas de aula e da convivência com os estudantes. Percebendo que havia conceitos físicos interessantes sobre calorimetria na fala deles, as perguntas formuladas são: O que os alunos sabem sobre calor e seus processos de transferência? Quais conceitos os alunos podem melhorar/aprender sobre os fenômenos trabalhados sob uma perspectiva de ensino investigativa?

O objetivo geral deste trabalho é implementar e avaliar uma Sequência de Ensino por Investigação (SEI) sobre calorimetria, buscando compreender a potencialidade dessa abordagem através da investigação dos saberes anteriores dos estudantes sobre calor e seus processos de transferência, bem como evidenciar as aprendizagens conceituais desenvolvidas em contexto de escola rural. O que se busca é identificar quais conceitos os alunos têm sobre esses fenômenos e como eles podem ser aprimorados ou construídos sob uma perspectiva de ensino que transcende a mera memorização de fórmulas e de conceitos prontos, valorizando a construção histórica e social do conhecimento científico.

O Capítulo 1, "Revisão de Literatura e Considerações sobre as Teorias da Aprendizagem que Fundamentam a SEI", explora as fundações teóricas da Sequência de Ensino por Investigação (SEI). A abordagem é solidamente ancorada nas teorias cognitivistas de Jean Piaget e Lev Vygotsky. De Piaget, o trabalho extrai a importância da curiosidade natural do indivíduo e da construção ativa do conhecimento, onde novas informações se integram a esquemas pré-existentes, gerando desequilíbrios e, subsequentemente, acomodações que impulsionam o desenvolvimento cognitivo. De Vygotsky, destaca-se a teoria sociocultural, que enfatiza o papel crucial da interação social e da colaboração – especialmente na Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) – para a internalização de sistemas de signos e a construção conjunta do conhecimento científico. A SEI, então, é apresentada como uma metodologia que incentiva os alunos a investigarem problemas, elaborarem hipóteses e se comunicarem de forma científica, com o professor atuando como guia e motivador.

No Capítulo 2, "Fundamentos Teóricos em Física", são abordados os conceitos físicos essenciais de calorimetria que foram investigados ao longo das aulas. O capítulo discute as definições de calor e temperatura, desmistificando equívocos comuns ao apresentar a evolução histórica desses conceitos, incluindo teorias obsoletas como o Flogisto e o Calórico que, apesar de incorretas, pavimentaram o caminho para a compreensão atual. São também explorados o calor específico e o calor latente, o funcionamento de calorímetros e o conceito de equilíbrio térmico. Por fim, são apresentadas as três formas de transferência de calor: condução (Lei de Fourier), convecção (Lei do Resfriamento de Newton) e irradiação (Lei de Stefan-Boltzmann), correlacionando-as com fenômenos do

cotidiano dos alunos. A compreensão desses fundamentos teóricos, contextualizados historicamente, é vista como crucial para que os estudantes percebam o conhecimento científico como uma construção humana.

O Capítulo 3, "Encaminhamentos Metodológicos", descreve a abordagem metodológica da pesquisa. Trata-se de um estudo de caso que emprega a pesquisa-ação. A pesquisa-ação, formalizada por Kurt Lewin, pressupõe a participação ativa do pesquisador na comunidade para identificar, compreender e intervir em problemas reais, promovendo uma visão imparcial. Os sujeitos da pesquisa foram oito alunos do Ensino Médio de uma escola rural pública na cidade de Reserva, Paraná, selecionados para um projeto em contraturno. A coleta de dados foi realizada de forma contínua por meio de rubricas de avaliação e o preenchimento de diários de bordo (tanto pelo professor quanto pelos alunos), com a análise dos dados baseada na análise de conteúdo de Laurence Bardin. O "produto educacional" consistiu em oito aulas planejadas sobre calorimetria, focadas em experimentos de baixo custo e temas do cotidiano dos alunos, buscando traçar paralelos e aprofundar a compreensão científica a partir de suas realidades culturais.

O Capítulo 4, "Resultados e Discussões", apresenta os resultados da pesquisa e suas implicações.

Por último, as "Considerações Finais" destacam que a SEI promoveu com sucesso uma cultura de investigação e uniu o conhecimento científico à experiência dos alunos, demonstrando a eficácia dessa metodologia no ensino de Física em escolas rurais.

CAPÍTULO 1 - REVISÃO DE LITERATURA

A Sequência de Ensino Investigativa (SEI) tem como um de seus objetivos promover a autonomia dos estudantes, possibilitando que eles desenvolvam habilidades relacionadas à linguagem e à cultura científica (Fávaro et al., 2020) apontam que a autonomia intelectual é importante para o desenvolvimento científico dos estudantes, mostrando que a metodologia investigativa contribui para esse processo.

Essas duas primeiras investigações relatadas nos mostraram primeiramente que o nível de enculturação científica promovida pelas aulas de laboratório aberto vai além da simples aquisição de algumas práticas e conceitos da Ciência. As aulas experimentais, junto com a forma de trabalho da professora, criaram condições para uma enculturação científica junto com as linguagens científicas e dentro dessas, a matemática desde a linguagem gráfica até a algébrica. Assim, podemos falar em uma enculturação na matemática da Ciência. (Carvalho, 2021, p. 16)

Ainda que não se pretenda que os estudantes se portem como cientistas, a SEI proporciona aos alunos experiências que mostram como é a vida de um pesquisador, que possui habilidades de levantar hipóteses, observar fenômenos, propor explicações e selecionar evidências e buscar por embasamento teórico. Essa perspectiva é sustentada por (Sasseron; Carvalho, 2008), que apontam a importância de formar um sujeito ativo e reflexivo, capaz de pensar criticamente a partir de uma relação significativa com o conhecimento científico, se alinhado às diretrizes curriculares atuais, como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que auxilia o desenvolvimento de competências e habilidades para a educação científica e o protagonismo do estudante. Em concordância, (Sales, 2020) propõe o ensino de Física Térmica de maneira interdisciplinar e investigativa, visando à formação integral do estudante, que engloba aspectos cognitivos, críticos e cidadãos, e promove uma aprendizagem abrangente para o estudante. Igualmente, (Silva, 2020) destaca a eficácia de abordagens práticas na calorimetria, permitindo que os próprios alunos construam conceitos fundamentais a partir da experiência, sem a necessidade de introdução antecipada de fórmulas. (Braga; Carvalho, 2021), por sua vez, apontam para a necessidade de transformação das metodologias tradicionais de ensino de Física, destacando que a utilização de abordagens investigativas é um bom instrumento para atrair a atenção dos alunos e aumentar seu interesse pela disciplina.

Nesse contexto, o papel do professor também se transforma. Ele deixa de ser a única fonte de conhecimento e passa a atuar como mediador da aprendizagem, promovendo situações em que o aluno possa construir suas próprias interpretações. De acordo com os trabalhos de (Carvalho, 2021), que ressalta o alto grau de liberdade intelectual e a importância de problemas bem definidos, e (Fávaro *et al.*, 2020), que observaram estudantes se tornando protagonistas ao construírem seus próprios experimentos em termodinâmica, cabe ao professor lançar questões desafiadoras, guiar investigações e respeitar o tempo e as hipóteses dos estudantes, mesmo que estejam inicialmente equivocadas. (Bittencourt; Araújo, 2022) também demonstram que sequências de ensino investigativas são capazes de promover o pensamento crítico dos alunos ao engajá-los na discussão de resultados que desafiam concepções prévias. Adicionalmente, (Braga; Carvalho, 2021) ressaltam que um ambiente investigativo valoriza a participação ativa do aluno, seu saber anterior e a interação, tanto entre os próprios estudantes quanto com o professor, como elementos relevantes para a apropriação da linguagem científica e a construção do saber em Termodinâmica. A mediação docente, portanto, deve ser feita com intencionalidade pedagógica, assumindo a figura de um colega mais capaz ou mais experiente, nos termos de Vygotsky.

Além disso, a SEI pressupõe um regime de liberdade intelectual progressiva. Como apontado por (Barros, 2014), às atividades propostas podem variar em seu grau de abertura, partindo de tarefas mais estruturadas em que o professor apresenta o problema e orienta os procedimentos, até momentos em que o próprio aluno é capaz de propor a questão e buscar uma solução fundamentada em conhecimentos científicos. Essa transição gradual respeita a maturidade cognitiva dos estudantes e favorece o desenvolvimento de competências investigativas, como enfatizam Carvalho, Munford e Lima, e outros pesquisadores que discutem os níveis de abertura de uma atividade investigativa. (Moraes, 2022) corrobora ao apontar que a aplicação de sequências didáticas investigativas promove a participação ativa dos estudantes e a contextualização da ciência, sendo eficazes em abordagens interdisciplinares. De maneira similar, (Pereira; Oliveira, 2025) propõem atividades de baixo custo que incentivam o protagonismo estudantil enquanto abordam conceitos científicos.

Assim, a literatura sobre as sequências de ensino por investigação mostram a importância de formar alunos autônomos, críticos e capazes de participar ativamente do processo de construção do conhecimento. Mesmo que ainda não possuam todas as ferramentas para agir como cientistas, a SEI os insere em práticas autênticas de investigação, contribuindo para a formação de uma postura científica frente aos fenômenos que os cercam. (Kunzler, 2025), em trabalho sobre o ensino de termodinâmica, salienta a relevância da investigação e de atividades experimentais para a compreensão de conceitos como calor e sua propagação, alinhando-se à ideia de que a SEI promove a prática científica, analisando também a importância dos problemas para o desenvolvimento de habilidades como argumentação e proposição de hipóteses.

Os problemas são elementos chave em uma SEI, pois as aulas dependem de bons problemas para motivar os alunos a participarem ativamente, problemas esses que permitem aos alunos questionar, argumentar e investigar, fazendo com que cheguem a um consenso. (Fávaro *et al.*, 2020) afirma que a prática investigativa comumente é utilizada para a resolução de problemas, fomentando debates entre os pesquisadores, isso sendo aplicável em sala de aula. Nessa perspectiva, é importante considerar que os alunos não chegam à escola sem saberes construídos a partir da interação com pessoas próximas, mas trazem consigo explicações, crenças e experiências oriundas da cultura familiar e comunitária. Quando a SEI acolhe esses saberes no contexto da investigação, promove o que (Sasseron, 2015) chama de cultura científica escolar, uma forma híbrida que resulta do encontro entre a cultura científica e a cultura escolar. Assim, a partir de problemas reais, próximos da vivência dos estudantes, o ensino por investigação não apenas facilita a construção de conhecimento, mas também valoriza os saberes prévios, promovendo a ressignificação desses saberes à luz da ciência escolar.

(Carvalho, 2021), ao citar (Bachelard, 1996), destaca que todo conhecimento é proveniente de um problema. Nas palavras do autor, “todo conhecimento é resposta a uma pergunta. Se não há pergunta, não pode haver conhecimento científico” (Bachelard, 1996, p. 18).

Após os alunos resolverem os problemas, é de suma importância a etapa da sistematização do conhecimento, onde o professor irá perguntar como eles conseguiram resolver determinado problema, buscando com que os alunos discutam

e mostrem seus dados (Carvalho *et al.*, 2014), ao relatar seus resultados, os alunos mostram quais de suas hipóteses deram certo, gerando atitudes como o levantamento de dados e construção de evidências, comportamentos esses de um pesquisador.

Outro ponto interessante é a forma de avaliar, segundo (Carvalho *et al.*, 2014), deve acompanhar as evoluções didáticas pois esse método carece de avaliações diferentes das avaliações tradicionais, onde o estudante senta-se em uma cadeira e faz uma prova com várias questões de múltipla escolha e/ou descritivas, as avaliações devem ser contínuas, minuto após minuto em sala de aula, pois durante as aulas o aluno demonstrará seu aprendizado seja ela conceitual, procedimental ou atitudinal.

A revisão bibliográfica, confirma a existência de uma grande produção de pesquisas sobre Sequências de Ensino Investigativas o que revela o interesse da comunidade acadêmica por métodos que favoreçam o protagonismo estudantil e a construção ativa do conhecimento. Apesar disso, a literatura examinada evidencia que SEIs voltadas especificamente para o ensino de calor e seus processos de transferência ainda carecem de maior atenção. Essa lacuna torna-se ainda maior quando consideramos o contexto das escolas do campo, onde a aplicação desse tipo de proposta didática não tem registros muito documentados. Adicionalmente, temos a escassez de trabalhos que abordem de forma integrada as três formas de transferência de calor: condução, convecção e irradiação, possivelmente em decorrência da forma fragmentada com que esses conceitos aparecem nas grades curriculares tradicionais. Essa ausência de articulação entre os conteúdos sugere uma dificuldade em abordagens mais amplas e contextualizadas, constituindo-se, assim, um campo promissor para novas investigações e propostas pedagógicas.

1.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE AS TEORIAS QUE FUNDAMENTAM A SEI.

O método utilizado para moldar a sequência de aulas desse produto educacional, foi uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), que tem como principal nome Anna Maria Pessoa de Carvalho, cujas teorias de aprendizagem subjacentes são as teorias de Jean Piaget e Vygotsky, neste capítulo vamos abordar

quais os aspectos das teorias, que fundamentam uma sequência de ensino investigativo.

Como a literatura sobre o ensino por investigação é bastante ampla, será dado um enfoque especial nos trabalhos de Anna Maria Pessoa de Carvalho, assim como alguns aspectos específicos das obras de Jean Piaget e Lev Vygotsky, sendo apresentados autores colaboradores de algumas das obras.

1.1.1 Teoria do desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget.

Um dos pontos mais fundamentais da teoria de Jean Piaget gira em torno da curiosidade natural do indivíduo, curiosidade essa que é muitas vezes calada quando se é criança, por um dar de ombros ou uma resposta vaga de um adulto ou até mesmo de um professor. Como Piaget aponta *“a partir do aparecimento precoce dos “por quê?” assiste-se a um início de explicações causais. Há pois aí um conjunto de novidades essenciais em relação ao período sensório-motor”* (Piaget, 1971, p. 138).

Aproveitando-se dessa curiosidade¹ natural que crianças e adolescentes possuem, os professores que desejam construir o conhecimento com os alunos, necessitam aprender a criar bons problemas para seus alunos, um problema que motive o aluno a buscar soluções, a raciocinar e criar suas próprias hipóteses, o tornando mais ativo em seu processo de aprendizagem.

Talvez muitos pais e professores foram ensinados de maneira tradicional, onde o professor explicava um determinado conteúdo, seguindo sua linha de raciocínio, mostrando fórmulas e cálculos, com os alunos tendo como obrigação única e exclusiva, anotar o que o professor passou na lousa e acompanhar a linha de raciocínio do professor. Porém, um fato é que a modernidade trouxe uma grande facilidade para encontrarmos esses mesmos conceitos do mesmo jeito ou até mesmo de maneira mais resumida na *internet*, e isso nos mostra que o conhecimento, por si só, passa a não ter significado, então a fim reverter essa situação, pode-se optar ao invés de quantidade a qualidade dos conceitos básicos, os conceitos que estruturam os conhecimentos modernos e mais complexos.

¹ A curiosidade natural da criança, é a geradora dos “porquês?”, algo que dará início às explicações da causa e efeito (hipóteses a serem testadas) segundo a teoria piagetiana.

Para isso é necessária a compreensão do aluno de que todo o conhecimento visto em sala de aula partiu de algum ponto, e está se desenvolvendo desde então, e esse *start* ocorreu muitas vezes de um problema natural e comum do cotidiano, o que é algo que pode ser estudado pelo aluno e que muitas vezes já foi ou até mesmo é alvo de seus questionamentos rotineiros.

Assumindo que o próprio aluno se questione como determinado fenômeno aconteça, então segundo Anna Maria Pessoa de Carvalho em análise à teoria piagetiana afirma.

Entretanto, o importante desta teoria para a organização do ensino é o entendimento que qualquer novo conhecimento tem origem em um conhecimento anterior. Este fato é um princípio geral de todas as teorias construtivistas e que revolucionou o planejamento do ensino uma vez que não podemos iniciar nenhuma aula, nenhum novo tópico, sem procurar saber o que os alunos já conhecem ou como eles entendem as propostas que iremos fazer. (Carvalho, 2022, p. 2)

Relembrando o tempo colegial do leitor, isso faz sentido, pois muitas vezes nas aulas de qualquer matéria o aluno se depara com situações que já foram discutidas e vivenciadas em seu cotidiano, logo, o aluno pode buscar a validação desse conhecimento em forma de perguntas ao professor, ou então o professor adiantando-se a isso, pode instigar os alunos a validarem isso através de uma atividade experimental, na qual o aluno terá o conhecimento, de forma “concreta” em suas mãos.

Essas situações se encaixam na definição de assimilação de Piaget de acordo com (Moreira, 1999), “O indivíduo constrói esquemas de assimilação mental para abordar a realidade.” Quando o indivíduo se depara com algo que não consegue resolver com esses conhecimentos assimilados, pode passar por dois estágios, a desistência ou modificação, onde ocorrem as acomodações que geram o desenvolvimento cognitivo. Para que o indivíduo consiga um novo conhecimento é necessário que ocorra uma adaptação, processo esse que é denominado de equilíbrio.

A teoria de Piaget mostra o quanto os indivíduos são adaptáveis, por meio de assimilações, equilibrações e acomodações, a mente se molda para resolver problemas, desde que não ocorra desistência, o que mostra o quão complexa é a mente humana. Obviamente não é possível resumir a teoria completa do autor em simples páginas, por exemplo, não foi comentado sobre os estágios do

desenvolvimento da criança, que fica como sugestão de leitura complementar ao leitor, podendo consultar o material lido no campo Referências.

1.1.2 Teoría sociocultural de Lev Vygotsky.

A teoria de Vygotsky leva em conta o aspecto social, segundo a professora Anna Maria Pessoa de Carvalho, é essencial para uma construção social do conhecimento.

Na escola, nas salas de aula, não trabalhamos com um único indivíduo, ao contrário temos de trinta a quarenta alunos juntos! É nesta ocasião, na construção social do conhecimento que temos de levar em consideração os saberes produzidos por Vygotsky. (Carvalho, 2022, p. 3).

Em sala de aula, não temos somente um aluno, temos vários, com salas chegando em quarenta alunos, o que deixa a função do professor bastante sobrecarregada, como a possibilidade do número de alunos ser reduzido em uma sala de aula é pequena, por uma série de fatores, o mais indicado é apoiar -se em uma teoria onde o coletivo seja levado em consideração. A teoria de Vygotsky é comumente associada à famosa Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), porém para compreendermos a ZDP, faz-se necessário entendermos os conceitos de Instrumentos e signos.

Um ponto importante na teoria de Vygotsky são os instrumentos e signos, definidos por Moreira como sendo “Um instrumento é algo que pode ser usado para fazer alguma coisa; um signo é algo que significa alguma outra coisa” (Moreira, 1999. p. 111). A interação com outras pessoas, usando instrumentos e signos para comunicar-se, transforma essa interação em funções mentais superiores. A fala é um dos principais sistemas signos na visão vygotskyana, pois esse sistema é um ponto central no desenvolvimento cognitivo de uma criança, como Moreira em citação direta do livro de *A formação social da mente*, enuncia.

O momento de maior significado no curso do desenvolvimento intelectual, que dá origem às formas puramente humanas de inteligência prática e abstrata, acontece quando a fala e a atividade prática, então duas linhas completamente independentes de desenvolvimento, convergem. (Vygotsky, 1988, p. 27) (Moreira, 1999, p. 114)

No trecho destacado, a fala é apresentada como um sistema de signos, cuja importância é essencial para o desenvolvimento cognitivo do indivíduo, a fala permite que os seres humanos colaborem na resolução de problemas, onde provavelmente ocorrerá uma troca de experiências e significados entre os indivíduos gerando assim uma internalização de um signo. Através dessa perspectiva o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal pode ser aplicado no contexto da sala de aula.

A zona de desenvolvimento proximal é "a distância entre o nível real (da criança) de desenvolvimento determinado pela resolução de problemas independentemente e o nível de desenvolvimento potencial determinado pela resolução de problemas sob orientação de adultos ou em colaboração com companheiros mais capacitados" (Vygotsky, 1991, p. 86)

O professor que está em sala de aula, consegue perceber que em sua disciplina alguns alunos evoluem muito mais rapidamente que outros. Em alguns casos, pode até ouvir que certo aluno "explica melhor que o professor", pois somente com a ajuda desse colega os demais conseguem compreender o conteúdo. Essa situação pode ser interpretada como uma demonstração da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), pois quando o professor explica determinado conceito para os alunos, está utilizando de sistemas de signos como a fala e a escrita, que são familiares para o professor, porém esse mesmo padrão nos sistemas de signos pode ser estranho para os alunos, fazendo com que os conceitos não sejam facilmente interpretados pelos alunos. Logo, os próprios alunos tendem a colaborar uns com os outros, tornando a interpretação dos sistemas de signos passados pelo professor mais compreensíveis.

Os sistemas de signos (a linguagem, a escrita, o sistema de números), assim como o sistema de instrumentos, são criados pelas sociedades ao longo do curso da história humana e mudam a forma social e o nível de seu desenvolvimento cultural. Vygotsky acreditava que a internalização dos sistemas de signos produzidos culturalmente provoca transformações comportamentais e estabelece um elo de ligação entre as formas iniciais e tardias do desenvolvimento individual.(Vygotsky, 1991, p. 11)

É válido ressaltar que o professor também ocupa o papel de companheiro mais capaz, pois detém o domínio do conteúdo, devendo auxiliar os alunos a

alcançarem limites cada vez maiores e a refinar, cada vez mais, o conhecimento que constroem.²

1.1.3 Sequência de ensino investigativo (SEI).

Os conhecimentos trabalhados nas escolas, podem ser passados para os alunos como um amontoado de fórmulas e conceitos prontos, sem mostrar para os alunos que na verdade esses conceitos e fórmulas são a cristalização do esforço e dedicação de inúmeros cientistas e exploradores. Esse fato tanto desvaloriza os trabalhos desses cientistas quanto pode aparentar para os estudantes de que nada de novo pode ser construído ou descoberto.

Outro ponto interessante é discutido pela Professora Mônica Baptista, onde aponta as diferenças entre ensinar gramática e matemática e ensinar ciências.

A Matemática e a Gramática, consideradas disciplinas fundamentais, estavam assentes em regras e inferências lógicas. Para a ciência começar a fazer parte integrante do currículo escolar foi necessário apresentá-la como uma disciplina diferente das outras. Efectivamente, esta iniciava-se pelas observações que levavam aos princípios gerais, contrariamente às outras disciplinas. Assim, os alunos primeiramente aprendiam como observar o mundo natural e, em seguida, tiravam conclusões a partir das observações. (Baptista, 2010, p. 80).

O ato de ensinar é desafiador, ensinar ciências é ainda mais desafiador, pois é necessário ensinar os alunos a pensarem como “mini cientistas” como afirma a autora.

O ensino de ciências como um processo de investigação foi defendido por Herbert Spencer (1820-1903). Considerava que o laboratório permitia aos alunos desenvolverem uma concepção clara sobre os fenómenos naturais, que não seria possível apenas a partir do livro. Para além do referido, salientou a importância de tirarem conclusões a partir das observações (Baptista, 2010, p. 80)

O ensino pode então assumir um carácter investigativo, onde os conceitos que devem ser trabalhados não serão expostos de maneira tradicional para os alunos, e sim, de maneira a fomentar a curiosidade natural do estudante, segundo a perspectiva piagetiana, desenvolvendo questões ou problemas que farão o aluno

² Considero o professor como um “porto seguro”, onde os alunos podem recorrer, para buscar **orientação** para suas questões. Note que **orientação** está em destaque, pois o papel é orientar e não entregar as respostas prontas, como somos acostumados a fazer.

investigar qual é a explicação para determinado fenômeno. Obviamente, essa tarefa não é algo fácil de se aplicar, pois, não basta somente fazer perguntas esporádicas para os alunos ou desenvolver uma atividade experimental qualquer para ser feita em aula.

Uma aula sob a visão de ensino investigativo precisa inicialmente de um bom problema ou uma boa pergunta, e segundo a professora Anna Maria Pessoa de Carvalho:

Um bom problema é aquele que:

- Dá condições para os alunos resolverem e explicarem o fenômeno envolvido no mesmo;
- Dá condições para que as hipóteses levantadas pelos alunos levem a determinar as variáveis do mesmo;
- Dá condições para os alunos relacionarem o que aprenderam com o mundo em que vivem;
- dá condições para que os conhecimentos aprendidos sejam utilizados em outras disciplinas do conteúdo escolar;
- Quando o conteúdo do problema está relacionado com os conceitos espontâneos dos alunos (Driver, Guesne e Tiberghien, 1985), esses devem aparecer como hipóteses dos mesmos.

Por outro lado, nas aulas experimentais um bom problema é aquele que dá condições para que os alunos:

- passem das ações manipulativas às ações intelectuais (elaboração e teste de hipóteses, raciocínio proporcional, construção da linguagem científica);
 - construam explicações causais e legais (os conceitos e as leis).
- (Carvalho, 2018, p. 772).

Segundo a visão da autora, um bom problema é aquele em que se nota uma tendência vygotskiana, no sentido de propor situações que o aluno seja capaz de resolver por conta própria. Ou seja, o problema deve estar dentro da zona de desenvolvimento real do aluno. Segundo Vygotsky, “o nível de desenvolvimento real de uma criança define funções que já amadureceram, ou seja, os produtos finais do desenvolvimento” (Vygotsky, 1991, p. 58).

Caso o problema esteja um pouco além do que o aluno consegue resolver, o conceito de zona de desenvolvimento proximal pode ser aplicado juntando alunos de níveis de desenvolvimento cognitivo diferentes. O professor que está planejando um problema para sua aula, precisa ficar atento aos graus de abertura do problema que pretende impor para os seus estudantes, basicamente os graus de abertura definem para o aluno elaborar suas hipóteses e testá-las.

A definição de grau de abertura das atividades propostas acima é baseada em uma literatura ampla e complexa, fazendo com que as definições possam ter

ramificações, tais quais não é possível descrever em alguns parágrafos, os graus de abertura de uma atividade investigativa variam de acordo com o tipo de atividade investigativa que cada autor propõe. A professora Márcia L. Baptista comenta brevemente sobre os quatro níveis de liberdade em uma aula experimental.

No primeiro, a confirmação, os alunos conhecem a questão e o procedimento, assim como os resultados esperados. No segundo nível, O professor dá o material e o procedimento, ou fornece o material Escolha livre do procedimento e material Fechada Aberta Uma solução correcta Várias soluções correctas Fechada Aberta Mais prescrito Variáveis especificadas Mais exploratório Variáveis não são especificadas Fechada Aberta Definição do Problema Escolha do Método Soluções 96 actividades de investigação estruturadas, os alunos investigam uma resposta para a questão colocada pelo professor, sendo-lhes dado o procedimento. No terceiro, actividades de investigação guiadas, o professor apresenta a questão, mas o método e a solução ficam à responsabilidade dos alunos. No quarto nível, actividades de investigação abertas, os alunos definem a questão e o método para chegarem a uma solução. (Baptista, 2010, p. 96)

Os quatro níveis propostos podem ser interpretados como um processo contínuo, onde os alunos são levados a ganhar mais autonomia em atividades onde é preciso investigar fenómenos. Os dois primeiros níveis são mais fechados, pois é necessária uma adaptação dos alunos e professores para aplicar atividades investigativas, a adaptação dos professores se dá pelo fato de que o professor é condicionado a entregar respostas prontas e fazer com que o aluno siga a sua linha de raciocínio, o que invalidaria uma SEI, onde o aluno deve pensar por si só, e o professor deve agir como companheiro mais capaz, atuando na ZDP do aluno segundo a perspectiva vygotskiana, então o professor deve ser condicionar a não agir como um professor na perspectiva tradicional de ensino. Já os dois últimos níveis são para aqueles alunos que estão habituados ao contexto de um laboratório, na maioria dos casos já sabem dos riscos e os cuidados que devem ser tomados quando estão fazendo pesquisa, são alunos preparados para localizarem problemas, testar suas hipóteses, confirmá-las ou descartá-las e comunicar suas descobertas, sem o auxílio de seus professores.

Após as atividades concluídas, é necessária uma confirmação dos conceitos que foram investigados com os alunos, formalizando assim, leis e trabalhando as equações de forma mais rigorosa, Segundo a professora Ana Maria Pessoa de Carvalho:

É preciso, após a resolução do problema, uma atividade de sistematização do conhecimento construído pelos alunos. Essa sistematização é feita preferivelmente através da leitura de um texto escrito quando os alunos podem novamente discutir, comparando o que fizeram e o que pensaram ao resolver o problema, com o relatado no texto.(Carvalho, 2022, p. 7)

Em suma, os graus de abertura para os problemas, podem servir como indicativo de que o aluno está se adaptando ao ambiente e aprendendo conceitos novos. O professor pode avaliar o aprendizado da turma, analisando comportamentos que indiquem certo grau de amadurecimento de cada indivíduo, como citado pela professora Ana Maria Pessoa de Carvalho:

Quando a discussão é aberta, professor/classe, os comportamentos que indicam uma aprendizagem atitudinal são, por exemplo, o esperar a sua vez para falar ou prestar atenção e considerar a fala do colega. Comportamentos relacionados ao domínio procedimental podem ser observados quando o aluno: descreve as ações observadas; relaciona causa e efeito, explica o fenômeno observado. (Carvalho, 2022, p. 12).

Uma forma de avaliação que enquadra essas observações feitas pelo professor, são as rubricas de avaliação, onde o professor avalia os alunos com relação aos objetivos de aprendizagem da aula. Para uma rubrica os objetivos e critérios que serão avaliados devem preferencialmente ser do conhecimento dos alunos, fazendo assim uma avaliação na qual o aluno vê seus pontos fortes e fracos de maneira quase instantânea.

CAPÍTULO 2- FUNDAMENTOS TEÓRICOS EM FÍSICA

Neste capítulo serão apresentados os fundamentos teóricos em Física utilizados nas aulas com o tema calorimetria, das quais podemos apresentar os conceitos de calor, temperatura, calor latente e específico, capacidade térmica, equilíbrio térmico, transferência de calor por condução, convecção e irradiação térmica, onde os conceitos serão apresentados na sequência em que foram abordados em sala de aula.

Na maior parte dos livros didáticos utilizados no ensino médio, assim como nas universidades, esses conceitos são apresentados ao leitor por meio de enunciados ou de breves textos introdutórios. No entanto, é importante considerar que o estudo dessas grandezas remonta à era Paleolítica, período em que o ser humano começou a utilizar o fogo como ferramenta seja para cozinhar seus alimentos, seja para se proteger de predadores.

É entendível que expor todos esses dados para o aluno pode transformar uma aula em um martírio, porém, todas as definições subsequentes mostram-se importantes para o entendimento de que a ciência é um constructo interminável da “raça humana”, logo o que será feito neste capítulo é fazer um apanhado geral dos conceitos, além de expor seus enunciados e a matemática envolvida.

2.1 CALOR E TEMPERATURA

Os conceitos de calor e temperatura, são conceitos chave para o estudo da calorimetria, pois sem eles torna-se muito difícil o entendimento dos demais conceitos. Por serem conceitos iniciais, muitas vezes somente postulamos esses conceitos aos estudantes, como por exemplo o conceito de calor contido no livro Fundamentos da Física, 8ª edição em seu segundo volume “O calor é a energia transferida de um sistema para o ambiente ou vice-versa devido a uma diferença de temperatura.” (Halliday; Resnick; Jearl Walker, 2009, p. 190).

É inegável a legitimidade desse conceito, podendo até ser reescrito em outros termos como encontrado na coleção Ser Protagonista, onde é definido o calor como

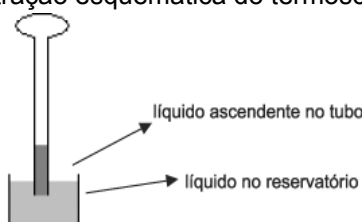
A transferência espontânea de energia entre corpos é provocada pela diferença de temperatura. O fluxo espontâneo ocorre no sentido do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura (Válio et al., 2016, p. 21).

Porém o que esses livros não relatam é que esse conceito passou por algumas denominações anteriores, como o Flogisto e o Calórico, teorias que se tornaram obsoletas, porém contribuíram para a formação do conceito de calor que temos atualmente.

Um conceito associado erroneamente ao conceito de calor é a temperatura, pois comumente nos referimos a um dia de elevada temperatura a um dia de calor intenso, por mais que os conceitos possam ser parecidos a definição de temperatura segundo o livro Fundamentos da Física, “uma das grandezas fundamentais do SI, e está relacionada com as nossas sensações de quente e frio” (Halliday; Resnick; Jearl Walker, 2009, p. 204). Outra definição também aceita é a da coleção Ser protagonista, onde a temperatura em seu caráter microscópico é dada pela agitação molecular do corpo, quanto maior a temperatura maior a agitação das moléculas que constituem esse corpo.

Para medir a temperatura foram criados instrumentos como o primitivo termoscópio de Galileu, como ilustrado na Figura 2.1, não continha uma graduação e servia para comparar as temperaturas entre objetos a partir da altura de um líquido presente no interior do recipiente do termoscópio.

Figura 2.1 - Ilustração esquemática do termoscópio de Galileu.

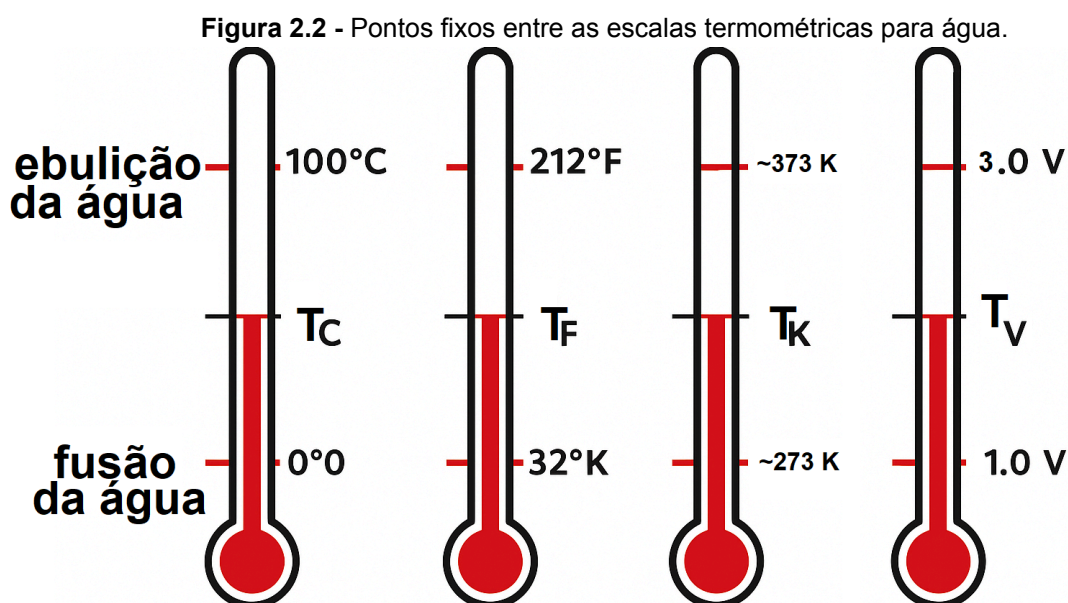


Fonte: Pires; Afonso; Chaves, 2006

Atualmente temos descendentes do equipamento construído por Galileu, os chamados termômetros, aparelhos esses que possuem escalas termométricas e podem comparar temperaturas com muito mais precisão. As três escalas termométricas mais conhecidas são a Celsius, a Fahrenheit e a Kelvin, nomeadas em homenagem aos cientistas que as criaram.

De forma superficial, criar uma escala termométrica exige dois pontos bem definidos para a comparação, Anders Celsius por exemplo, optou pelas temperaturas de fusão e ebulição da água ao nível do mar “apelidando-as” de 0°C e 100°C , pouco antes Gabriel Fahrenheit havia criado sua escala termométrica utilizando outros pontos de comparação, e por fim a escala Kelvin, criada por William Thomson, sendo calculada a partir da escala Celsius.

Classicamente, quando o professor vai demonstrar as escalas, temos a ilustração da Figura 2.2, porém, desta vez, acrescentando algo: a diferença de potencial nos terminais de um sensor de temperatura diferença essa fictícia nessa imagem, mas cujos dados reais foram usados para a calibração dos termômetros para as aulas.



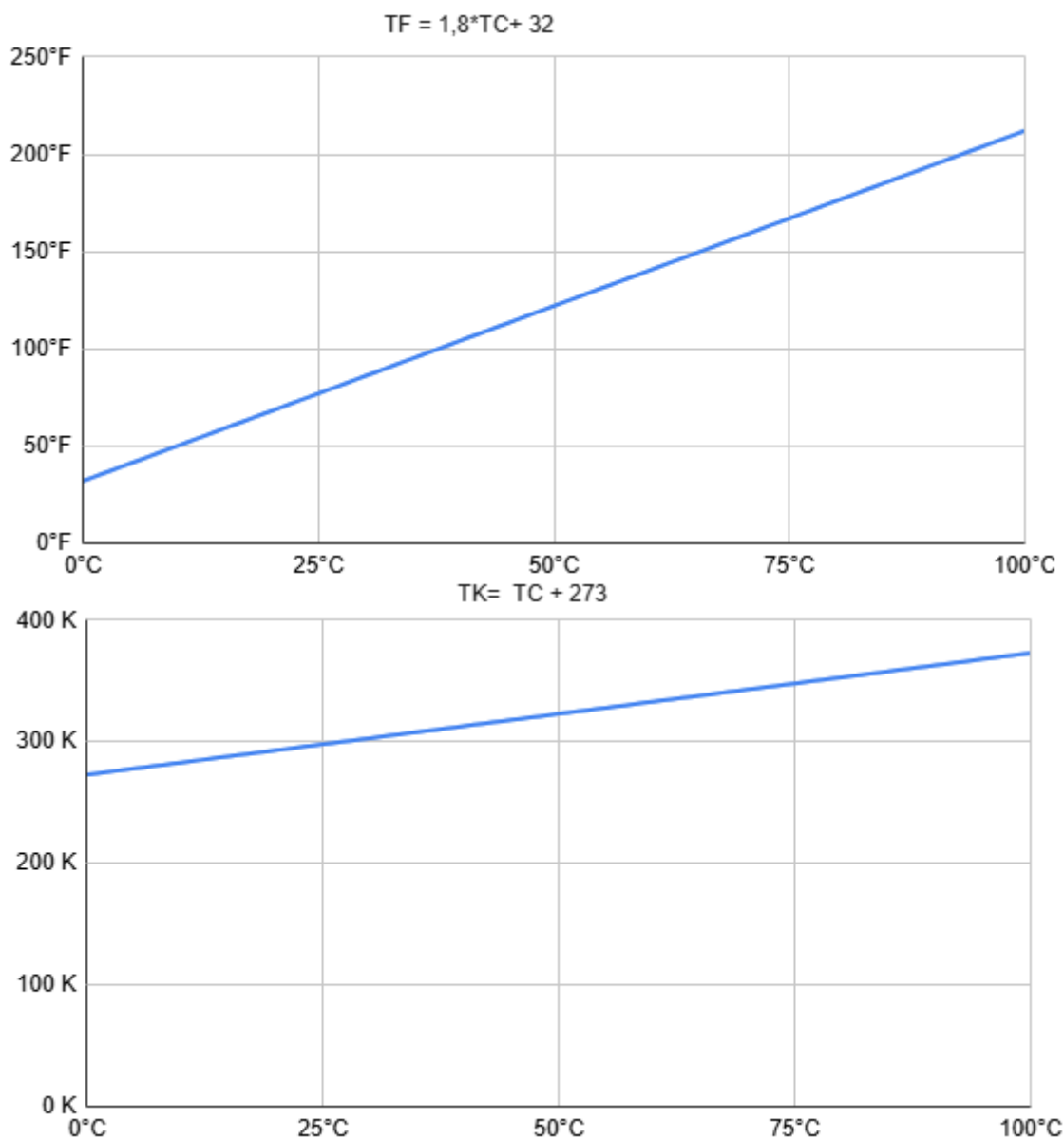
Celsius Fahrenheit Kelvin Voltagem

Fonte: O autor

Sabendo que o fenômeno medido é a agitação média molecular do corpo, que transfere calor para um líquido presente dentro do termômetro, fazendo com que sua temperatura se eleve e, por consequência, ocorra a dilatação térmica do líquido e essa dilatação é igual nos quatro frascos, temos que as escalas necessitam ter uma relação de linearidade entre elas. Podemos mostrar isso montando dois gráficos com as temperaturas em Celsius, Kelvin e Fahrenheit. Esses gráficos

podem ser feitos experimentalmente, porém será necessário que o leitor tenha em posse três termômetros com as escalas desejadas.

Figura 2.3 - Gráficos entre as temperaturas.



Fonte: O autor

Note que a relação entre os dois gráficos é linear, ou seja, a temperatura varia da mesma forma entre as escalas, podendo-se, então, determinar a equação da reta e, assim, obter um fator de conversão entre as escalas termométricas.

$$T_F = 1,8 \cdot T_C + 32 \quad \text{e} \quad T_K = T_C + 273 \quad (2.1)$$

Sendo que T_C aparece nas duas equações, podemos por simetria escrever que

$$\frac{T_F - 32}{1,8} = T_C = T_K - 273 \quad (2.2)$$

Como $\frac{1}{1,8} = \frac{5}{9}$, temos

$$\frac{T_F - 32}{9} \cdot 5 = T_C = T_K - 273 \quad (2.3)$$

Dividindo por 5 em ambos os termos da equação, temos:

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5} \quad (2.4)$$

A equação (2.4) serve para converter os valores de uma escala termométrica para outra, porém o conceito utilizado e a aplicação do Teorema de Tales evidenciam que é possível criar escalas termométricas arbitrárias, como, por exemplo, uma escala termométrica que possa ser medida em volts ou em ampères, a partir da utilização de um divisor de tensão composto por um termistor e outra resistência r qualquer, ou até mesmo com um semicondutor.

2.2 CALOR ESPECÍFICO E CALOR LATENTE

No livro curso de física básica em seu segundo volume, o autor, dá um exemplo de como a variação de diferentes massas de leite fervem em diferentes tempos, mesmo se submetidos à mesma fonte de calor, a descrição nos leva a entender que o fenômeno está relacionado com a massa dos líquidos envolvidos no processo. O fenômeno descrito está relacionado ao calor específico dos corpos, que basicamente descreve como os corpos ganham temperatura.

Logo podemos definir o calor específico c como:

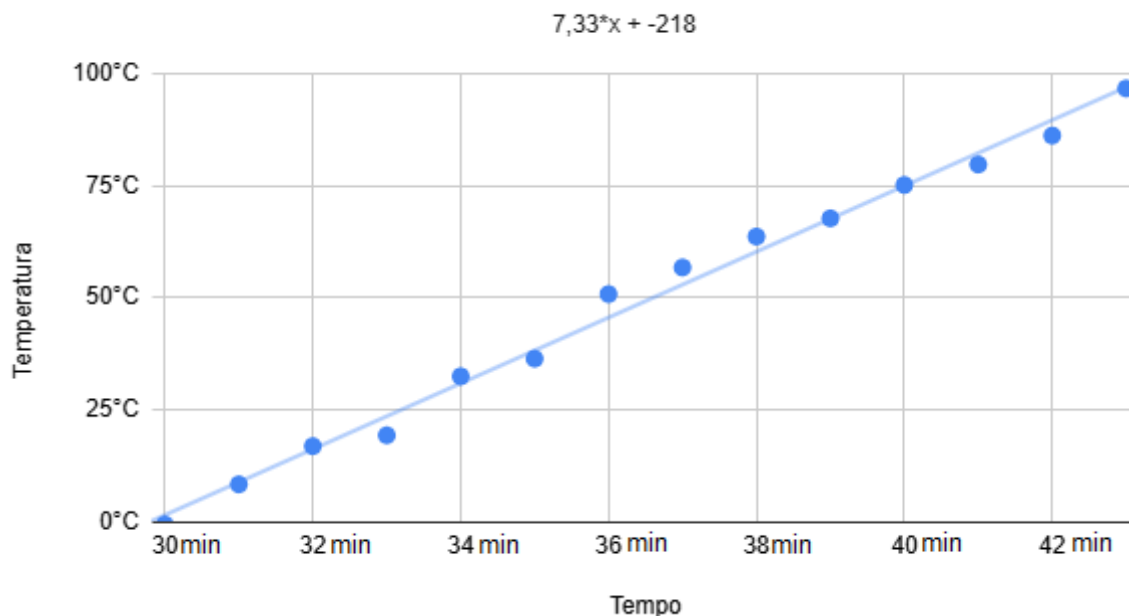
A quantidade de calor necessária para elevar de 1°C a temperatura de 1 g de uma dada substância chama-se calor específico c dessa substância; c é medido em $\text{cal/g}^\circ\text{C}$. Pela definição de caloria, o calor específico da água entre $14,5^\circ\text{C}$ e $15,5^\circ\text{C}$ é $c = 1\text{cal} / \text{g}^\circ\text{C}$ (Nussenzveig, 2002, p. 169)

Vale salientar que o calor específico possui suas variações, tais como com a temperatura, variação considerada muito pequena, por isso para experimentos com

pouca precisão consideramos essa variação nula, mas o calor específico varia com a pressão e o volume, algo que para os gases gera uma diferença notável.

Graficamente, corpos em aquecimento exibem um comportamento próximo ao da curva.

Figura 2.4 - Gráfico da temperatura em função do tempo.



Fonte: Participantes da pesquisa, 2024

Logo, é de conhecimento que a massa interfere no tempo que a temperatura leva para subir e que o calor específico também tem influência sobre isso. Outro ponto-chave é a potência do equipamento que estamos utilizando para aquecer o material.

Se levamos em consideração esses elementos como sendo proporcional e inversamente proporcionais à elevação da temperatura com o tempo, temos que a inclinação da reta pode ser definida como:

$$a = \frac{P}{m.c} \quad (2.5)$$

Logo, temos que a equação da reta será:

$$\Delta T = \frac{P}{m.c} \Delta t \quad (2.6)$$

Sabendo que $\Delta T = T_f - T_i$, isolando T_f , temos:

$$T_f = \frac{P}{m \cdot c} \Delta t + T_i \quad (2.7)$$

Considerando que $Q = P \cdot \Delta t$, chegamos à equação para o calor específico, definida como a razão entre a quantidade de calor fornecida a um dado material e o produto entre sua massa e a variação de temperatura obtida:

$$c = \frac{Q}{m \cdot \Delta T} \quad (2.8)$$

Sendo, c o calor específico ($\text{cal/g}^\circ\text{C}$), Q a quantidade de calor (cal), m a massa do objeto (g), $\Delta T = T_f - T_i$ a variação da temperatura ($^\circ\text{C}$).³

Isolando Q , na equação (2.2) podemos chegar a seguinte equação:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (2.9)$$

Essa equação mostra de forma explícita a proporcionalidade entre a massa e a quantidade de calor, logo, quanto maior a massa de determinado objeto, mais energia terá de ser cedida para que o mesmo eleve sua temperatura de uma unidade.

O calor latente ou calor de transformação, está associado à mudança de fase dos corpos. Considere a água, esta pode existir em 3 estados específicos, o sólido, líquido e gasoso, e as moléculas de água de cada uma das fases está arranjada de uma maneira específica, quando a água recebe energia em forma de calor o suficiente ela muda de fase, em outras palavras, suas moléculas mudam seu arranjo original.

No caso descrito acima, temos que para rearranjar certa quantidade de matéria, é necessário ceder certa quantidade de calor, esse calor é chamado de calor latente ou calor de transformação, onde é definido no livro fundamentos da física, como:

A quantidade de energia por unidade de massa que deve ser transferida em forma de calor para que uma amostra mude totalmente de fase é chamada de calor de transformação e é representada pela letra L . (Halliday; Resnick; Jearl Walker, 2009, p. 193)

³ A legenda para a equação não está em unidades do sistema internacional de medidas, mas, são unidades usuais. Na aplicação das aulas do produto educacional foram usadas essas unidades, por conta da escala Celsius ser a mais familiar aos alunos.

Matematicamente, definimos o calor latente como:

$$L = \frac{Q}{m} \quad (2.10)$$

Em que, L é o calor latente (cal/g), Q é a quantidade de calor (cal) e m é a massa do objeto (g)

E como temos 3 estados da matéria, para cada transição temos um calor latente, correspondente. Na tabela 2.1 é apresentado o exemplo com a água:

Tabela 2.1 - Calor latente da água ao nível do mar.

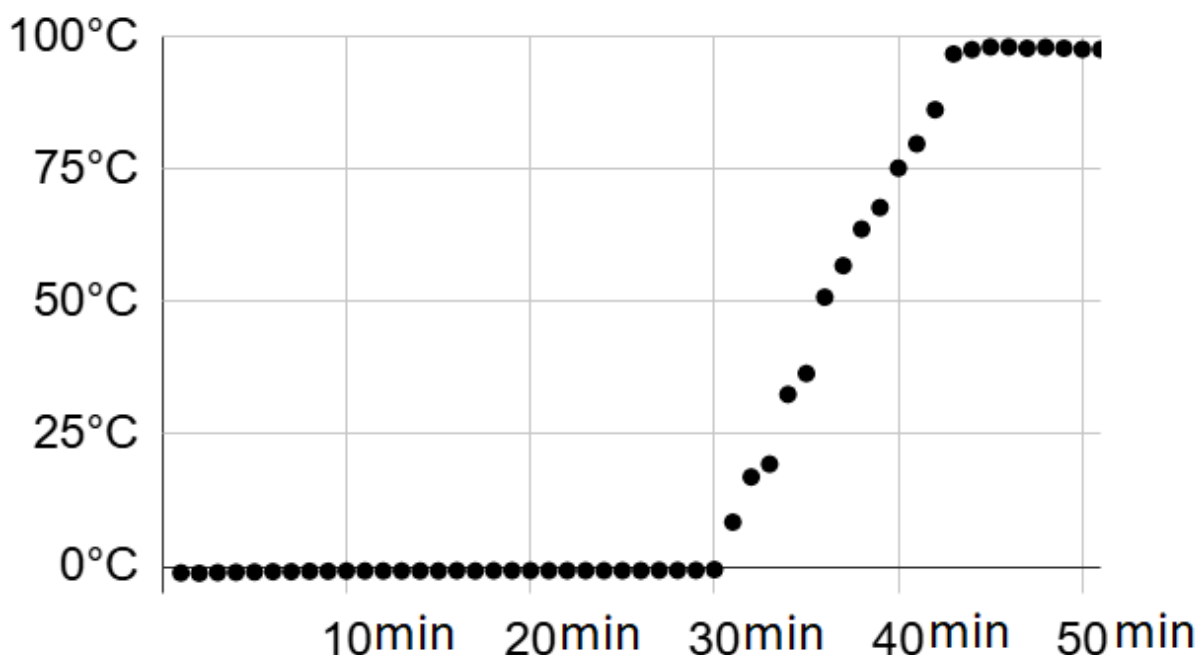
substância	Calor latente de fusão (cal/g)	Calor latente de vaporização (cal/g)	calor latente de solidificação (cal/g)	calor latente de liquefação (cal/g)
Água	$L_F = 79,6$	$L_V = 539,2$	$L_S = -79,7$	$L_L = -539,2$

Fonte: Ser protagonista, p. 46, 2016.

Note que a quantidade de calor cedida usada para fundir certo material, é a mesma que retirada para solidificar o mesmo material, isso acontece na vaporização e liquefação também.

Quando um material está passando de um estado para outro, como por exemplo do estado sólido para o líquido, ocorre a invariância da temperatura, devido ao fato de que toda a energia cedida para o material, está sendo utilizada para a reorganização das moléculas do corpo, esse fenômeno pode ser representado por um gráfico da temperatura pelo tempo.

Figura 2.5 - Gráfico da temperatura em função do tempo do aquecimento do gelo.



Fonte: Participantes da pesquisa, 2024

O gráfico acima⁴ mostra dois platôs provenientes de duas mudanças de fase da água. A temperatura, no eixo y, está na escala Celsius, e, no eixo x, o tempo está em minutos. Classicamente, esse gráfico é representado pela temperatura em função da quantidade de calor, mas isso pode ser adaptado considerando que a potência do equipamento utilizado para o aquecimento do material é constante. Logo, podemos assumir que a quantidade de calor depende somente do tempo, considerando o efeito Joule.

$$Q = P \cdot \Delta t \quad (2.11)$$

Em que,⁵ Q é a Quantidade de calor (Cal), P = Potência (Cal/min) e Δt = Variação do tempo (min);

2.3 CALORÍMETRO E EQUILÍBRIO TÉRMICO

⁴ Gráfico, feito pelos alunos durante as aulas do projeto, a descrição do experimento feito encontra-se na descrição da aula número 3.

⁵ Novamente, não são unidades do sistema internacional de medidas, porém são unidades mais convencionais para os alunos.

Cotidianamente os calorímetros são empregados, ou melhor, o conceito dos calorímetros são empregados, quando usamos caixas térmicas para manter a temperatura de alimentos constantes, ou quando usamos garrafas térmicas para manter uma bebida quente por muito tempo, quando analisamos os materiais notamos que há uma grande variedade, porém a finalidade é sempre a mesma, manter a temperatura dos materiais inalterada por um grande período de tempo.

Segundo nos livros da coleção Ser protagonista, temos a descrição de um calorímetro, além do manual para a montagem de um caseiro. “Trata-se de um recipiente feito com material isolante térmico, dentro do qual ocorrem transferências de calor sem haver perdas significativas para o meio externo.”(Válio et al., 2016, p. 38).

A aplicabilidade dos calorímetros está em que, por meio das medidas realizadas em seu interior, é possível descobrir algumas características dos materiais, como, por exemplo, a capacidade térmica ou o calor específico. Porém, como não existem calorímetros perfeitos, é necessário conhecer as características do próprio instrumento, para que sejam consideradas nos cálculos⁶. Levando esse fato em consideração, é preciso discorrer sobre o que é capacidade térmica.

Segundo o livro fundamentos da física, 8º edição em seu segundo volume “a capacidade térmica C de um objeto é a constante de proporcionalidade entre o calor Q recebido ou cedido por um objeto e a variação da temperatura ΔT do objeto”(Halliday; Resnick; Jearl Walker, 2009, p. 191). De forma matemática temos.

$$Q = C \cdot \Delta T \quad (2.12)$$

Em que, Q é a *Quantidade de calor (cal)*, C é a *capacidade térmica (cal/°C)* e ΔT a *variação da temperatura (°C)*.

Quando duas substâncias são colocadas próximas uma da outra, ambas com temperaturas diferentes, ocorre um processo de transferência de calor do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura. Esse processo cessa

⁶ Esse ponto em específico foi um dos objetivos da 4ª aula do projeto, em que os alunos basicamente devem perceber que o calorímetro contribui para o processo de troca de calor.

somente quando não há mais diferença de temperatura; logo, os corpos entram em equilíbrio térmico. Essa grandeza é definida no livro *Curso de Física Básica*, 4ª edição, volume 2, como:

É um fato experimental que um sistema isolado sempre tende a um estado em que nenhuma das variáveis macroscópicas que o caracterizam muda mais com tempo. quando ele atinge esse estado, diz-se que está em equilíbrio térmico. (Nussenzveig, 2002, p. 157)

No exemplo anterior duas substâncias foram colocadas próximas uma da outra até que atingissem a temperatura de equilíbrio, porém, não fora considerado o ambiente em volta das substâncias, logo, podem haver fontes de calor próximas, onde a temperatura das substâncias continuaria subindo. Para contornar essa situação podemos incrementar o uso de um calorímetro, que como já discutido, evita boa parte das perdas de calor para o ambiente, assim como não deixa o calor de fora entrar. Já que podemos desprezar as trocas de calor com o ambiente externo, pois são ínfimas, podemos escrever as trocas de calor dentro do calorímetro com a seguinte expressão:

$$\sum Q_{Recebido} + \sum Q_{Cedido} = 0 \quad (2.13)$$

Onde somando as quantidades de calor recebido e cedido entre os materiais dentro do calorímetro, essa soma necessariamente precisa ser igual a zero, por que não há acréscimos de calor vindo do ambiente externo.

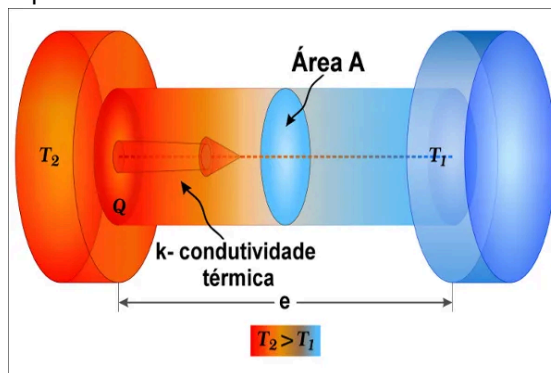
2.4 LEI DE FOURIER - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONDUÇÃO

Os exemplos para condução térmica são amplos, como por exemplo, no livro fundamentos da física, em sua 4ª edição, no seu segundo volume “Se você deixa uma panela com o cabo de metal no fogo por algum tempo o cabo da panela fica tão quente que pode queimar sua mão” (Halliday; Resnick; Jearl Walker, 2009, p. 200).

O fato de queimar as mãos quando fazemos algo parecido, como por exemplo, um serralheiro que segura uma barra de ferro com as mãos nuas em uma fornalha, se dá pela condução térmica, que ocorre pelo contato entre a mão e a barra, a barra e a fonte de calor, com a barra servindo como condutora de calor de um ponto para o outro.

A Lei de Fourier, leva em consideração as dimensões do condutor, como a área de seção transversal e o comprimento do condutor, assim como o material do qual o condutor é feito, levando em conta a condutividade térmica do mesmo.

Figura 2.6 - Esquema representativo das variáveis da lei de Fourier.



Fonte: Brasil escola

Matematicamente expressamos a Lei de Fourier, da seguinte maneira:

$$\phi = k \cdot A \cdot \frac{(T_2 - T_1)}{L} \quad (2.14)$$

A letra Φ é usada para definir o fluxo de calor, cuja unidade é o joule por segundo ($\frac{J}{s}$):

$$\phi = \frac{Q}{\Delta t} \quad (2.15)$$

A equação 2.11 descreve como o calor se propaga dentro do condutor estudado, tendo como limites as extremidades perpendiculares a áreas de

secção transversal, sendo válida em regimes estacionários, onde as temperaturas T_1 e T_2 permanecem constantes.

Pode se comparar a Lei de Fourier a Lei de Ohm, onde:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad (2.16)$$

Sendo $R = \frac{V}{i}$, substituindo R por seu equivalente resultante da 1ª lei de Ohm, temos,

$$\frac{V}{i} = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad (2.17)$$

Se entendermos i como sendo um fluxo de elétrons que atravessam a área de um condutor em certo intervalo de tempo, temos uma equação análoga à Lei de Fourier, onde:

$$i = A \cdot \frac{V}{\rho L} \quad (2.18)$$

Onde ρ é a resistividade elétrica ($\Omega \cdot m$), que pode ser escrita em termos da condutividade elétrica $\sigma = 1/\rho$ em que suas unidades de medidas em Siemens por metro ($\frac{S}{m}$).

$$i = A \cdot \sigma \cdot \frac{V}{L} \quad (2.19)$$

comparando as duas equações temos:

$$i = \sigma \cdot A \cdot \frac{V}{L} \quad \phi = k \cdot A \cdot \frac{(T_2 - T_1)}{L} \quad (2.20)$$

Acima temos duas equações, que descrevem fluxos diferentes, porém, o comportamento de ambos é bem similar, logo, pode-se dizer que bons condutores de eletricidade são bons condutores de calor, por conta de suas dependências parecidas com a área e o comprimento dos materiais, contando essa afirmação acima pode ser amparada pelo conceito de resistência térmica.

O livro Fundamentos da Física em sua 4ª edição, no segundo volume faz menção ao conceito de resistência térmica, chegando a seguinte expressão:

$$R = \frac{L}{k} \quad (2.21)$$

Nessa expressão, podemos dizer que a resistência elétrica e a condutividade térmica possuem relação entre si. Logo, se o interesse é manter a temperatura de algo, sem que ocorram trocas de calor com o ambiente, deve-se escolher um material com alta resistência térmica.

2.5 LEI DO RESFRIAMENTO DE NEWTON - TRANSFERÊNCIA DE CALOR POR CONVECÇÃO.

Quando aproximamos a mão acidentalmente de alguma chama, percebe-se que, mesmo antes de encostar a mão na chama propriamente dita, é possível sentir um aumento de temperatura em nossas mãos. Isso se dá pelo fato de que uma corrente de ar aquecido está subindo, transportando consigo certa quantidade de calor. Esse fluxo de ar em ascensão é chamado de corrente de convecção. A corrente descrita acima ocorre por conta da diferença de densidade entre o ar de maior temperatura e o ar de menor temperatura.

A Lei que descreve como ocorre essa troca de calor é bastante parecida com a equação de Fourier, e a equação é dada pela lei do resfriamento de Newton, podendo ser expressa em sua forma diferencial como:

$$\frac{dT}{dt} = h(T - T_a) \quad (2.22)$$

Sendo, h é um coeficiente de convecção térmica ($W/m^2\text{°C}$), T é a temperatura do corpo (°C) e T_a é a temperatura ambiente (°C).

Em que, dependendo das condições de contorno aplicadas à equação, sua solução será diferente para cada caso. Porém, no caso mais comum o resfriamento de um corpo localizado em uma sala adiabática, com temperatura T_a , podemos resolver a equação da seguinte maneira.

$$dT = h(T - T_a) dt \quad (2.23)$$

Dividindo ambos os lados da equação por $(T - T_a)$

$$\frac{dT}{(T - T_a)} = h dt \quad (2.24)$$

Integrando ambos os lados da equação, temos:

$$\int \frac{dT}{(T-Ta)} = h \int dt \quad (2.25)$$

$$\ln(T - Ta) = ht + c \quad (2.26)$$

Elevando ambos os lados da equação em e, temos:

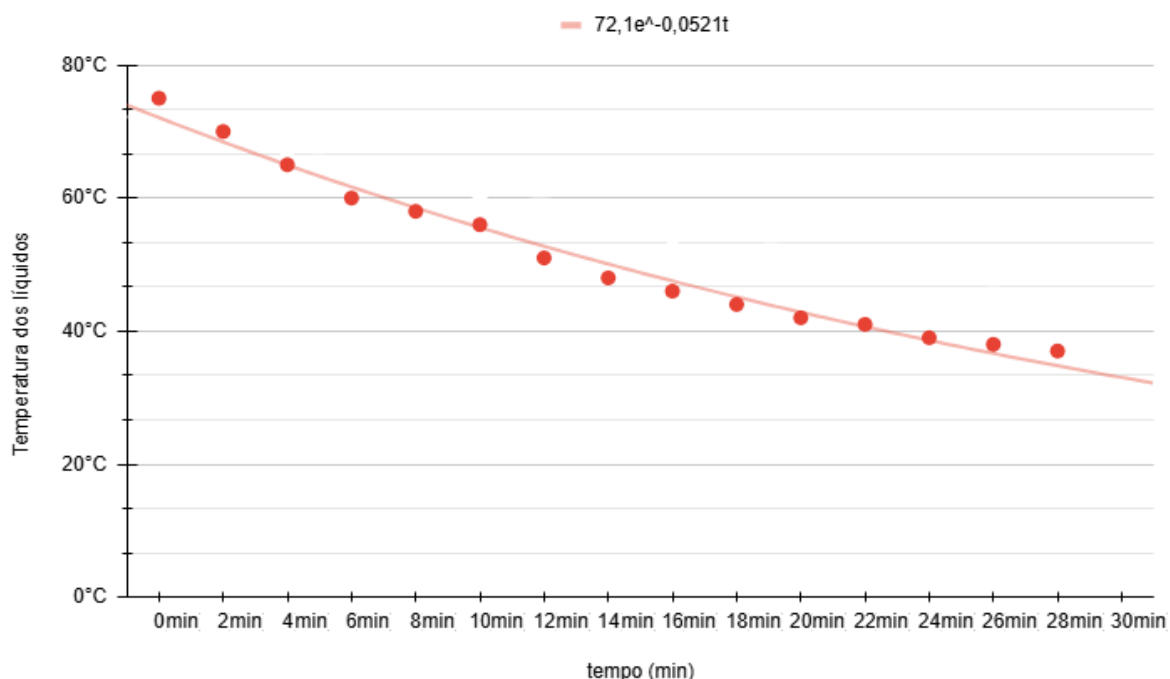
$$e^{\ln(T-Ta)} = e^{ht+c} \quad (2.27)$$

Sabendo que $e^{ht+c} = e^{ht} \cdot e^c$ e e^c é constante, logo $e^c = C$, sendo assim ficamos com:

$$(T - Ta) = Ce^{ht} \quad (2.28)$$

$$T = T_a + Ce^{ht} \quad (2.29)$$

A equação (2.22) pode ser considerada uma solução geral para o problema que de um corpo confinado em um ambiente adiabático, com temperatura inicial maior que a temperatura ambiente (T_a). Essa solução apresenta decaimento da temperatura do corpo de forma exponencial, onde a temperatura do corpo tende a temperatura ambiente, se o valor de h for negativo;

Figura 2.7 - Exemplo gráfico temperatura em função do tempo

Fonte: O autor

Logo, o corpo cede calor para o fluido que o circula ocorrendo uma troca de calor, o fluido ganha temperatura fazendo com que a densidade venha a diminuir, fazendo com que esse fluido menos denso ceda lugar para um fluido de maior densidade que irá trocar calor com o corpo ali presente, formando assim um ciclo que desencadeia uma corrente de convecção.

2.6 LEI DE STEFAN-BOLTZMANN - TRANSFERÊNCIA POR IRRADIAÇÃO TÉRMICA

Ao passar por uma parede, ao fim de um dia ensolarado, muitas vezes é possível sentir um aumento de temperatura repentino o que é rapidamente associado a parede e as condições climáticas do dia em questão, logo sabemos que essa parede recebeu uma grande quantidade de luz solar e por isso sua temperatura se elevou.

Quando um corpo diferente de um corpo negro ideal é exposto à radiação, parte é absorvida e outra parte é refletida, associando isso a parte visível do espectro eletromagnético, um corpo é exposto à luz solar parte das cores são absorvidas, porém, uma delas é refletida novamente o que faz quem está

observando o corpo associar a aquele objeto a cor que está sendo refletida pelo mesmo.

No caso acima, a luz refletida confere ao objeto essa característica, a cor; porém, a luz absorvida influencia na temperatura do objeto, fazendo com que ela aumente. A lei que descreve como um corpo irradia certa quantidade de calor em determinado tempo é a Lei de Stefan-Boltzmann, dada pela equação:

$$\frac{Q}{\Delta t} = \sigma \cdot \varepsilon \cdot A \cdot T^4 \quad (2.30)$$

Sendo Q a quantidade total de calor emitida (J), t o tempo de emissão (s), A a área da superfície emissora (m^2), T a temperatura absoluta (K), ε a emissividade do corpo (adimensional) e σ a Constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} W/m^2 T^4$).

Para essa Lei temos duas constantes, a primeira é a constante de Stefan-Boltzmann, e essa constante quantifica a energia térmica irradiada por um corpo negro e a sua temperatura elevada a quarta potência. E a emissividade do corpo, que serve para indicar a capacidade do corpo de emitir ou absorver radiação, se $\varepsilon = 1$ temos um corpo negro ideal.

CAPÍTULO 3 - ENCAMINHAMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo tem a finalidade de elucidar o leitor, o tipo de pesquisa realizada, sendo uma articulação entre estudo de caso e pesquisa-ação, citando autores como (Bressan, 2023; Melo; Filho; Chaves, 2016). Após essa breve discussão é apresentada a análise de conteúdo, tendo como base (Bardin, 2011),

Em seguida, temos a contextualização do colégio sendo uma escola do campo, descrevendo algumas características dos alunos do colégio, que participaram da aplicação do Produto Educacional. Com isso passamos para a descrição do produto educacional, conteúdos e recursos e as etapas da Sequência de Ensino por Investigação (SEI), tendo como desfecho para o capítulo um relato completo da aplicação das aulas.

3.1 TIPO DE PESQUISA

A pesquisa realizada é um estudo de caso utilizando a pesquisa-ação, em que, no método do estudo de caso, há uma população relativamente pequena, com determinadas características. Logo, este estudo não foi aplicado nem testado em condições diversas, com múltiplas variáveis. Sendo assim, podemos afirmar que os resultados obtidos pelo grupo de estudantes do ensino médio, com idades entre 13 e 18 anos e pertencentes ao primeiro, segundo e terceiro anos, são específicos desse grupo. Recriar os mesmos resultados é algo complexo, pois os indivíduos retratados no presente trabalho são distintos. Dessa forma, o sucesso ou o fracasso dos métodos aqui apresentados pode estar condicionado ao ambiente, exigindo que o professor aplicador faça adaptações de acordo com a realidade em que está lecionando.

O Método de Estudo de Caso [...] não deve ser usado com outros objetivos além do objetivo de geração de ideias para testes posteriores, pois fatores como o 'pequeno tamanho da amostra, a seleção não randômica, a falta de similaridade em alguns aspectos da situação problema, e a natureza subjetiva do processo de medida se combinam para limitar a acuracidade de uns poucos casos (Tull & Hawkins, 1976, apud Bressan, 2023, p. 5).

A pesquisa-ação, formalizada por Kurt Lewin, postula a participação ativa do pesquisador na comunidade onde o estudo está sendo realizado. O pesquisador

deve se inserir no meio pesquisado, convivendo com a comunidade, sentindo e participando de todos os processos, buscando compreender seus aspectos com uma visão imparcial e sem preconceitos de espécie alguma. Lewin destaca que “os fenômenos sociais só se revelam aos pesquisadores quando eles estão dispostos a se engajarem pessoalmente, observando, diagnosticando e intervindo nos processos de pesquisa” (Lewin, 1965, apud Melo; Filho; Chaves, 2016, p. 158).

A pesquisa-ação pode trabalhar em paralelo com outros métodos, como no caso deste trabalho, que associa a pesquisa-ação ao estudo de caso. Isso é possível porque ambas são abordagens qualitativas, cujos resultados se referem a um grupo específico de indivíduos. Enquanto o estudo de caso tem como foco compreender determinado fenômeno em detalhes, a pesquisa-ação busca entender um problema e propor soluções. Segundo Lewin, “a pesquisa-ação é organizada em torno da procura de soluções teóricas e práticas para o problema da investigação” (Melo; Filho; Chaves, 2016, p. 153). Diante dessas informações, é notável que esses métodos se complementam e se articulam de maneira eficiente.

3.2 ANÁLISE DE CONTEÚDO

Muitas vezes, em trabalhos na área da educação, tanto professores quanto pesquisadores atentam-se apenas aos dados estatísticos. Isso pode estreitar a visão dos envolvidos, fazendo com que a riqueza dos detalhes e das conversas passe despercebida, sendo, portanto, a aplicação da análise de conteúdo uma boa estratégia. Nas palavras da autora, “a análise de conteúdo enriquece a tentativa exploratória, aumenta a propensão para a descoberta” (Bardin, 2011, p. 35).

A análise de conteúdo é especialmente adequada para trabalhos de abordagem qualitativa, pois mantém o foco na análise rigorosa dos discursos, buscando revelar seus sentidos mais internos. Isso confere ao método a característica de moldar-se ao tipo de entrevista a ser aplicada. Nas palavras de Bardin:

A análise de conteúdo (seria melhor falar de análises de conteúdo) é um método muito empírico, dependente do tipo de "fala" a que se dedica e do tipo de interpretação que se pretende como objetivo. (Bardin, 2011, p. 36).

Isso explica o fato de existirem vários tipos de análise de conteúdo, pois não há um padrão exato a ser seguido. A análise de conteúdo não é uma regra matemática, em que $a+b=c$; as características dos grupos mudam de maneiras imprevisíveis, o que implica que não existe um modelo pronto quando se trata desse tipo de análise. Restam, contudo, algumas regras básicas que devem ser seguidas para que a análise realizada se enquadre como uma análise de conteúdo.

Como já mencionado, a análise de conteúdo possui várias formas, como a análise categorial, análise de avaliação, análise de conteúdo relacional e proposicional, porém as fases da análise são praticamente as mesmas, contendo pequenas variações de acordo com o método escolhido.

De acordo com Bardin, temos:

As diferentes fases da análise de conteúdo, tal como o inquérito sociológico ou a experimentação, organizam-se em torno de três pólos cronológicos: 1) a pré-análise; 2) a exploração do material; 3) o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação. (Bardin, 2011, p. 124)

A Primeira fase denominada de pré-análise, é dedicada a tomada de decisões iniciais, onde a intuição do pesquisador ganha forma e ocorre a sistematização de ideias iniciais, segundo Bardin.

Esta primeira fase possui três missões: a escolha dos documentos a serem submetidos à análise, a formulação das hipóteses e dos objetivos e a elaboração de indicadores que fundamentam a interpretação final (Bardin, 2011, p. 124).

A intuição do pesquisador, auxiliará na escolha dos documentos e na formulação de hipóteses, algo essencial para a continuação do trabalho, logicamente, o pesquisador que está imerso no meio, como por exemplo no caso da pesquisa-ação, tem seu trabalho facilitado em comparação com um pesquisador que irá avaliar a pesquisa já realizada por um terceiro, onde não possui referências culturais para selecionar a documentação para a análise, ou seja, para o pesquisador que realizou a pesquisa e irá analisar o próprio caso, tudo se torna mais intuitivo.

A segunda fase, intitulada de a exploração do material, aplica as regras pré estabelecidas na fase anterior, tais como, as hipóteses que foram levantadas, categorizando os textos a serem lidos, através de análise manual ou com auxílio da

computação, como por exemplo, gerar nuvens de palavras com os textos obtidos, podendo facilitar o processo de codificação, decomposição e enumeração de palavras dentro do texto.

Se as diferentes operações da pré-análise forem convenientemente concluídas, a fase de análise propriamente dita não é mais do que a aplicação sistemática das decisões tomadas. Quer se trate de procedimentos aplicados manualmente ou de operações efetuadas por computador, o decorrer do programa completa-se mecanicamente. (Bardin, 2011, p. 131)

Com isso, na terceira fase, o tratamento dos resultados transforma o conteúdo bruto, que é conseguido na exploração do material, em unidades mensuráveis, sendo essencial, para que os dados coletados não sejam encarados somente como números, mas que possam sustentar conclusões sobre os fenômenos estudados. Segundo Bardin “ Para um maior rigor, esses resultados são submetidos a provas estatísticas, assim como a testes de validação” (Bardin, 2011, p. 131).

Alguns testes podem conferir uma dimensão quantitativa a análise qualitativa da análise de conteúdo, comparando a quantidade de eventos onde se deveria observar um fenômeno com a quantidade de eventos observados.

Em suma, a análise de conteúdo oferece possibilidade de categorização em investigação de temas, sendo facilmente aplicável a discursos diretos, tais como entrevistas diretas e em diferentes outros contextos.

3.3 SUJEITOS DA PESQUISA E LOCAL DE APLICAÇÃO

A aplicação da SEI foi implementada em um colégio do campo da rede estadual de ensino, situado na cidade de Reserva no Paraná, na comunidade rural denominada Pinhal Preto, com alunos do primeiro, segundo e terceiro ano do ensino médio, tendo uma distribuição de faixas etárias variando de 14 a 18 anos.

A escola fica próxima a divisa territorial entre as cidade de Reserva e Cândido de Abreu, recebendo alunos das comunidades mais próximas ao colégio, isso traz para a instituição, certa variedade de costumes e culturas. O colégio possui uma estrutura ampla e aconchegante, porém, por ser um colégio do campo, poucos

alunos estão matriculados, deixando as salas com um número menor de alunos e possibilitando um ensino mais dinâmico e personalizado.

Com essas características, o produto educacional, foi proposto aos alunos como um projeto em contra-turno, disponibilizando vagas para todos que tivessem interesse. Inicialmente 15 alunos entraram em contato, para saber detalhes do projeto e sua aplicação, porém, apenas 10 compareceram na primeira aula e por motivos pessoais, dois alunos tiveram que desistir em seguida, totalizando 8 alunos para as aulas. As características dos alunos eram diversas, mas inicialmente, ambos os estudantes pareciam tímidos por conta das turmas estarem misturadas.

3.4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO – PROPOSTA DIDÁTICA

O estudo da calorimetria, geralmente é o primeiro contato que os estudantes do ensino médio têm com a termodinâmica, logo, fornece as primeiras bases e conceitos para seguir em frente nesse campo da física. Os conceitos vistos em calorimetria são facilmente observados no cotidiano dos alunos, em várias situações, como por exemplo na fala de uma das alunas durante as aulas de aplicação “Professor, é normal o avô da gente enterrar a comida?”, onde a aluna teve contato com o conceito de isolamento térmico, e por sua vez não sabia explicar por que seu avô fazia tal atividade, até a presente aula, então a proposta do produto é entender quais conceitos os alunos podem melhorar/aprender sobre os fenômenos de calor e as transferências de calor sob uma perspectiva de sequência de ensino investigativa.

3.5 CONTEÚDOS E RECURSOS

Para a preparação das aulas, foram utilizados diversos recursos, entre eles livros didáticos e acadêmicos tanto do ensino médio quanto do ensino superior, que serviram de base para a transposição didática dos conteúdos. Além disso, foram empregados vídeos educativos selecionados para ilustrar fenômenos e facilitar a compreensão dos conceitos trabalhados em sala.

Os conteúdos a serem investigados, foram:

- Calor e temperatura;
- Calor sensível e latente;
- Equilíbrio térmico e calorímetros;
- Processo de transferência de calor por condução;
- Processo de transferência de calor por convecção;
- Processo de transferência de calor por irradiação;

Totalizando 6 aulas para o destinado para a investigação dos assuntos e uma aula para a exposição dos resultados e avaliação final, com cada aula tendo a duração de 100 minutos.

Para a aplicação das aulas foram necessários alguns materiais, como:

- Notebooks;
- Placas Arduino®;
- Sensores de temperatura;
- Calorímetros;
- Materiais como Alumínio, PVC, vidro, Aço;
- Equipamentos de Proteção Individual.

3.6 ETAPAS DA SEQUÊNCIA DE ENSINO

O planejamento das aulas pode ser classificado conforme apresentado no Quadro 3.1:

Quadro 3.1 - Planejamento das aulas

	Nome da aula	Conteúdo	Duração da aula
1° Aula	Apresentação	O que vamos fazer?	50 min
2° Aula	Hoje está muito calor?	Diferença entre calor e temperatura.	100 min
3° Aula	Como os corpos ganham temperatura?	Calor sensível e calor latente.	100 min
4° Aula	Como conservar a temperatura?	Equilíbrio térmico e calorímetros.	100 min
5° Aula	O que é condutividade térmica?	Lei de Fourier.	100 min
6° Aula	O que é convecção térmica?	Lei do resfriamento de Newton	100 min
7° Aula	O que é irradiação térmica?	Lei de Stefan-Boltzmann	100 min
8° Aula	Vamos mostrar nossos resultados?	Apresentar e discutir os resultados	100 min

Fonte: O autor

Para cada uma das aulas, o tempo de duração foi planejado considerando tanto o período necessário para a montagem dos experimentos quanto o tempo destinado à discussão da turma em relação aos objetivos da aula. Como as atividades foram realizadas em contraturno, em um colégio do campo, onde o acesso se dá por meio de transporte escolar, optou-se por concentrar mais de uma aula por dia, já que os alunos permaneceram a tarde toda na escola. Levando em conta possíveis atrasos e a necessidade de intervalos para descanso, definiu-se que duas aulas por dia seriam suficientes.

3.7 COLETA DOS DADOS

3.7.1 Instrumentos de coleta de dados

A avaliação em uma sequência de ensino por investigação (SEI) deve ser contínua ao longo do processo. No artigo "*O Ensino de Ciências e a Proposição de Sequências de Ensino Investigativas*", **Anna Maria Pessoa de Carvalho** destaca

que o professor tem um papel essencial não apenas na criação de problemas desafiadores, mas também na orientação dos alunos sobre diferentes formas de avaliação.

Propõe-se uma abordagem diversificada, incluindo Avaliação Conceitual, Avaliação Processual, Avaliação Atitudinal e Autoavaliação. Por meio desses métodos, os alunos são incentivados não apenas a absorver conhecimento, mas também a refletir sobre seus próprios pontos fortes e fracos, promovendo um aprendizado mais significativo e autônomo.

É igualmente relevante sublinhar que as rubricas podem ser utilizadas quer no contexto da avaliação formativa, avaliação para as aprendizagens, ou seja, para distribuir feedback de elevada qualidade, quer no contexto da avaliação sumativa, avaliação das aprendizagens, para que, num dado momento, se possa fazer um balanço ou um ponto de situação acerca do que os alunos sabem e são capazes de fazer. (Fernandes, 2021, p. 4)

A avaliação dos alunos será contínua ao longo dos dias e ocorrerá por meio de rubricas de avaliação, um método flexível e eficiente que permite analisar o desempenho dos estudantes a partir de diversos critérios, os quais podem variar de aula para aula. Esse tipo de avaliação pode ser aplicado tanto em grupo quanto individualmente, sendo, neste caso, utilizado de forma individual na turma. Além disso, a utilização de rubricas possibilita que os alunos compreendam previamente quais critérios serão considerados durante as aulas, oferecendo-lhes um direcionamento para acompanhar e refletir sobre o próprio processo de aprendizagem.

Pode dizer-se que as rubricas contribuem para materializar uma ideia fundamental no contexto da avaliação pedagógica: articular as aprendizagens com o ensino e a avaliação. Ou seja, elas podem e devem ser utilizadas para ajudar os alunos a aprender e os professores a ensinar. Além disso, permitem que ambos avaliem o trabalho realizado. (Fernandes, 2021, p. 7)

Outro método de coleta de dados do professor e dos alunos será o diário de bordo, considerando que o método de pesquisa utilizado é a pesquisa-ação. Basicamente, tanto o professor quanto os estudantes responderão a um questionário que contempla as informações pertinentes registradas durante as aulas. O preenchimento deste questionário poderá ser realizado ao término de cada

encontro, sendo a quantidade de informações registrada limitada pela memória do professor e dos alunos.

3.7.2 Relato da implementação do produto educacional

O produto educacional foi aplicado na cidade de Reserva - PR, no em um colégio do campo da rede pública paranaense, foram convidados alunos de todas as séries do ensino médio para um projeto em contra turno no colégio, oferecendo a todos os estudantes a oportunidade de participarem, porém apenas 10 alunos se voluntariaram para participar.

A aplicação do produto aconteceu no período de 29 de Julho a 3 de Setembro, totalizando 8 aulas com uma carga horária de 15 horas/aula. Durante a aplicação, foram investigados fenômenos de calor, transferência de calor e temperatura, onde os alunos anotaram seus escritos em diários de bordo, para posteriormente comunicar seus resultados para o restante da turma. A avaliação era feita por rubricas, que eram sempre mostradas para os alunos ao início e ao final de cada aula.

Neste tópico teremos um relato sobre a aplicação e discussão dos resultados, tendo como base os textos escritos nos diários de bordo do professor e dos alunos, assim como as rubricas de avaliação feitas em cada uma das aulas.

3.7.3 Primeira aula - aplicação da aula nº 1 - 29/07/2024 das 10h20 às 11h30

Para o primeiro dia, foi planejada uma introdução às aulas, essa aula teve a duração de 50 minutos no período da manhã. Foi então combinado com a equipe pedagógica e com os demais professores, para que os alunos que se interessassem pelas aulas comparecessem no laboratório de ciências do colégio.

Nesse primeiro contato com os alunos, os objetivos eram debater como é o processo de investigação científica, levantar hipóteses e registrá las; sobre quais os papéis do professor e dos alunos dentro de uma aula na perspectiva de investigação científica, refletir sobre o uso do diário de bordo para registrar os acontecidos em sala de aula e captar as noções dos conceitos de calor subjacentes de cada aluno.

A aula teve início com a exibição de um vídeo produzido pelo Laboratório de Pesquisa e Ensino de Física da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, intitulado "O problema das bolinhas" (<https://www.youtube.com/watch?v=Z8vjgCPbjaQ>). O objetivo dessa atividade foi possibilitar que os alunos observassem os diferentes comportamentos dos personagens em uma aula conduzida sob a perspectiva investigativa. Logo após o vídeo o professor realizou uma série de perguntas, sobre os papéis de cada um na sala de aula, e também com relação a o método científico, onde realizamos uma discussão sobre a linearidade ou ciclicidade de uma pesquisa científica. Durante essa discussão o professor interagia com os alunos provocando-os a participarem dos diálogos e interagirem entre si, pois faz parte da proposta da aula a interação entre os alunos, até que uma aluna proferiu o seguinte comentário: "O nosso problema professor, é que nós temos vergonha de falar o que a gente acha, na frente uns dos outros" (diário de bordo do professor, 2024), esse comentário desencadeou uma discussão voltada ao medo de comunicar o que estavam descobrindo durante as aulas, onde uma boa parcela dos alunos partilhavam o anseio da colega. O professor conversou com os alunos, mostrou que também tinha certo receio sobre fazer tais comunicados, mas evidenciou a importância deles, destacando que os erros não seriam punidos, e sim serviriam para evoluir ainda mais os seus conhecimentos⁷.

Dando continuidade a aula o professor levantou as seguintes questões: "O que é calor? Como o calor se transfere de um corpo para outro?" como a sala era multisseriada, com alunos do 1º, 2º e 3º ano do ensino médio, e os alunos do 2º e 3º ano já tinham visto esse conteúdo, era de se esperar que soubessem a diferença entre calor e temperatura, porém durante nossas discussões era notável a predominância do senso comum, com frases do tipo "calor é quando o corpo está muito quente". Nesse momento como professor tive que me conter para não entregar a resposta pronta para os alunos. Continuando a aula, foi passado para os

⁷ O erro servindo para impulsionar a aprendizagem, é uma característica marcante na teoria piagetiana. Como citado por Piaget "Por modestos que sejam esses começos, pode-se ver neles um processo em curso que se desenvolverá cada vez mais depois" (PIAGET, 1983, p. 136).

alunos um texto sobre as diferenças entre calor e temperatura, para que eles realizassem uma leitura breve sobre o tema.

Encerrando a aula, foi combinado os dias e horários das aulas, assim como foi marcada de antemão a apresentação final, que os alunos iriam realizar na última aula, definindo o tema, e passando as orientações cabíveis para os alunos.

As avaliações em todas as aulas foram realizadas por meio de rubricas de avaliação, com a pontuação indo de 1 á 4. A classificação dos critérios está comentada no Projeto assim como os planos de aula que foram seguidos pelo professor.

Quadro 3.2 - Pontuação da rubrica da primeira aula;

Quadro de pontuação das Rubricas de avaliação																				
	Entendimento do que é investigação científica				Entendimento das etapas de uma investigação científica				Entendimento do seu papel como investigador				Entendimento do conceito de construção científica				Apresentação e discussão sobre como o conceito de calor foi construído.			
Nome	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aluno 1		x				x					x			x			x			
Aluno 2		x					x			x				x			x			
Aluno 3		x					x			x				x			x			
Aluno 4		x					x			x				x			x			
Aluno 5		x					x			x				x			x			
Aluno 6		x				x				x				x			x			
Aluno 7		x				x				x				x			x			
Aluno 8		x				x				x				x			x			
Aluno 9		x				x				x				x			x			
Aluno 10		x				x				x				x			x			

Fonte: O autor

Como os objetivos a serem alcançados foram distribuídos ao longo da aula, a avaliação de cada um dos pontos da rubrica acima tinha momentos adequados a serem observados. Inicialmente, o objetivo de entender o que é a investigação científica é avaliado, onde os critérios estão apresentados no Quadro 3.3.

Quadro 3.3 - Critérios da rubrica para a primeira aula;

	Muito bom (4)	Bom (3)	É quase isso (2)	Vamos repensar (1)
--	---------------	---------	------------------	--------------------

Entendimento do que é investigação científica	O aluno compreende a investigação como sendo um processo sistemático para a aquisição e análise de dados. Demonstra exemplos de aplicação da investigação científica.	O aluno entende a investigação científica como processo sistemático que é usado para buscar a compreensão de fenômenos.	A ideia de investigação científica não é clara, entende o processo de investigação como algo a ser aplicado só em laboratórios.	O aluno apresenta uma ideia rasa do conceito, acha que não existe um método específico.
---	---	---	---	---

Fonte: O autor

Ao observar a pontuação dos alunos no quadro 3.2 percebe-se que inicialmente todos sem exceção concordam com a ideia de que o processo de investigação é algo a ser aplicado só em laboratórios, essa ideia foi amplamente discutida durante o restante das aulas, porém como Anna Maria pessoa de Carvalho adverte em seu artigo:

Também é importante ter claro que não existe pretensão de dizer que os alunos vão pensar ou se comportar como cientistas, pois eles não têm nem idade, nem conhecimentos específicos e nem desenvoltura no uso das ferramentas científicas para tanto. (Carvalho, 2022, p. 6)

O foco principal é mostrar que a ciência é um processo de construção, que não tem necessariamente a dependência de um laboratório e jalecos brancos, a ciência é pode ser desenvolvida em praticamente qualquer lugar, logo esse objetivo foi trabalhado no decorrer das demais aulas.

Os demais objetivos, também tiveram pontuações parecidas oscilando entre 2 e 3, isso se deve ao fato de que quando um dos alunos respondiam as questões os demais concordaram e assim que o professor lhes fazia uma questão semelhante, a respostas obtinham um carácter uniforme, entretanto, cada objetivo visto na primeira aula foi trabalhado reforçado nas demais, alterando o comportamento em geral dos alunos.

Algo bastante evidente no método da SEI é ensinar o aluno a propor e investigar suas hipóteses, assim como um bom pesquisador, e esse comportamento se torna visível aos poucos nas demais aulas.

3.7.4 Segunda aula - aplicação das aulas nº 2 e 3 - 06/08/2024 das 14 h às 16h

3.7.4.1 Aplicação da aula nº 2

Neste dia em questão, foram aplicadas duas aulas, sendo a primeira sobre o calor, temperatura e as escalas termométricas e a segunda aula sobre calor sensível e calor latente. Para essa aula em questão, o maior receio era o nível de cansaço que os alunos iam apresentar ao fim de 200 minutos de aula.

Começando com a aula sobre calor, temperatura e escalas termométricas, ao chegar no laboratório, é possível observar que os alunos estavam à vontade com a sala e uns com os outros, porém no decorrer da aula nota-se um certo receio ao se comunicar e levantar questões para a aula. Mesmo a aula começando com uma atividade sensorial, onde o professor pede para que os alunos toquem três beakers com água a diferentes temperaturas, os alunos tinham receio de comentar sobre quais eram as temperaturas de cada becker, então o professor começou a perguntar para eles, esse becker está quente, frio ou com a temperatura ambiente? Perguntas, que não estavam planejadas⁸, foram necessárias como uma forma de engajar a turma, dando continuidade, foram realizadas mais algumas perguntas sobre os três beakers, tais como:

- O que determina o estado quente ou frio dos objetos?
- O que aconteceu para que esses objetos tivessem esse estado térmico?
- Temos alguma energia sendo convertida nesse processo?
- Como definir se um corpo está mais quente ou mais frio?

As respostas eram foram curta e diretas, tais como:

- P: O que determina o estado quente ou frio dos objetos?
- R: A temperatura.
- P: O que aconteceu para que esses objetos tivessem esse estado térmico?
- R: Para o copo quente esquentamos, com fogo ou com a chapa térmica e para o frio colocamos na geladeira ou adicionamos gelo na água.

⁸ Com o comentário é possível perceber que as aulas iniciais não possuem um grau de abertura para o estudante muito grande, já que inicialmente o professor o professor faz as proposições de problemas e auxilia nas resoluções de forma muito direta.

- P: Temos alguma energia sendo convertida nesse processo?
- R: Acho que sim.
- P: Como definir se um corpo está mais quente ou mais frio?
- R: Podemos colocar o dedo na água, ou usar um termômetro. (2º resposta)

A segunda resposta veio após o professor questioná-los sobre a precisão das medidas de temperatura. Após realizadas essas questões, com uma barra de alumínio dobrada em L, o professor perguntou para os alunos o que aconteceria com a temperatura da barra, se colocada uma das pontas do L em um becker com água fervente e como a temperatura subiria ao longo da barra. Inicialmente, quando estava planejando essa aula, pensei que os alunos poderiam sugerir que a temperatura da barra aumentaria por igual durante o aquecimento, porém mais minha surpresa, os alunos quando questionados, responderam que a temperatura aumentaria primeiro próximo a ponta do L que estava mergulhada na água, “caminhando” até a ponta livre da barra. Logo após isso foi perguntado o por que isso acontecia, e algo parecido com a concepção do Calórico⁹ apareceu: “algo sobre pela barra fazendo com que a barra se aqueça dessa forma”. Logo após essa ideia aparecer, um dos alunos do 2º ano mencionou algo com energia térmica, fluindo da água quente para a barra.

⁹ A Teoria do Calórico atualmente é obsoleta, propondo que na composição dos corpos existiria um fluido invisível e inodoro, chamado calórico, e quanto maior a temperatura do corpo, maior seria a quantidade de calórico que o corpo continha. Baseado em: **Teoria Calórica**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Calórico>. Acesso em: Dez de 2024.

Figura 3.1 - Registro fotográfico do experimento sobre o calor.



Fonte: O Autor

Então, o professor distribuiu um texto impresso para que os alunos pudessem ler e estabelecer uma relação entre as discussões feitas em sala de aula e os conceitos físicos que são relevantes para tal problema.

Logo após a leitura, foram apresentados aos alunos o sensor de temperatura MF52 e a plataforma de prototipagem de código aberto Arduino®, sendo solicitado que monitorassem as temperaturas medidas e respondessem a algumas perguntas, tais como:

- Como o sensor comunica a temperatura para o Arduino®?
- Como consigo ler o que o sensor está transmitindo para o Arduino®?
- É possível associar essa a temperatura do termômetro com os dados do sensor? Como?

Essas perguntas foram feitas sabendo que os alunos do 1° e 2° ano nunca tiveram contato com programação e/ou com a plataforma Arduino®. De modo espontâneo, os alunos do 3° ano, que frequentam a disciplina de Robótica, explicaram aos colegas dos anos anteriores como funcionava a plataforma e os cuidados que deveriam ter com o controlador e com os sensores.

Figura 3.2 - Registro fotográfico da coleta das temperaturas com o sensor MF52

Fonte: O Autor

Os estudantes que frequentavam o 3º ano do Ensino Médio no projeto, ao explicarem o funcionamento da placa Arduino®, mesmo que de forma básica para os demais colegas, utilizaram uma linguagem informal, contendo algumas lacunas; porém, essa foi uma ótima oportunidade para observar um colega mais experiente auxiliando outro menos experiente, basicamente a aplicação do conceito de ZDP.

A rubrica de avaliação da aula, avaliava os parâmetros apontados abaixo

Quadro 5 - Pontuação da segunda aula;

Quadro de pontuação das Rubricas de avaliação																
	Explicação das diferenças entre calor e temperatura				Explicação da conversão de energia elétrica em energia térmica				Explicação do aumento da temperatura do líquido devido à energia térmica				Interpretação dos dados obtidos e levantamento de hipóteses para a solução dos problemas			
Nome	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aluno 1		x					x			x		x			x	
Aluno 2		x					x					x			x	
Aluno 3		x					x					x			x	
Aluno 4																
Aluno 5		x					x					x			x	
Aluno 6		x					x					x			x	
Aluno 7																
Aluno 8		x					x					x			x	

Aluno 9		x					x					x			x	
Aluno 10		x				x	x					x			x	

Fonte: O autor

O primeiro objetivo da aula é baseado em explicar as diferenças entre calor e temperatura, e para explicar essas diferenças é necessário entender o que é cada um desses conceitos, além de lutar contra o senso comum em dizer que ambos são iguais. Os critérios para avaliar esse objetivo eram os seguintes:

Quadro 6 - Um dos critérios da segunda aula;

	Muito bom (4)	Bom (3)	É quase isso (2)	Vamos repensar (1)
Explicação das diferenças entre calor e temperatura	O aluno demonstra uma compreensão clara das diferenças entre calor e temperatura, associando os fenômenos a o comportamento molecular dos corpos.	O aluno entende as diferenças entre os dois fenômenos, mas não associa as interações moleculares dos corpos.	O aluno menciona as diferenças entre calor e temperatura, mas se confunde quando tenta aprofundar a explicação.	O aluno não consegue explicar as diferenças entre calor e temperatura, cometendo erros conceituais quando tenta explicar os fenômenos.

Fonte: O autor

É atribuída a nota dois para ambos os alunos com relação a esse objetivo, considerando a complexidade do mesmo, pois não são conceitos fáceis, como discutido acima, porém, somente dizer que as palavras calor e temperatura não se tratam do mesmo fenômeno, não é o suficiente, logo, esse conceito foi melhor trabalhado nas demais aulas, dando certo tempo para que os alunos consigam equilibrar essa idéia. Como Anna Maria pessoa de Carvalho escreve em seu artigo, o ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas:

É a partir desse conhecimento cotidiano, dando problemas, fazendo questões e/ou propondo novas situações para que os alunos resolvam (ou seja, desequilibrando-os), que eles terão condições de construir novos conhecimentos (reequilibração). (Carvalho, 2022, p. 2)

O conceito errôneo que os alunos trazem de suas casas de que calor e temperatura tratam-se do mesmo fenômeno, serve de base para que eles construam novos conceitos agora mais corretos.

Com relação aos objetivo relacionado a explicar a conversão da energia elétrica em energia térmica, não chegaram a mencionar o efeito Joule, mas falaram inicialmente a maioria da turma falou sobre a energia elétrica passar por uma resistência elétrica e a resistência começar a “esquentar e isso acabou esquentando a água”, ou seja, os alunos mencionam o fato da energia elétrica se converter em energia térmica, bastou então o auxílio do professor para introduzir a palavra conversão.

As respostas dadas às questões propostas inicialmente, parecem desordenadas e aleatórias, logo o objetivo referente a interpretar os dados obtidos em sala de aula e levantar hipóteses para a resolução dos problemas ganhou conceito 3 na rubrica de avaliação, o critério correspondente a essa pontuação é o seguinte “O aluno interpreta os dados corretamente e levanta hipóteses aleatória buscando a resolução rápida do problema”. Levantar hipóteses de maneira aleatória pode ser entendido como um início ao pensamento crítico e científico dos alunos, já que eles não possuem experiência com esse tipo de atividades.

O conhecimento não procede, em suas origens, nem de um sujeito consciente de si mesmo nem de objetos já constituídos (do ponto de vista do sujeito) que a ele se impoiam. O conhecimento resultaria de interações que se produzem a meio caminho entre os dois, dependendo, portanto, dos dois ao mesmo tempo, mas em decorrência de uma indiferenciação completa e não de intercâmbio entre formas distintas. (PIAGET, 1970, p. 134)

Basicamente temos que o conhecimento nasce da interação entre as pessoas e os objetos onde ambos têm influência um sobre o outro. Logo os alunos aprenderam a observar os fatos e levantar hipóteses, observando fatos e levantando hipóteses.

3.7.4.2 Aplicação da aula nº 3

A segunda aula começou após um breve intervalo de 20 minutos, sendo iniciada com uma reportagem sobre o frio extremo na Sibéria, disponível no link <https://globoplay.globo.com/v/6437748/>.

Figura 3.3 - Registro fotográfico dos alunos assistindo a reportagem.



Fonte: O Autor

Após essa reportagem, foram apresentadas três imagens: um cubo de gelo, água líquida e vapor de água. Perguntou-se: “Qual é a relação entre as três imagens?”. Com essa questão era esperada a resposta trivial dos alunos, que nas três imagens temos água, outra resposta, um pouco mais elaborada abordaria os estados físicos da matéria, porém, os alunos ainda hesitam em responder as questões e levantar novas questões.¹⁰

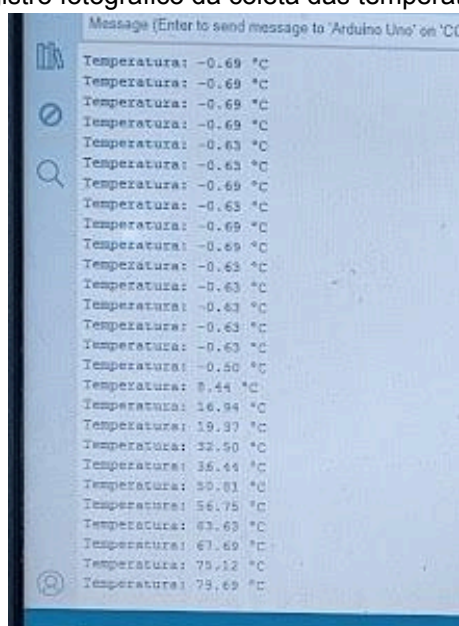
Prosseguindo com a aula, o professor desmembrou as questões planejadas, para que os alunos fossem criando confiança em responder o que lhes era perguntado sem medo de julgamentos, o que fez a aula durar um pouco a mais do que foi planejada.

O professor então levantou a seguinte questão: “Quanto tempo é necessário para elevar a temperatura de um cubo de gelo até o ponto de fervura da água?”. Os alunos responderam que não sabiam e deram respostas aleatórias. Em seguida, o professor perguntou se seria possível testar isso e de que forma poderíamos fazê-lo. Os alunos mencionaram que poderíamos aquecer o gelo e medir o tempo que a água leva para ferver. Então, surgiu a ideia de anotar as temperaturas em intervalos de tempo iguais, para que depois pudessem montar um gráfico da temperatura em função do tempo.¹¹

¹⁰ No diário de bordo dos alunos, a questão cinco é a seguinte: “Quais as principais dificuldades enfrentadas por você, e como está lidando com elas?” o aluno nº 2 anotou a seguinte resposta: “A insegurança na hora de responder às questões”.

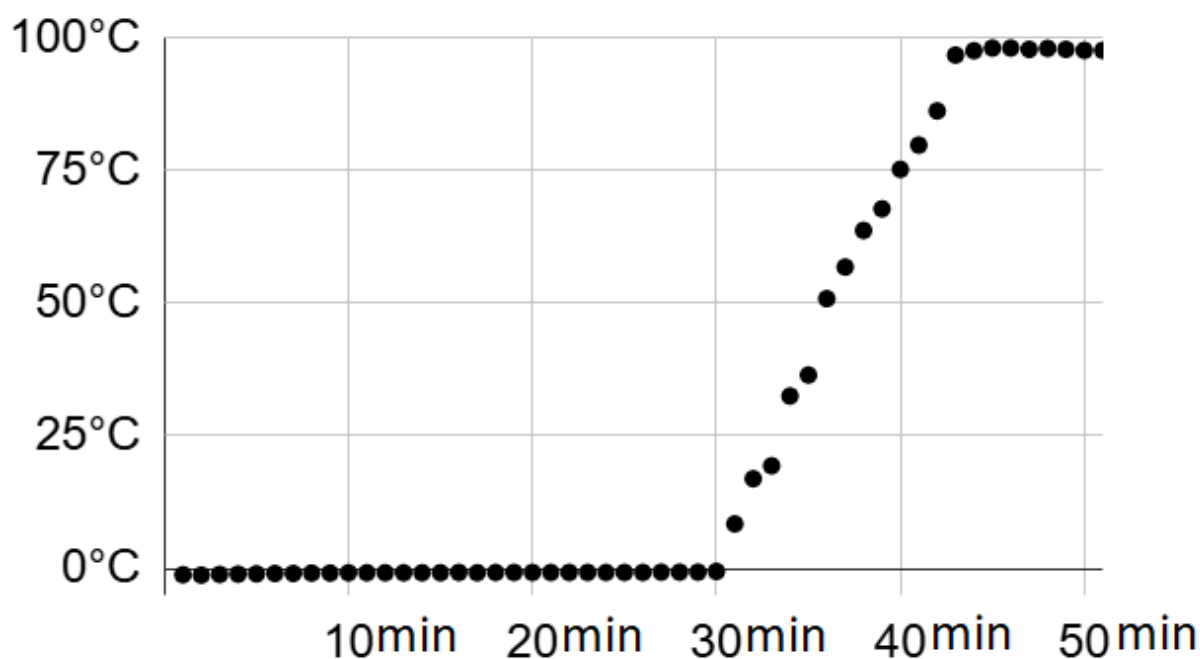
¹¹ Quando na etapa da resolução do problema em pequenos grupos, deve-se observar os alunos: se estes colaboram entre si na busca da solução do problema, se apresentam comportamento que indica uma aprendizagem atitudinal e se eles discutem buscando ideias que servirão de hipóteses e as testam - isso indica uma aprendizagem processual do grupo. (Carvalho, 2013, p.19)

Figura 3.4 - Registro fotográfico da coleta das temperaturas com o MF52



Fonte: Participantes da pesquisa, 2024

Figura 3.5 - Gráfico da temperatura pelo tempo.



Fonte: Participantes da pesquisa, 2024

Com o experimento, conseguimos os resultados acima, o gráfico, mostra a curva de aquecimento da água, junto dos platôs, pontos onde ocorrem as trocas de fase, para esses pontos o professor levantou uma questão para os alunos, por que a temperatura não varia nesses pontos em específico? A princípio eles não conseguiram responder, alguns até falaram que era porque a chapa térmica tinha

queimado ao fim do experimento e por isso a temperatura não subiu mais, o professor então distribuiu livros da coleção de livros didáticos *Ser Protagonista* (Válio et al., 2016) para os alunos e pediu para que eles lessem as páginas indicadas nos *slides*, nessas páginas tínhamos textos sobre o calor específico e latente, junto de alguns exemplos parecidos com o experimento que acabaram de realizar.

Um dos alunos na questão número 4 do diário do aluno, que diz “ Aspectos do conteúdo que pareceram mais interessantes para você.” realizou as seguintes anotações sobre o que chamou a sua atenção durante a aula: “ a temperatura permanece a mesma durante a troca de estado físico”.

Ao fim da aula, volta-se ao vídeo inicial, e Ihe é questionado, o por que a água fervendo se congela tão rapidamente na Sibéria, quando a mesma é jogada para cima? Com base nos conceitos vistos em sala, os alunos responderam oralmente, que a água congelava rapidamente, porque a diferença de temperatura era muito grande e por que a massa de água se fragmentava, fazendo com que fosse mais fácil para a água perder energia e congelar.

Abaixo, temos a pontuação que a turma conseguiu na rubrica de avaliação referente a aula, temos alguns alunos que estão com duas marcações, no terceiro objetivo, isso se dá ao fato de que no decorrer da aula, demonstraram compreender melhor o conceito, dando mais detalhes sobre as diferenças entre o calor específico e o calor latente, isso levou a revisão da pontuação dada a eles inicialmente.

Quadro 7 - Pontuação da terceira aula;

Quadro de pontuação das Rubricas de avaliação																
	Entender que, quando há mudança de estado físico, não ocorre variação da temperatura				Compreender que a variação da temperatura depende de variáveis como massa e calor específico				Diferenciar o calor específico e o calor latente				Explicar a relação entre os fenômenos trabalhados e o vídeo proposto			
Nome	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aluno 1			x			x				x	x					x
Aluno 2			x			x				x	x					x
Aluno 3			x			x				x	x					x
Aluno 5			x			x				x	x					x
Aluno 6			x			x				x	x					x
Aluno 8			x			x				x						x

Aluno 9			x			x				x					x
Aluno 10			x			x				x					x

Fonte: O autor

Analisando os resultados obtidos com a rubrica acima, notamos que após o experimento, os alunos concordam que quando há a mudança de estado físico a temperatura da água não irá variar, porém ainda faltava a associação desse fenômeno ao ponto de ebulição e ao calor latente da água, deixando-os com o conceito 3 nesse aspecto da aula¹².

As variáveis que importantes para o aumento da temperatura de um corpo, segundo a equação fundamental da calorimetria $Q = m.c.\Delta T$, se mantendo a quantidade de calor (Q) constante são a massa e o calor específico de cada corpo, logo os alunos pareciam compreender isso de forma simples, quase que naturalmente. Porém quando eram feitas perguntas, como, “o que ferveria mais rapidamente, um copo de água ou uma chaleira de água?” Eles ficaram confusos e a turma se dividia, somente após o professor auxiliar a resposta de todos entrava em um consenso, por isso ambos obtiveram conceito 2 para esse objetivo.

Diferenciar energias, quando olhamos para um gráfico, ou até mesmo para um fenômeno acontecendo requer a compreensão de determinado fenômeno, para um estudante em formação diferenciar essas energias quando observa a elevação da temperatura de certa massa de gelo até o ponto de ebulição da água, e interpretar esses dados de forma coerente é complexo. Os critérios para essa rubrica, são:

Quadro 7.1 - Critérios para um dos objetivos da terceira aula;

	Muito bom (4)	Bom (3)	É quase isso (2)	Vamos repensar (1)
Diferenciar o calor específico e o calor latente	O aluno diferencia calor específico e calor latente, explicando suas características citando os gráficos feitos em sala.	O aluno entende a diferença entre calor específico e calor latente, mas sua explicação é superficial.	O aluno reconhece os termos, mas confunde suas definições e momentos onde cada um está atuando no sistema.	O aluno não consegue diferenciar calor específico de calor latente.

Fonte: O autor

¹² Um mês após a aplicação dessa aula, fiz a mesma experiência com o 1º ano do ensino médio, nessa turma havia duas meninas que participaram do projeto. Essas duas meninas auxiliaram os demais colegas da turma a realizarem o experimento, e também, explicaram de forma simples o porquê a temperatura da água não aumentava quando chegávamos a 94°C.

Logo os alunos 1, 2, 3, 5 e 6, ao começo da aula confundem as definições de calor específico e latente, e após realizarem os experimentos na aula e a leitura dos textos, conseguem distinguir os tipos de calor e dão uma explicação superficial, o que mostra certa evolução desses alunos.

Com relação ao último objetivo explicar a relação dos fenômenos trabalhados em sala e o vídeo passado no início da aula, ambos os alunos obtiveram a pontuação máxima, argumentando que a massa de água se espalhou, e a diferença de temperatura é muito grande, por isso a água congela quase que instantaneamente.

3.7.5 Terceira aula - aplicação da aula nº 4 - 13/08/2024 das 14h às 16h

A aula começou com a apresentação de um vídeo que retrata a história do gelo e da geladeira, vídeo esse retirado do canal Invenções na História, na plataforma de vídeos *Youtube*. Os alunos assistiram o vídeo atentamente e, na sequência, o professor fez algumas perguntas para os alunos, tais como:

- E quando em suas casas não têm energia elétrica, o que acontece com os alimentos perecíveis?
- Já imaginaram como era no tempo de seus avós, quando ainda não existiam energia elétrica e/ou geladeiras?

A segunda questão gerou um debate interessante, pois as perguntas foram pensadas imaginando que maior parte da região onde eles moravam já possuía rede elétrica a muito tempo, mas segundo eles, alguns vizinhos vieram a adquirir energia elétrica em suas residências no ano de 2023, ou seja, eles estavam familiarizados com os procedimentos de armazenamento de comida sem energia elétrica. Quando questionados de como era estocada a carne para que não estragasse, a resposta foi a mais simples possível, “Professor, eles não guardam a carne crua, eles fritam e colocam em latões, para consumir em outros dias”. Outra aluna fez a seguinte pergunta, “Professor, é normal o avô da gente enterrar a comida?” Nesse momento os outros alunos deram risada, o professor pediu então para que eles fizessem uma pesquisa na *internet* sobre os seguintes temas.

- Quando a energia elétrica chegou ao Brasil?

- Quando foi construído o primeiro refrigerador?
- Quando o primeiro refrigerador foi produzido no Brasil?
- Como mantinham a temperatura dos objetos baixas por muito tempo, antes das geladeiras?

Com a última questão, alguns alunos viram que o método do avô de sua colega não era algo errado, mas sim tínhamos algum conceito a ser estudado. Junto com a pesquisa de como a temperatura era mantida baixa por muito tempo, apareceram as caixas térmicas, garrafas térmicas, como respostas dos próprios alunos, então o professor fez mais algumas perguntas/ para os alunos:

- Em uma garrafa térmica, a temperatura sempre se mantém constante?
- A garrafa térmica pode roubar um pouco da temperatura dos líquidos nela colocados?
- O que acontece se colocarmos objetos quentes e objetos frios dentro de uma mesma caixa térmica?
- Podemos testar isso?

As respostas deles foram curtas e diretas, como por exemplo, a resposta mais frequente para a primeira questão foi a seguinte:

“A temperatura sempre se mantém a mesma, em pequenos intervalos de tempo, se deixarmos por muito tempo, o café esfria”.

Porém, para a segunda resposta, seguinte resposta prevaleceu entre outras:

“A garrafa térmica não rouba a temperatura dos líquidos colocados nela”

Para a terceira questão, temos:

“O que está quente vai esfriar, e o que está frio vai esquentar”

Quando questionados sobre a qual temperatura chegaríamos após os líquidos misturados, os alunos não chegaram a um consenso, o professor sugeriu que as seguintes hipóteses fossem testadas.

- Em uma garrafa térmica, a temperatura sempre se mantém constante?
- A garrafa térmica pode roubar um pouco da temperatura dos líquidos nela colocados?
- O que acontece se colocarmos objetos quentes e objetos frios dentro de uma mesma caixa térmica?

- Podemos testar isso?

Então o professor perguntou, se poderíamos pegar uma espécie de garrafa térmica, colocarmos na mesma água quente e água gelada, para observarmos o que aconteceria.

Figura 3.6 - Registro fotográfico do aluno aquecendo a água para o experimento.

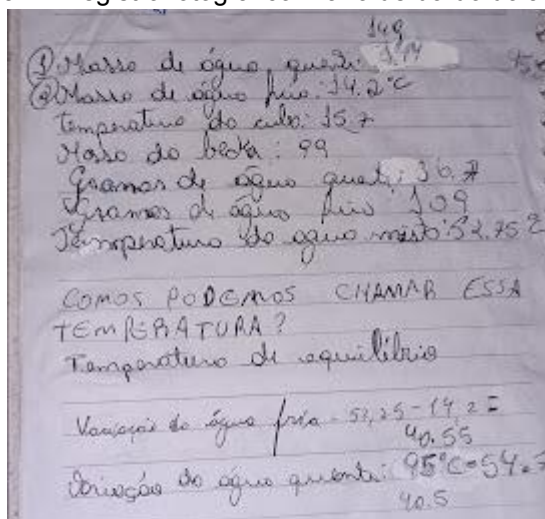


Fonte: O Autor

O aluno somente perguntou para o professor, até que temperatura era preciso aquecer a água, com o professor respondendo, para que ele aquecesse até o seu ponto de ebulição, os outros alunos, precisaram de um tempo a mais para tomar essa iniciativa.

Após começarmos a aquecer a água, chegamos a conclusão de que a massa de água era importante, então eles foram buscar a balança e anotaram as massas de água quente e da água fria.

Figura 3.7 - Registro fotográfico Diário de bordo do aluno N. 5



Fonte: O Autor.

Os alunos mediram as massas de água e suas temperaturas iniciais, anotando-as no diário de bordo de um único aluno, de modo que pudessem dividir as tarefas. Entretanto, essas anotações apresentaram certa falta de organização e ausência das unidades de medida, o que acabou dificultando os alunos na realização dos cálculos do calor recebido pelo calorímetro proveniente da água quente.

Com todos os dados anotados, os alunos colocaram simultaneamente as massas de água quente e fria dentro do calorímetro, e com o sensor de temperatura do Arduino® monitoram a temperatura do mesmo. Então, chegando a uma temperatura de equilíbrio, o professor, perguntou para os alunos qual foi a variação da temperatura tanto para a água fria quanto para a água quente, em seguida pedindo para que os alunos calculassem a quantidade de calor que passou da água quente para a água fria, processo no qual, eles perceberam que a água quente, perdeu muito mais calor do que a água fria recebeu, logo a conclusão que eles chegaram foi a de que, o calorímetro recebeu parte do calor da água quente, assim como uma pequena quantidade de calor foi perdida para o ambiente, já que o calorímetro não era ideal.

A rubrica de avaliação abaixo mostra as notas, de acordo com os objetivos da aula.

Quadro 8 - Pontuação da quarta aula;

Quadro de pontuação das Rubricas de avaliação																
	Entendimento do conceito de equilíbrio térmico				Entendimento da funcionalidade de um calorímetro				Aplicação do conceito de calor específico				Autonomia em realizar experimentos laboratoriais			
Nome	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aluno 1			x					x			x				x	
Aluno 2			x					x			x				x	
Aluno 3			x					x			x				x	
Aluno 5			x					x			x				x	
Aluno 6			x					x			x				x	
Aluno 8			x					x			x				x	

Aluno 9			x				x			x				x	
Aluno 10			x				x			x				x	

Fonte: O autor

Para essa aula, o objetivo inicial era o de entender o conceito de equilíbrio térmico, conceito esse que é fundamental, e muitas vezes somente mencionado rapidamente durante as aulas. A nota 3 para esse objetivo, é referente ao seguinte critério “O aluno entende o conceito de equilíbrio térmico, mas dá explicações vagas do conceito quando é questionado”, nota-se que para esse conceito fundamental, as explicações são vagas carecendo de detalhes ou até mesmo de exemplos, provavelmente, com o tempo os alunos podem equilibrar essas ideias formalizando assim o conceito de equilíbrio térmico.

A funcionalidade do calorímetro, parece estar bem definida nos alunos, já que todos os participantes obtiveram nota 4 para esse objetivo, logo, eles reconhecem que um calorímetro possui uma quantidade chamada de capacidade térmica e esse fenômeno pode ceder ou receber calor das amostras colocadas dentro dele, dependendo somente da diferença de temperatura entre eles.

O conceito de calor específico, como sendo o responsável por determinar como e quanto a temperatura de um corpo irá variar, foi bem aplicado, já que quando o professor questionou os alunos sobre como poderíamos calcular quanta energia a água quente passou para a água fria, os alunos insinuaram o uso da expressão “que-ma-ce-te” equação (2.9), porém quando tratou-se da aplicação da equação para o cálculo, tiveram dificuldades por conta das unidades de medida faltantes e falta de organização dos dados no caderno de anotações de cada um, assim como o exemplo da Figura 8.

Com relação a autonomia no laboratório, em relação às primeiras aulas, onde o professor tinha que dar todos os encaminhamentos, auxiliar nas medições e cálculos, ambos os alunos melhoraram bastante, buscando os equipamentos, como as balanças e os frascos para fazermos as medições, anotando temperaturas e massas, mas ainda precisavam de auxílio quanto a organização das anotações, e por isso ambos ganharam nota 3 para esse objetivo, logo é notável que os alunos já têm mais autonomia com relação aos procedimentos laboratoriais a serem aplicados.

3.7.6 Quarta aula - aplicação da aula nº 5 - 20/08/2024 das 14h às 16h

A aula foi iniciada retomando o experimento feito na aula sobre calor e temperatura, onde foi colocada uma barra de alumínio dobrada em L, dentro de um Becker com água fervente, e as questões feitas para os alunos foram as seguintes:

- Nessa aula em questão, concluímos que a temperatura aumenta progressivamente em cada ponto da barra e isso era devido ao calor que estava fluindo ao longo da barra, correto?
- Então o calor sempre flui do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura?
- É possível “atrasar” o calor?

Dadas essas questões, foi perceptível pelo professor que o conceito de calor, precisava ser lembrado, e para isso foi necessário uma breve sequência de questionamentos, para que o conceito fosse acordado para ambos os estudantes, começamos uma discussão com relação a o “atrasar” o calor, onde quase de imediato, uma das alunas, menciona a existência de materiais condutores e isolantes térmicos, conceito esse que parece ser familiar para todos os estudantes presentes.

Então o professor mostra para os alunos, calorímetros que possuem uma divisória feita de materiais diversos, como: Aço, vidro, pvc e zinco, pedindo para que os alunos calculam a capacidade térmica de no mínimo dois dos calorímetros, colocando água fervente e observando a variação da temperatura do mesmo. Para isso os alunos tiveram total liberdade para realizar o experimento sozinhos, sem que o professor os ajudasse diretamente a manipular os apetrechos. “Os alunos conseguiram realizar as medições necessárias, sem o auxílio do professor.” (Diário de bordo do professor ,2024).

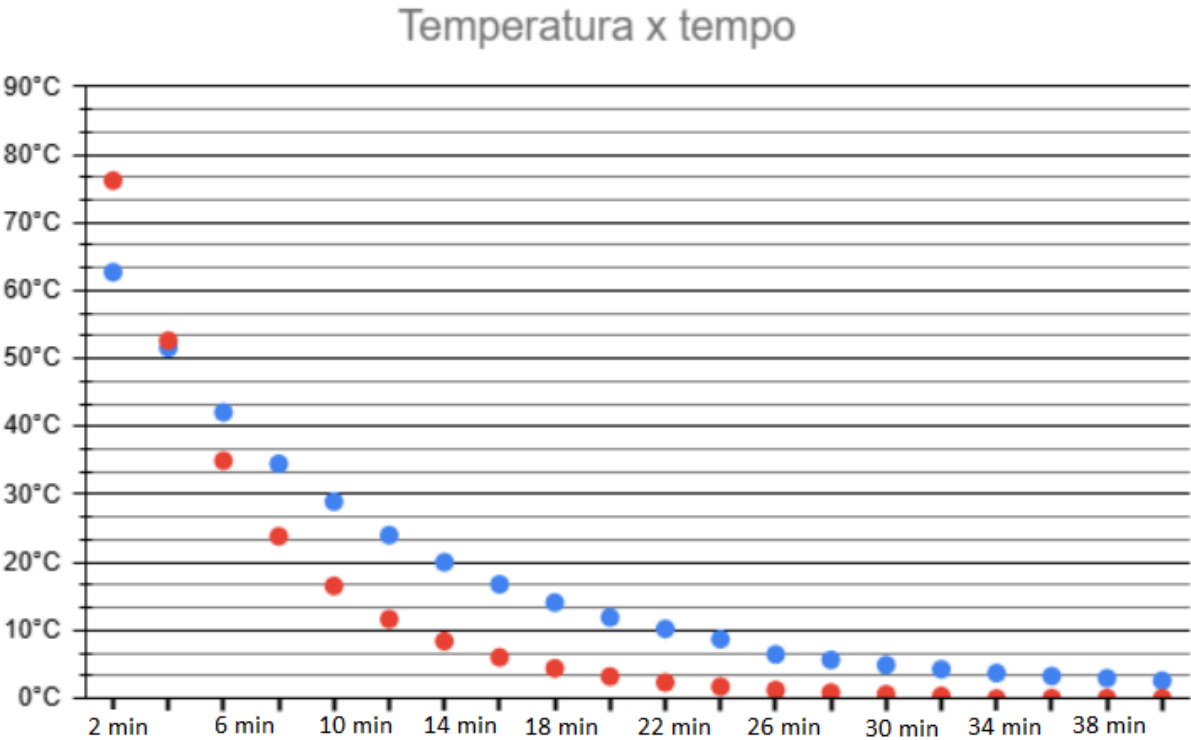
Figura 3.8 - Calorímetros adaptados para o experimento de condução.



Fonte: O autor

Após observarem a variação da temperatura, calcularam a capacidade térmica das cubas com divisórias de zinco e de vidro. Fazendo isso, os alunos foram instruídos a colocar água quente de um dos lados da cúpula e do outro água fria, medindo assim as diferenças de temperatura, algo muito interessante, foi que um dos alunos nos lembrou da importância do tempo como variável nesse experimento, para que fosse possível comparar as diferenças de tempos até o equilíbrio térmico, de ambos os calorímetros, montando assim um gráfico com a diferença de temperatura pelo tempo, para a observação das curvas de resfriamento de cada material.

Figura 3.9 - gráfico da temperatura pelo tempo do zinco e vidro.



Fonte: Participantes da pesquisa, 2024.

Como mostra a figura 3.9, onde a curva vermelha é dada pelo zinco e a curva azul é dada pelo vidro, podemos notar, que o zinco reduziu a diferença de temperatura muito mais rapidamente que o vidro, provando que o metal possui uma melhor condutividade térmica que o vidro. Isso gerou bastante inquietação nos alunos, pois eles sabiam que o metal era melhor condutor que o vidro, mas não tinham ideia de como eles poderiam testar esses conhecimentos.

A rubrica de avaliação, para a aula teve as seguintes pontuações para cada objetivo.

Quadro 9 - Pontuação Quinta aula;																
Quadro de pontuação das Rubricas de avaliação																
	Compreensão da variação da constante de condutividade térmica entre materiais				Distinção entre materiais isolantes e condutores de calor				Influência da área e do comprimento no fluxo de calor				Colaboração em equipe e comparação de resultados experimentais			
Nome	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aluno 1		x					x			x					x	
Aluno 2		x	x					x			x				x	x

Aluno 3		x	x					x			x				x	x
Aluno 4																
Aluno 5		x					x				x				x	x
Aluno 6		x					x				x				x	
Aluno 7																
Aluno 8		x		x				x			x				x	
Aluno 9																
Aluno 10		x					x				x				x	

Fonte: O autor

O condutividade térmica dos materiais, é um conceito que os alunos relataram conhecer antes mesmo da escola, pois é algo que eles veem em suas casas diariamente, ainda sim, eles relataram que conhecem o fenômeno, porém não tem a carga conceitual por trás do fenômeno, em suma, sabem que existem materiais bons condutores e maus condutores, porém não usam essas nomenclaturas, por isso ambos começam com conceito 2, e sobem no decorrer da aula, assim como os critérios da rubrica abaixo.

Quadro 9.1 - Um dos critérios avaliados na quinta aula;

	Muito bom (4)	Bom (3)	É quase isso (2)	Vamos repensar (1)
Compreensão da variação da constante de condutividade térmica entre materiais	O aluno explica que a constante de condutividade térmica varia de material para material, citando exemplos de condutores e isolantes térmicos.	O aluno entende que os materiais diferentes possuem uma propriedade chamada condutividade térmica referente a cada material.	O aluno menciona a variação da constante de condutividade térmica, sua explicação carece de detalhes.	O aluno não demonstra compreensão da variação da constante de condutividade térmica entre materiais.

Fonte: O autor

Esses conceitos que os alunos já tinham assimilado, serviram para discutirmos, sobre materiais isolantes e condutores de calor em diferentes contextos, desde a construção civil até o dia a dia em suas casas, por isso os conceitos 3 e 4 para o objetivo ligando a “Distinção entre materiais isolantes e condutores de calor”, onde era necessário os alunos distinguirem entre materiais isolantes e condutores de calor, ligando a eles a condutividade térmica.

Com relação a colaboração das equipes e a autonomia em sala, os alunos começaram a trocar mais experiências, delegando tarefas uns aos outros, de acordo com a rubrica de avaliação proposta, os alunos ganham conceito 3 e 4 de acordo com seus comportamentos respectivos em sala de aula.

3.7.7 Quinta aula - aplicação das aulas nº 6 e 7 - 27/08/2024 das 14h às 16h

3.7.7.1 Aplicação da aula nº 6

A aula foi iniciada com algumas questões feitas para provocar os alunos fazendo com que eles discutam sobre o tema:

- Como os peritos criminais conseguem identificar a hora da morte de um corpo?
- É possível prever com exatidão, qual será a temperatura de uma pizza se deixarmos ela em uma sala fechada por algumas horas?
- Em dias distintos, onde suas temperaturas são extremas, tanto para mais quanto para menos, se abandonarmos um copo de café sob uma mesa, em qual das situações o copo esfriará mais rapidamente, no dia de maior temperatura ou no dia de menor temperatura?

Feitas essas questões, alguns alunos falaram com tom de brincadeira, para que o professor trouxesse a pizza realmente para a sala de aula, para que pudéssemos fazer o teste, então o professor os questionou, se seria possível realizar esse teste com algum outro objeto, mais viável naquele momento, os alunos explicaram que assim não teria tanta graça, mas propuseram que poderíamos aquecer algo e medir sua temperatura até que o mesmo esfrie. Então o professor realizou mais algumas questões para nortear a aula.

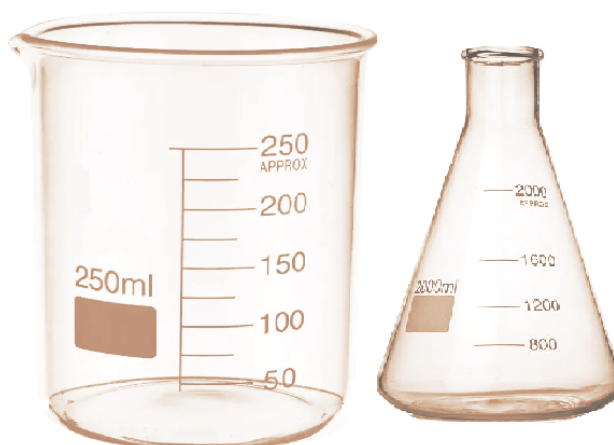
- Como podemos testar cada uma dessas hipóteses?
- Podemos primeiro estudar fenômeno e depois tentar encontrar uma expressão para prever determinados tempos?
- E se fervermos certa massa de água e esperarmos essa massa esfriar, podemos construir um gráfico com esses dados?
- Será que a área de contato com o ar é importante? Como testar isso?

- Será que todo corpo exposto a uma atmosfera tem seu decaimento de temperatura parecido com o da água? A temperatura ambiente interfere no processo de decaimento da temperatura?

“Eles demonstraram bom engajamento com as experiências, porém, na primeira experiência o professor teve de ajudar os alunos a calcular a área de contato do ar com a água” (Diário de bordo do professor, 2024). Com esse pequeno texto retirado do diário de bordo, o professor quis dizer que os alunos ganharam maior autonomia, se sentindo mais livres no ambiente do laboratório.

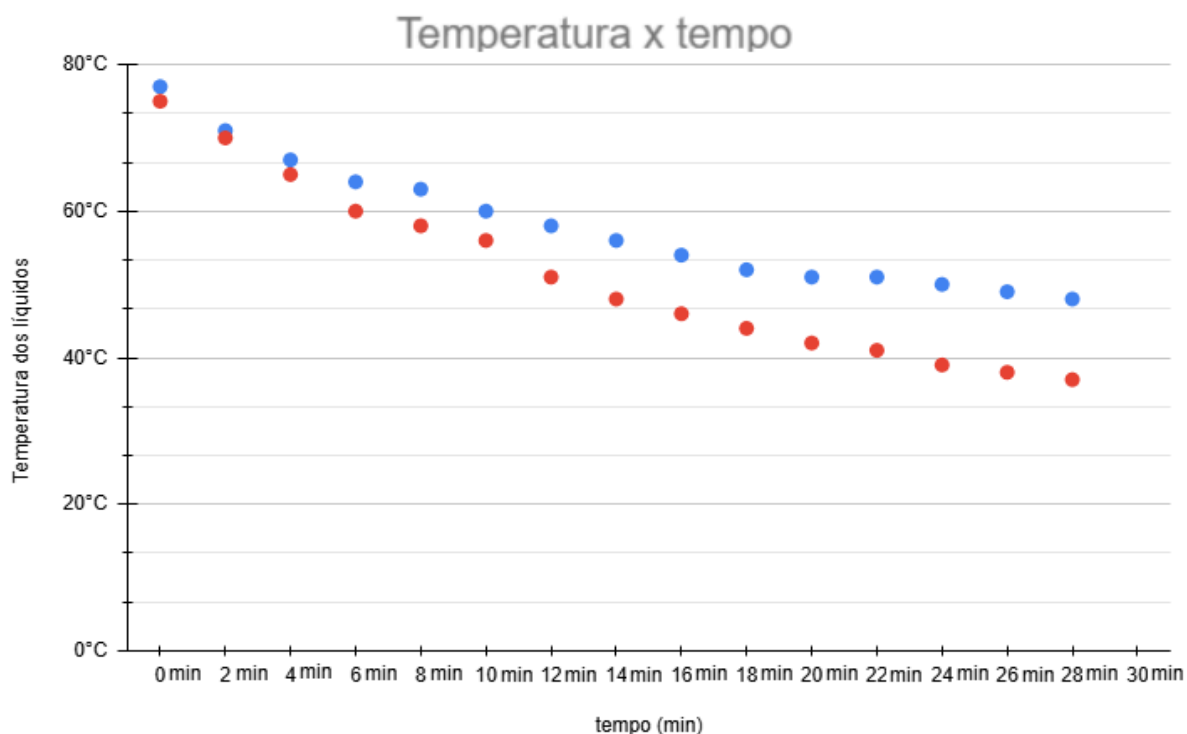
Uma das perguntas era sobre a área de contato entre os fluidos, os alunos mencionaram variar a área de contato entre os corpos para poderem comparar depois as temperaturas de cada massa de água.

Figura 3.10 - Ilustração dos recipientes escolhidos pelos alunos para realização do experimento.



Fonte: O Autor

Com os recipientes escolhidos e as massas de água iguais colocadas nos recipientes, os alunos começaram a medir as temperaturas em intervalos de tempo de 2 em dois minutos.

Figura 3.11 - gráfico da temperatura pelo tempo com áreas diferentes.

Fonte: O autor

Inicialmente, apenas com as tabelas, os alunos não conseguiam perceber a diferença no tempo de resfriamento dos beakers. Quando o professor sugeriu que comparassem os resultados reunindo os dados em um único gráfico no qual o gráfico azul representa o becker com menor área de contato e o gráfico vermelho o becker com maior área de contato, eles conseguiram interpretar a importância da área de contato dos fluidos para que a troca de calor ocorra.

Quadro 10 - Pontuação da sexta aula;

Quadro de pontuação das Rubricas de avaliação				
	Entender que a variação entre as áreas de contato entre os fluidos causa variação no	Entender que o tempo de resfriamento também está associado à	Explicar fisicamente os gráficos encontrados nos experimentos de	Colaboração em equipe e comparação de resultados experimentais

	fluxo de calor				diferença de temperatura.				decaimento de temperatura							
Nome	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aluno 1			x				x					x			x	
Aluno 2			x				x					x			x	
Aluno 3			x				x					x			x	
Aluno 4																
Aluno 5			x				x					x			x	
Aluno 6			x				x					x			x	
Aluno 7																
Aluno 8			x				x					x			x	
Aluno 9			x				x					x			x	
Aluno 10																

Fonte: O autor

Entender que a área de contato é importante tanto para a condução quanto para a convecção térmica não é algo trivial, tanto que, em perguntas iniciais, tais como: “Será que a área de contato com o ar é importante?” e “Como testar isso?”, os alunos disseram que não sabiam se havia realmente uma dependência. Após o experimento proposto, porém, houve um consenso geral entre os alunos de que a variação da temperatura depende da área de contato entre os fluidos, mas, ainda assim, o fluxo de calor não foi citado por nenhum deles.

Com a variável tempo, algo que tem uma dependência explícita obtivemos respostas mais rápidas, pois eles compreendem empiricamente que quanto maior o tempo, maior será a variação de temperatura nos fluidos.

Quanto à análise gráfica, foi interessante observar que eles atribuíram a variação de temperatura às áreas de contato dos recipientes, já que ambos apresentaram o mesmo tempo de resfriamento, o que resultou na atribuição de nota 4 para todos nesse objetivo. Um detalhe é que a turma se dividiu em dois grupos, e esses grupos realizaram o experimento de forma isolada. Após o professor pedir que comparassem os resultados, eles se dirigiram às mesas opostas e compartilharam suas experiências. Ainda assim, é necessário incentivá-los a trocar informações, algo que, em poucas aulas, seria muito difícil de modificar.

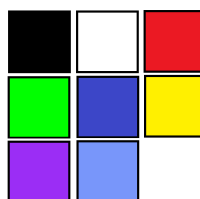
3.7.7.2 Aplicação da aula n° 7

Para essa aula o professor planejou dois inícios diferentes, pois um deles poderia falhar se acaso no dia em questão tivéssemos com o céu nublado, evitando

que os raios de luz chegassem até o solo, porém, como no dia em questão o céu estava limpo, usamos da primeira opção.

A aula começou com o professor levando os alunos para o pátio do colégio, e entregando algumas lupas convergentes para eles, juntamente das lupas, foi entregue uma folha de papel com quadrados de diferentes cores, como os da imagem a seguir.

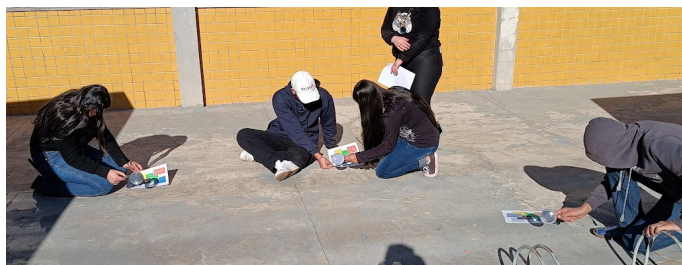
Figura 3.12 - Imagem entregue para os alunos.



Fonte: O Autor

No pátio da escola, foi pedido aos alunos que tentassem queimar uma folha usando apenas as lupas. A atividade deixou-os bastante animados, o que gerou um comentário interessante de uma das alunas: “Eu sempre tive curiosidade para ver se isso realmente dá certo, professor!”. Quando o professor perguntou onde haviam visto isso pela primeira vez, alguns comentaram que haviam assistido a essa demonstração em um filme de TV.

Figura 3.13 - Registro fotográfico dos alunos realizando o experimento no pátio do colégio.



Fonte: O Autor.

Esse experimento gerou algumas questões entre os alunos, tais como: Por que o branco está demorando mais para pegar fogo? Por que o preto pega fogo mais rápido? No papel branco, parece que a luz está mais forte. Essas questões dos alunos, compensaram as perguntas que o professor tinha planejado para eles, nesse primeiro momento. Então, voltamos para o laboratório, onde mais um experimento foi realizado, o professor ligou uma lâmpada de 100W e pediu para que os alunos colocassem a mão sob a lâmpada, tomando certo cuidado para que eles não queimassem a mão, e perguntou o que eles estavam sentindo. Os alunos mencionaram o calor emanando da lâmpada, então foram feitas algumas questões para os alunos.

- O que está sentindo em sua mão?
- Qual o processo de transferência de calor que está acontecendo?
- Agora coloque a sua mão na lateral da lâmpada, a uma distância que não a queime.
- O que está sentindo em sua mão?
- Qual o processo de transferência de calor? É condução? É convecção?
- Conhecemos algum processo que aqueça corpos através da luz?
- Já parou para pensar como o Sol aquece o planeta?
- Não considerando os demais planetas do sistema solar, o que temos entre o Sol e a Terra?

Os alunos responderam ainda com certo receio as questões, mas as respostas foram interessantes, como por exemplo, quando o professor perguntou se a transferência de calor era por condução, os alunos imediatamente responderam que não, algo que geralmente precisa ser lembrado com os mesmos, quando questionados sobre o que era condução, os alunos responderam que era quando dois corpos de diferentes temperaturas se encostaram, e suas mão não estavam encostando na lâmpada. Quando o professor perguntou se a transferência eram por convecção térmica, eles ficaram em dúvida, pois eles falaram que o ar quente sobe, passando por suas mãos, então o professor pediu para que eles colocassem as suas mão na lateral da lâmpada, logo concluímos que não era possível ter convecção térmica naquele espaço, o que nos fez concluir que o que estava aquecendo a mão deles naquele momento só poderia ser a luz proveniente da

lâmpada. Com isso o professor levantou a seguinte questão: Como o sol aquece a terra? E com essa questão, foi pedido para que os alunos realizassem uma pesquisa rápida na *internet*.

Com a pesquisa feita, nos encaminhamos para mais uma atividade, onde tínhamos várias latas de refrigerante, de várias cores dispostas na bancada, todas essas latas tinham uma mesma quantidade de água, e o experimento consistia em deixar essas latas a uma distância fixa de uma lâmpada infravermelho, deixando-a exposta por 5 minutos e observando a variação da temperatura da mesma. O experimento não foi tão bem sucedido, pois o tempo era muito curto e não houve aumento significativo na temperatura da água. Porém os próprios alunos relataram novamente que as latas de cores mais escuras tinham uma temperatura em sua superfície mais alta, que as latas de cores mais claras.

Figura 3.14 - Registro fotográfico dos alunos organizando as latas pelo seu grau de aquecimento.



Fonte:O Autor

A rubrica de avaliação da aula, obteve os seguintes resultados, de acordo com os critérios estabelecidos pelo professor.

Quadro 11 - Pontuação da sétima aula;

Quadro de pontuação das Rubricas de avaliação				
	Entender que a cor dos corpos influencia na absorvidade e na emissividade da	Entender a relação da área do corpo com a quantidade de energia incidente	Concluir que as ondas eletromagnéticas não precisam de um meio para se	Entender a colaboração em equipe e a comparação de resultados

	radiação								deslocar				experimentais			
Nome	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aluno 1		x					x					x			x	
Aluno 2		x	x				x					x			x	
Aluno 3		x	x				x					x			x	
Aluno 4																
Aluno 5		x					x					x			x	
Aluno 6		x					x					x			x	
Aluno 7																
Aluno 8		x	x				x					x			x	
Aluno 9		x					x					x			x	
Aluno 10																

Fonte: O autor

Para o primeiro objetivo, é necessário compreender a relação entre as cores e a absorvidade e emissividade dos corpos conceito que os alunos aparentam já ter assimilado previamente, uma vez que comentaram que, em dias de sol intenso, quem veste roupas escuras sente mais calor. No entanto, ao iniciarem os experimentos com as folhas de papel coloridas, não associaram de imediato o fato de a cor do papel estar relacionada à sua maior ou menor facilidade em pegar fogo.

Por conta disso, a nota inicial para esse objetivo alcançou o segundo critério, onde o aluno menciona a influência da cor na variação da temperatura, mas a relação entre absorvidade e emissividade é confusa. Após a aula, alguns alunos começaram a associar então a cor dos corpos, a emissividade e a absorvidade, linkando isso ao aumento e queda de temperatura dos corpos.

Passando para a análise do segundo objetivo que era relacionar a área de contato dos corpos com a radiação incidente, observamos que de cara os alunos atingem o critério 4 onde o aluno entende que a área do corpo influencia na quantidade de energia incidente, facilitando a variação da temperatura. Podemos atribuir esse acontecimento às aulas anteriores, onde a área de contato influencia na transferência de calor, deixando essa ideia com os alunos para as demais situações.

O conceito de ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo também, é um dos conceitos de mais difícil aceitação para os estudantes, pois a ideia de vácuo parece estar ser algo fora da realidade, porém, como nas aulas foi pedido para os estudantes realizarem uma pesquisa sobre como o sol aquece a terra, isso deu

repertório a eles para que dessem exemplos em sala de aula quando questionados, logo, eles atingiram o critério 4.

Com relação à colaboração com a equipe e comparação dos resultados experimentais, os alunos obtiveram conceito 3, onde eles colaboram com a equipe, sugerem métodos de coleta de dados, o que significa um bom avanço em comparação com a primeira aula, onde o professor necessita de fazer sugestões para que eles sigam.

Figura 3.15 - Graus de abertura em uma atividade de investigação.

Tipo de Actividades de Investigação Tendo em Conta o seu Grau de

Abertura

Nível	Questão?	Método?	Solução?
1 (Confirmação)	✓	✓	✓
2 (Estruturada)	✓	✓	
3 (Guiada)	✓		
4 (Aberta)			

Fonte: BAPTISTA, 2010, p. 96.

Segundo a tabela acima dos graus de abertura em atividades proposto pela professora Ana maria pessoa de carvalho, para essa aula em questão conseguimos o nível 3 onde o professor propõe a questão e o método e soluções são dados pelos alunos.

3.7.8 Sexta aula - aplicação da aula nº 8 - 03/09/2024 das 14h às 16h

Quando o professor adentrou o laboratório, os alunos estavam apreensivos e ansiosos para fazerem suas apresentações, além de que, por motivos pessoais, alguns alunos faltaram nessa aula, deixando seus colegas com certo receio de apresentarem seus trabalhos.

Após uma breve conversa com os alunos, para acalmá-los, o professor aferiu a quantidade de grupos. Foram 6 alunos que participaram dessa última aula, dos 8 frequentantes, então eles se dividiram em 2 grupos de 3 pessoas cada um.

Após a decisão de qual grupo começaria primeiro, iniciamos as apresentações. O primeiro grupo consiste em três alunos do 3º ano do Ensino Médio.

Figura 3.16 - Registro fotográfico do 1º grupo a apresentar o trabalho final.



Fonte: O Autor.

A primeira apresentação focou somente em responder às questões propostas como problema, e trouxe poucos pontos trabalhados durante a aula, pontos esses que após a apresentação do trabalho, foram colocados em questões feitas pelo professor, nas quais os alunos responderam com certa facilidade. Por exemplo:

Para o problema - Por que algumas casas durante algumas estações do ano tem maior temperatura do que as outras?

A resposta dada pelos alunos foi voltada para o conceito de capacidade térmica, onde materiais com alta capacidade térmica mantêm a temperatura constante por muito mais tempo, ao contrário de materiais com baixa capacidade térmica, isso faz com que as temperaturas dentro das casas variem com mais facilidade, deixando as casas mais quentes no verão e mais frias no inverno.

Uma questão levantada pelo professor foi a seguinte, se utilizarmos materiais que são bons condutores de calor para fabricar as portas e janelas de suas casas, qual seria o impacto na temperatura no interior de cada casa. Os alunos receosos responderam da seguinte forma, se os materiais são bons condutores o calor vai “escapar” para o lado de fora mais facilmente, deixando a casa mais fria, vemos que essa resposta está idealizando um cenário onde o lado de fora das casas está a uma temperatura menor que o interior das casas, e quando isso foi perguntado, eles responderam que em dias de maior temperatura, então o calor fluirá com mais facilidade para dentro das casas aumentando assim a temperatura em seu interior. Esse diálogo foi interessante, por que nota-se uma simplificação dos

conceitos por parte dos alunos, eles pensaram no calor fluindo sempre do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura, e aplicaram um uma situação de seu cotidiano, porém, não perceberam a importância de especificar as condições climáticas do ambiente a sua volta.

A segunda apresentação seguiu a mesma linha da primeira, com o foco somente em responder às questões propostas como o problema, essa apresentação apresentou um pouco mais de detalhes sobre cada questão com alguns pontos relevantes como o tempo de exposição da casa ao sol, enunciado a necessidade de buscar uma orientação adequada para a casa com relação a luz solar. Até mesmo sugerindo tons de cores mais claras nas paredes para reflexão da luz solar, deixando os ambientes mais frescos.

Porém, essa apresentação contou com uma falha, que foi em seu fundo, os alunos usaram cores vibrantes, com desenhos e anagramas relacionados a física e química para o fundo de seus *slides*, logo isso dificultou a sua leitura tanto pelos alunos quanto pelo professor.

Encerrando as apresentações, o professor deu um intervalo de 20min para os alunos, logo após isso, foram feitas as leituras dos diários de bordo dos alunos e do professor, realizando um *feedback* geral com a turma, onde também foi mostrado mais uma vez pontuações feitas pelos alunos em cada rubrica de avaliação, incluindo a última rubrica, que consta logo abaixo.

Quadro 12 - Pontuação da oitava aula;

Quadro de pontuação das Rubricas de avaliação																
Nome	Apresentação dos Resultados				Debate dos Feedbacks do Professor				Discussão dos Escritos do Diário de Bordo				Participação e Colaboração em Equipe			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aluno 1		x				x				x					x	
Aluno 2		x					x			x						x
Aluno 3		x					x			x						x
Aluno 4																
Aluno 5		x					x			x					x	
Aluno 6		x					x			x					x	
Aluno 7																
Aluno 8		x				x				x					x	
Aluno 9		x					x			x					x	
Aluno 10		x				x				x					x	

Fonte: O autor

A apresentação dos resultados obteve alcançou somente o 2 critério, pois os alunos somente apresentaram os resultados dos experimentos sem nenhuma discussão sobre, suas respostas aos problemas propostos durante a primeira aula, algo que foi alertado a os alunos que seria essencial na ultima aula, estavam condizentes com os experimentos, porém careciam de detalhes e explicações mais pensadas. Porém, trata-se de uma turma de ensino médio, e o trabalho que eles apresentaram estava dentro desse nível.

Quando o professor mostrou as pontuações novamente para os alunos, a maioria veio questionar o professor, sobre quais os critérios, o que resultou em um debate interessante sobre as suas notas, mesmo que elas não fossem contribuir para as suas notas oficiais nas salas de aula. E quanto questionados do por que queriam notas melhores contaram que estavam em competição interna entre eles.

E com relação a participação e colaboração nas apresentações, a maioria dos alunos somente colabora e desempenha o papel que lhes foi atribuído, com exceção de 2 casos onde tínhamos lideranças, porém, ambos estavam no mesmo grupo, o que fez com que eles tentassem trabalhar juntos pacificamente.

CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DE CONTEÚDO

Para padronizar todos os textos gerados, foi escolhida a Análise de conteúdo, da pesquisadora Laurence Bardin, por conta da aplicabilidade do método em trabalhos qualitativos como este.

Iniciando a **pré-análise**, temos a escolha dos materiais, os documentos que foram coletados e gerados durante o período da aplicação do produto educacional, sendo escolhidos basicamente 2 registros:

- Descrição das aulas feitas pelo professor,
- Relatos Transcritos dos alunos, coletados em sala;

Como o diário de bordo do professor encontra-se no Apêndice A e a descrição das aulas está apresentada no Capítulo 3 deste trabalho, não a repetirei aqui novamente. Abaixo, encontram-se os relatos dos alunos sobre as aulas.

Os relatos foram respondidos com base em um questionário encaminhado a eles por um aplicativo de mensagens *Whatsapp*®, onde as respostas eram feitas através de áudios e mensagens de texto.

Questionário:

- Como foi frequentar as aulas?
- Como se sentiam durante as aulas?
- Quais os conceitos que vcs lembram, ou ficou marcado?
- O que vocês acham de trabalhar em grupos, e o que isso ajudou em sala de aula?
- Quais eram os seus medos e se eles foram superados?
- E se esse projeto ajudou na caminhada escolar de vocês?

Respostas transcritas dos alunos:

As respostas transcritas, foram adicionadas ao texto na ordem em que foram recebidas pelo professor, além disso, dois alunos não mandaram suas respostas.

Aluno 9

Foi muito legal frequentar as aulas do professor. As aulas eram muito interessantes e dinâmicas.

O professor sempre tentou manter a nossa atenção e nos envolver nos assuntos que nós estávamos estudando.

Eu me senti durante a aula muito engajado e motivado.

Eu gostava de aprender coisas novas e discutir os assuntos com os meus colegas. Os conceitos que eu me lembro das aulas foi energia térmica e melhor condutor.

Trabalhar em grupo foi uma experiência muito valiosa.

Aprendi a lidar com diferentes personalidades e encontrar formas de trabalhar juntos de forma eficaz.

Um dos meus medos superados foi quando o professor fazia uma pergunta em público e eu sempre me sentia nervoso para responder na frente da minha classe.

No entanto, com o tempo e a prática, eu consegui superar esse medo e me tornar mais confiante na prática das habilidades da comunicação.

O projeto definitivamente me ajudou a desenvolver habilidades importantes, como a colaboração, a comunicação e a resolução de problemas.

Além disso, ele me deu a oportunidade de aprender sobre diferentes assuntos e aplicar esses conhecimentos em situações da prática.

Eu acho que esse projeto foi fundamental para o meu crescimento pessoal e acadêmico.

Aluno 6

Foi super bem.

Eu frequentava todas as aulas, eu me sentia ótima. Eu gostei, eu gostei mais da apresentação no final do das aulas, porque mostrou o que a gente tinha aprendido, o que a gente tinha dificuldade.

E trabalho em equipe, né? O trabalho em grupo ali ajuda muito no desenvolvimento. E mais em, em mais em experimentos que a gente tinha mais dificuldades e os outros tinham mais facilidade e aquilo ajudou muito.

O meu medo era falar em público e sim, isso foi resolvido com o movimento dentro das aulas e como eu falo, eh, com a ajuda dos experimentos ali, com a socialização entre os colegas. E isso ajudou muito a se desenvolver, desenvolver

esse medo, eh, a perder. Eh, e o projeto me ajudou muito no meu desenvolvimento, na minha caminhada escolar, que eu tinha dificuldade, eh, aquela dificuldade foi desaparecendo, fui criando mais facilidade junto com a matéria. E isso me ajudou muito. E é isso. Muito obrigada.

Aluno 2

Foi bom, consegui aprender muitas coisas boas.

Me senti bem pois as aulas eram práticas.

Calor e temperatura.

Foi bom, pois conseguimos escutar outras opiniões e expressar a minha.

De falar em meio ao público, e com as aulas me senti mais seguro.

Me ajudou, pois conteúdos que eu tinha esquecido, consegui lembrar.

Aluno 5

Foi bem legal frequentar as aulas, no final sempre tinha comida.

Me senti bem, digamos que em casa, porque a gente conseguiu dividir nossas opiniões e tirar nossas dúvidas.

Termologia, temperatura, calor, são os que eu lembro.

Acredito que trabalhar em grupos é mais legal e divertido, porque conseguimos ter mais opiniões.

Eu não lembro quais eram meus medos, mas acredito que consegui superá-los.

Acredito que ajudou sim, pelo fato de aprendermos coisas que às vezes não sabíamos.

Aluno 3

Então, começando como foi frequentar as aulas, eu acho que assim foi legal, foi bacana, porque assim foi no horário da aula, foi num contraturno, então foi uma experiência que a gente ficou lá. Eh, trazendo, pegando novos conhecimentos, as coisas, então, eu acho que no geral assim foi muito muito bom, muito na parte dos

estudos, as coisas foram boas. E como eu me senti, eu acho que bem também, bem, bem, como eu respondi nas nas coisas do caderninho

Porque era num grupo conhecido

Um grupo que descontraí, a gente conversava tudo, então foi um de forma assim geral, uma bem, senti bem sim durante as aulas.

dos conceitos, tipo assim, eu lembro do que nós fizemos, todas as coisas, tipo, esquentava a água, fervia, ebulição da água, ponto de ebulição, ponto que ela congela, outras coisas. Lembro das experiências, mas eu tipo, eu não consigo lembrar o nome do conceito, entendeu?

Da da lupa lá que nós fizemos, das cores lá, qual que queimava, qual não. Então, só que o nome assim eu não lembro.

Eu acho que trabalhar em grupo foi bom, porque assim, eh, não foi um grupo dentro da nossa sala, tipo, teve uma mistura ali.

Então, essa dinâmica em grupo traz mais conhecimento, entendeu?

Assim, porque um fala uma coisa, outro fala outra, traz um opiniões diferentes ali, no acabam se juntando e formando uma uma melhora, dando uma melhora pra gente entender o conteúdo, assim.

medo, né? Não sei se, não, eu tinha medo assim de dar alguma coisa muito errada, né?

E acabar pondo fogo na escola, alguma coisa do tipo.

Mas eu acho que, no geral, não tinha muito medo, não. E superados, eu acho que foi na base assim, nós fomos fazendo, um medo também de não conquistar, tipo, o objetivo que era dos dois. Eu acho que conseguimos, né, fazer pelo menos o básico do curso, não fizemos, conseguimos ajudar.

Estourou uns beakers, alguma coisa assim, mas tudo foi tranquilo.

E da última, como já falei para cima, né, do que ajuda no no desenvolvimento da aprendizagem, tudo que ajuda na comunidade escolar, ajuda por causa que, mesmo, né, não tem a química, física, verdade, tipo, nessa parte, né, não tivemos bem nessa nessa no que foi o curso, né? Não tivemos a física e química assim nesse conteúdo, mas ela ajudou uma uma Acho que assim, para nós que não tivemos bem a química desse jeito, foi um estudo que nós tivemos a mais, foi que ajudou, mas a ter mais um conhecimento a mais.

Aluno 10

As aulas do professor foram bem divertidas e inspiradoras. Eu me inseri bem nas aulas dele. O conceito que eu achei mais interessante foi o de calcular o calor da água, transferir mais a presença no vapor ou no alumínio. Foi muito interessante estudar em grupo, pois desenvolveu bastante o aprendizado. E depois, depois dessa aula, eu consegui me desenvolver bem nas outras matérias, como a apresentação.

Elaboração de hipóteses e objetivos

Com as descrições das aulas feitas pelo professor e os áudios transcritos dos alunos, temos agora a etapa da elaboração de hipóteses e objetivos. Baseando-se no método da Sequência de Ensino por Investigação (SEI) esperamos encontrar evidências de aprendizagem nos estudantes, tais quais:

- A conexão dos fenômenos estudados com a sua realidade;
- Melhora na comunicação - linguagem científica apropriada;
- Maior autonomia do estudante nas aulas;
- Melhora do pensamento crítico e questionador, para solução de problemas;
- Articulação e comunicação das descobertas pertinentes a os fenômenos;

Como Anna Maria Pessoa de Carvalho menciona em seu artigo, sobre os fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação:

Definimos como ensino por investigação o ensino dos conteúdos programáticos em que o professor cria condições em sua sala de aula para os alunos:

- pensarem, levando em conta a estrutura do conhecimento;
- falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos;
- lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido;
- escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas.

Em consequência disso, quando avaliamos o ensino que propomos, não buscamos verificar somente se os alunos aprenderam os conteúdos

programáticos, mas se eles sabem falar, argumentar, ler e escrever sobre esse conteúdo. (CARVALHO, 2018, p.772).

Essas evidências devem manifestar-se na forma de alguns verbos e/ou adjetivos presentes durante as falas, tanto do professor quanto dos alunos. Com base no livro da professora Bardin, temos:

O critério de categorização pode ser semântico (categorias temáticas: por exemplo, todos os temas que significam a ansiedade ficam agrupados na categoria "ansiedade" enquanto que os que significam a descontração ficam agrupados sob o título conceitual "descontração"), sintático (os verbos, os adjetivos), léxico (classificação das palavras segundo o seu sentido, com emparelhamento dos sinônimos e dos sentidos próximos) e expressivo (por exemplo, categorias que classificam as diversas perturbações da linguagem).(Bardin, 2011, p. 147).

Após a leitura e elaboração das hipóteses, passamos para a segunda fase, **a exploração do material**.

Começaremos usando o aplicativo Iramuteq para gerar nuvens de palavras, para auxiliar visualmente na criação da unidade de registro selecionando verbos e adjetivos, que são relevantes e contextualizados com o âmbito do produto.

Figura 4.1 - Nuvem de palavras descrição das aulas feitas pelo professor.



Fonte: O autor

Figura 4.2 - Nuvem de palavras dos relatos dos alunos



Fonte: O autor

Algumas palavras chamam atenção em ambas as figuras, que devem ser contextualizadas, para que seus sentidos não sejam ambíguos, para o leitor:

Da Figura 4.1, temos as seguintes palavras: Realizar, Perguntar, Observar, Levantar, Questionar e Responder.

Realizar:

- 1) A aula começou com a exibição de um vídeo sobre uma aula investigativa aplicada pelo laboratório de pesquisa e ensino de física da faculdade de educação da universidade de são paulo com o intuito dos alunos vislumbrarem como são os comportamentos de cada personagem nas salas de aula logo após o vídeo o professor **realizou** uma série de perguntas sobre os papéis de cada um na sala de aula.
- 2) O que nos fez concluir que o que estava aquecendo a mão deles naquele momento só poderia ser a luz proveniente da lâmpada com isso o professor levantou a seguinte questão: como o sol aquece a terra e com essa questão foi pedido para que os alunos **realizassem** uma pesquisa rápida na *internet*.
- 3) Feitas essas questões alguns alunos falaram com tom de brincadeira para que o professor trouxesse a pizza realmente para a sala de aula para que pudéssemos fazer o teste então o professor os questionou se seria possível **realizar** esse teste com algum outro objeto mais viável naquele momento.

Em todas as 20 aparições do verbo realizar tem o sentido de ação, onde o professor pede para os alunos realizarem alguma ação.¹³

¹³ Nota-se que 20 ocorrências verbos mostram que os alunos ainda precisavam de um certo estímulo para que fizessem as atividades.

Perguntar:

- 1) Que gerou um comentário bastante interessante de uma das alunas eu sempre tive curiosidade para ver se isso realmente dá certo professor e quando o professor **perguntou** se onde eles viram isso pela primeira vez.
- 2) O professor **perguntou** se poderíamos testar isso e como poderíamos testar os alunos mencionaram que poderíamos aquecer o gelo e medir o tempo que a água leva para ferver.

O verbo, aparece predominantemente associado à figura do professor, levantando questões, para que os alunos se motivem em buscar respostas.

Observar:

- 1) O professor perguntou se poderíamos pegar uma espécie de garrafa térmica colocarmos na mesma água quente e água gelada para **observarmos** o que aconteceria o aluno somente perguntou para o professor até que temperatura era preciso aquecer a água
- 2) Pedindo para que os alunos calculem a capacidade térmica de no mínimo dois dos calorímetro colocando água fervente e **observando** a variação da temperatura do mesmo para isso os alunos tiveram total liberdade para realizar o experimento.

O verbo em questão, retrata a observação como um parâmetro rotineiro durante as aulas.

Levantar:

- 1) É possível observar que os alunos estavam à vontade com a sala e uns com os outros porém no decorrer da aula nota se um certo receio ao se comunicar e **levantar** questões para a aula.
- 2) O professor então **levanta** a seguinte questão: quanto tempo é necessário para elevar a temperatura de um cubo de gelo até o ponto de fervura da água os alunos falaram que não sabiam.

Ao observar o verbo levantar, é esperado um papel de mais destaque dos alunos, pois são eles os personagens que devem levantar hipóteses, porém, nesse contexto o professor está levantando questionamentos para que os mesmos respondam ou experimentem suas hipóteses.

Questionar:

- 1) O professor mostrou as pontuações novamente para os alunos; a maioria veio **questionar** o professor sobre quais eram os critérios, o que resultou em um debate interessante sobre as suas notas.
- 2) Os alunos imediatamente responderam que não, algo que geralmente precisa ser lembrado com os mesmos. Quando **questionados** sobre o que era condução, os alunos responderam que era quando dois corpos de diferentes temperaturas se encostavam, e suas mãos não estavam encostando na lâmpada.

Temos o questionamento dos alunos sobre suas notas, o que mostra que eles possuem consciência do que eles fizeram em sala e discordavam do nível que lhes foi atribuído segundo os critérios da rubrica de avaliação.

Responder:

- 1) Após a apresentação do trabalho foram colocados em questões feitas pelo professor nas quais os alunos **responderam** com certa facilidade por exemplo para o problema por que algumas casas durante algumas estações do ano tem maior temperatura do que as outras.
- 2) Ao fim da aula volta se ao vídeo inicial e lhe é questionado o por que a água fervendo se congela tão rapidamente na sibéria quando a mesma é jogada para cima com base nos conceitos vistos em sala os alunos **responderam** oralmente que a água congelava rapidamente porque a diferença de temperatura era muito grande e por que a massa de água se fragmentava fazendo com que fosse mais fácil para a água perder energia e congelar.

A responsividade dos alunos para as questões propostas, após algumas aulas começou ficar mais elevada, assim como a assertividade das mesmas.

Na figura 4.2 temos o relato dos alunos, respondendo ao questionário apresentado acima, temos uma nuvem de palavras relativamente pequena, dado que os textos dos alunos foram pequenos, mas a quantidade de informação e significado das palavras torna-se vital para a busca de evidências de aprendizagem. As palavras em destaque na nuvem foram basicamente: Conseguir, Lembrar, Aprender, sentir e falar.

Conseguir:

- 1) Eu **consegui** superar esse medo e me tornar mais confiante na prática das habilidades da comunicação o projeto definitivamente me ajudou a desenvolver habilidades importantes como a colaboração a comunicação a resolução de problemas
- 2) Foi bom **consegui** aprender muitas coisas boas. Me senti bem pois as aulas eram práticas sobre calor e temperatura, foi bom pois **consequimos** escutar outras opiniões e expressar a minha de falar em meio de público e com as aulas me senti mais seguro me ajudou pois conteúdos que eu tinha esquecido consegui lembrar

Lembrar:

- 1) Os conceitos que eu me **lembro** das aulas foram energia térmica e melhor condutor.
- 2) Os conceitos tipo assim eu **lembro** do que nós fizemos todas as coisas tipo esquentava a água fervia ebulição da água ponto de ebulição ponto que ela congela outras coisas lembro das experiências mas eu tipo eu não consigo lembrar o nome do conceito.

Aprender:

- 1) **Aprendi** a lidar com diferentes personalidades e encontrar formas de trabalhar juntos de forma eficaz.
- 2) Eu gostava de **aprender** coisas novas e discutir os assuntos com os meus colegas, os conceitos que eu me lembro das aulas foi energia térmica e melhor condutor trabalhar.

Sentir:

- 1) Foi super bem, eu frequentava todas as aulas, eu me **sentia** ótima, eu gostei mais da apresentação no final do das aulas porque mostrou o que a gente tinha aprendido.
- 2) Foi bem legal frequentar as aulas no final sempre tinha comida, me **senti** bem digamos que em casa porque a gente conseguiu dividir nossas opiniões e tirar nossas dúvidas.

Falar:

- 1) A dinâmica em grupo traz mais conhecimento entendeu assim porque um **fala** uma coisa outro **fala** outra traz um opiniões diferentes ali no

acabam se juntando e formando uma uma melhora dando uma melhora pra gente entender o conteúdo.

- 2) O meu medo era **falar** em público e sim isso foi resolvido com o movimento dentro das aulas e como eu **falo** e com a ajuda dos experimentos ali com a socialização entre os colegas.

Podemos categorizar os relatos até então citados, em: Evidências de aprendizagem, Melhorias na comunicação, Autonomia investigativa e engajamento. Para apresentar as categorias e alguns trechos a mais extraídos dos relatos dos alunos para aprofundar um pouco mais a contextualização das palavras nas nuvens.

Quadro 13 - Categorias criadas a partir da análise de conteúdo.

Categoria	Trechos extraídos dos relatos
Evidências de aprendizagem conceitual	1) Os conceitos que eu me lembro das aulas foram energia térmica e melhor condutor. 2) Aprendi sobre calor e temperatura.
Melhoria na comunicação	1) O meu medo era falar em público e sim isso foi resolvido com o movimento dentro das aulas e com a ajuda dos experimentos. 2) Trabalhar em grupo ajudou muito no desenvolvimento.
Autonomia	1) Eu gostava de aprender coisas novas e discutir os assuntos com os meus colegas. 2) Eu consegui superar esse medo e me tornar mais confiante na prática das habilidades da comunicação.
Engajamento	1) Foi bem legal frequentar as aulas, no final sempre tinha comida. 2) Me senti bem, digamos que em casa, porque a gente conseguiu dividir nossas opiniões e tirar nossas dúvidas.
Dificuldades iniciais	1) Aprendi a lidar com diferentes personalidades e encontrar formas de trabalhar juntos de forma eficaz. 2) No começo, eu tinha medo de responder, mas depois fui me soltando.

Fonte: O autor

Com base no critério de categorização sintático empregado, analisando os verbos e adjetivos tanto dos relatos do professor quanto dos relatos dos alunos, visando compreender a estrutura dos textos o **tratamento dos resultados e interpretação** busca apontar os efeitos e consequências de uma Sequência de

Ensino por investigação (SEI), aplicada em uma turma multisseriada em um colégio do campo da rede estadual de ensino.

Os critérios a serem avaliados no ensino por investigação, segundo a autora Anna Maria Pessoa de Carvalho, já citados no texto acima, mostram que, para esse método, os estudantes devem aprender mais do que somente os conteúdos programáticos aspecto que se encaixa perfeitamente com as ideias expressas na BNCC, assunto discutido no tópico introdutório do presente trabalho.

Nos textos analisados percebe-se inicialmente a insistência de um comportamento nos estudantes, o receio de falar em público e expressar suas dúvidas e opiniões, comportamento esse exposto pelo verbo falar, quando analisamos os relatos dos alunos, fazendo assim parte de uma categoria em nossos textos, as dificuldades iniciais. Essa categoria mostra que os alunos enfrentaram sim dificuldades, como já mencionadas e conseguiram superá-las, como evidenciado pelos verbos aprender e sentir, onde os estudantes comentam que se sentiam bem no ambiente do laboratório e aprenderam a discutir os assuntos com os colegas.

Outra categoria criada foi o engajamento, onde os alunos deveriam se sentir bem em participar das aulas, onde os verbos sentir e dividir se fazem presentes, como por exemplo no trecho citado acima, onde o aluno diz “Me senti bem, digamos que em casa, porque a gente conseguiu dividir nossas opiniões e tirar nossas dúvidas.” onde de acordo com Vygotsky:

Propomos que um aspecto essencial do aprendizado é o fato de ele criar a zona de desenvolvimento proximal; ou seja, o aprendizado desperta vários processos internos de desenvolvimento, que são capazes de operar somente quando a criança interage com pessoas em seu ambiente e quando em operação com seus companheiros. Uma vez internalizados, esses processos tornam-se parte das aquisições do desenvolvimento independente da criança. (Vygotsky, 1991, p. 60–61)

Os estudantes mostram que as relações com outros colegas podem ser difíceis, utilizando o verbo aprender, quando mencionam ter que aprender a lidar com diferentes personalidades¹⁴. Alguns alunos por sinal, no dia 20/08/2024, como relatado no diário de bordo do professor, estavam fazendo algumas brincadeiras de mau gosto com um colega, sendo advertido no mesmo instante pelo professor.

¹⁴ Esse trecho coloca em discussão uma pauta importante, as salas de aula superlotadas, onde o professor não consegue dar a devida atenção para os alunos, tirando suas dúvidas e mediando conflitos entre os próprios estudantes, fazendo com que na maioria das vezes se submeta a palestrar em suas aulas somente.

Essas brincadeiras são uma via de mão dupla entre aqueles alunos, algo já presenciado por outros colegas professores também, contudo, essa é uma consequência de unir diferentes personalidades em um mesmo local, às vezes pequenas desavenças acontecem, algo natural do ser humano.

Um personagem também afetado pela experiência da aplicação de uma Sequência de Ensino por Investigação foi o próprio professor, que em vários registros, afirma estar com se monitorando para não dar simplesmente as respostas prontas para os alunos, e sim encorajar/ motivar os mesmos a procurarem as respostas por meio dos experimentos propostos¹⁵, um reflexo do próprio método de ensino que o professor espelha de seus professores de quando ainda estava na mesma fase que seus alunos.

¹⁵ Algo negativo em passar por tantas etapas nos cursos de graduação e testes rigorosos durante a vida, é refletido quando trabalha-se com crianças e adolescentes, pois estamos distantes temporalmente falando que esquecemos que um dia tivemos dúvidas tão simples quanto as deles.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação da Sequência de Ensino por Investigação (SEI) sobre calor e seus processos de transferência em uma escola do campo demonstrou-se uma abordagem eficaz para promover evidências de aprendizagem e a construção do conhecimento científico entre os alunos. Ao longo das oito aulas realizadas, foi possível observar a evolução dos estudantes em aspectos conceituais, procedimentais e atitudinais, alinhando-se aos objetivos propostos inicialmente.

Os resultados evidenciaram que, embora os alunos apresentassem conceitos iniciais baseados no senso comum, como a confusão entre calor e temperatura, a metodologia investigativa permitiu que eles refinassem suas compreensões e desenvolvessem uma linguagem que evidencia aprendizagem científica. A autonomia dos alunos em laboratório, a capacidade de levantar hipóteses e testá-las, e a melhoria na comunicação de suas descobertas foram marcos significativos do processo. Além disso, a interação entre os estudantes, especialmente a colaboração entre aqueles com diferentes níveis de conhecimento, reforçou a importância da Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) de Vygotsky, onde o aprendizado ocorre por meio da socialização e da troca de experiências.

Um exemplo desse processo pôde ser observado na aula sobre calor específico e calor latente, em que foi proposto o problema: *por que a água fervente congela tão rapidamente quando é jogada para cima na Sibéria, a uma temperatura de -67°C* ? Os alunos conseguiram relacionar o fenômeno à massa de água espalhada, compreendendo que, ao se dispersar em pequenas gotas, a quantidade de energia necessária para congelar a água se torna menor, fazendo com que o processo ocorra de forma muito mais rápida. Esse episódio evidenciou a capacidade dos estudantes de aplicar os conceitos aprendidos para explicar fenômenos reais, demonstrando o desenvolvimento do raciocínio científico e da curiosidade investigativa.

Os desafios enfrentados, como a timidez inicial dos alunos e a necessidade de adaptação do professor para não fornecer respostas prontas, foram superados gradualmente, destacando a importância de um ambiente acolhedor e estimulante. Sobre isso, o *feedback* dos alunos sobre as aulas serem “divertidas e inspiradoras”, “práticas” e que os fizeram “sentir em casa” e “engajados e motivados” sublinha o

sucesso da SEI em criar um ambiente propício para a aprendizagem. As atividades práticas, associadas a problemas cotidianos, facilitaram a conexão entre o conteúdo científico e a realidade dos alunos, tornando o aprendizado mais relevante e contextualizado.

Em síntese, este trabalho reforça o potencial das SEI para o ensino de Física, especialmente em contextos rurais, onde os estudantes trazem saberes culturais ricos que podem ser articulados com o conhecimento científico. A abordagem investigativa não apenas promoveu a alfabetização científica, mas também incentivou o desenvolvimento de habilidades essenciais, como o pensamento crítico, a colaboração, a comunicação e a resolução de problemas. Futuras pesquisas poderão explorar a aplicação dessa metodologia em outros temas e contextos, ampliando seu impacto no ensino de ciências. Por fim, este estudo contribui para a reflexão sobre práticas pedagógicas inovadoras que valorizam a curiosidade e a participação ativa dos alunos, elementos fundamentais para uma educação transformadora.

No entanto, é importante reconhecer as limitações deste estudo. Por ser um estudo de caso com uma amostra relativamente pequena (oito alunos) e aplicado em um contexto específico de uma escola rural, os resultados obtidos são particulares a este grupo e ambiente. A recriação exata dos mesmos resultados em outros contextos pode ser mais desafiadora, exigindo adaptações por parte do professor aplicador.

Para futuros trabalhos, sugere-se a aplicação da SEI em amostras maiores e em diferentes realidades educacionais (urbanas, de diferentes níveis de ensino, por exemplo) para verificar a generalização dos resultados. Além disso, aprofundar a investigação sobre os métodos de superação da timidez e insegurança inicial dos alunos pode oferecer subsídios valiosos para o desenvolvimento de estratégias pedagógicas ainda mais eficazes no ensino por investigação. A exploração do papel da cultura local e do senso comum na construção do conhecimento científico dos alunos, a partir de suas realidades, também se mostra um caminho promissor para futuras investigações.

Com esse trabalho, espero ter contribuído para o desenvolvimento de um ensino de Física em que os alunos aprendam a investigar e a comunicar suas descobertas, além de apresentar aos leitores deste trabalho alguns experimentos

simples de serem confeccionados, como, por exemplo, o experimento da aula sobre a Lei de Fourier, abrindo assim uma infinidade de possibilidades para aulas com diversos métodos de ensino. Outra contribuição seria a formulação de problemas dentro da perspectiva da SEI, contextualizados com a realidade dos alunos e relacionados ao conteúdo de calorimetria, pois se trata de um tema relevante para o cotidiano deles.

Logo, este trabalho mostra que, por mais simples que sejam os experimentos, se aplicados com um método de ensino adequado e, principalmente, com tempo para a discussão dos fenômenos, é possível ministrar aulas de Física para além do clássico quadro e giz, mantendo a matemática, mas permitindo que o aluno a descobrir durante a atividade. Essa, no entanto, não é uma tarefa fácil, pois o professor deve se automonitorar para que o impulso de oferecer respostas prontas não prevaleça.

Retomando o trecho final do parágrafo anterior, o cuidado para não dar as respostas prontas aos alunos foi um dos principais desafios a serem superados durante a aplicação. Quando o professor foi condicionado a agir assim desde sua época de estudante, a batalha interna é grande. A aceitação das respostas dos alunos é de extrema importância, pois as respostas erradas também servem para impulsionar o aprendizado. Portanto, o professor precisa compreender que o processo de aprendizagem é um caminho árduo, porém muito prazeroso.

REFERÊNCIAS

BACHELARD, G. ***A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento***. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996. v. 5.

BAPTISTA, M. *Concepção e implementação de atividades de investigação: um estudo com professores de física e química do ensino básico*. 2010. 561 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade de Lisboa, Instituto de Educação, Lisboa, 2010. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10451/1854>. Acesso em: 8 ago. 2025.

BARDIN, L. ***Análise de conteúdo***. Tradução de Luís Antero Reto; Augusto Pinheiro. São Paulo: Edições 70 / Almedina Brasil, 2011.

BARROS, G. M. *A astronomia e a evolução estelar: uma proposta didática para o ensino de cor e temperatura das estrelas*. 201 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

BONGIOVANNI, Vincenzo. O teorema de Tales: uma ligação entre o geométrico e o numérico. ***Revemat: Revista Eletrônica de Educação Matemática***, Florianópolis, v. 2, p. 67-82, 2007.

BITTENCOURT, Rogério dos Santos. Uma experiência desequilibradora para a construção do conceito de equilíbrio térmico. 2022. 109 f. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2022.

BRAGA, M. C. F. T.; CARVALHO, R. S. Ensinando termodinâmica através de uma sequência de ensino investigativa. ***Experiências em Ensino de Ciências***, Porto Alegre, v. 16, n. 2, p. 53-73, 2021.

BRASIL. *Base Nacional Comum Curricular: Ensino Médio*. Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/bncc>. Acesso em: 12 jan. 2025.

BRESSAN, F. O método do estudo de caso. ***Revista Administração On-line – FECAP***, São Paulo, v. 1, n. 1, 2023. Disponível em: http://www.fecap.br/adm_online/art11/flavio.htm. Acesso em: 12 fev. 2025.

CARVALHO, A. M. P. de. Ensino por investigação: as pesquisas que desenvolvemos no LaPEF. ***Experiências em Ensino de Ciências***, Cuiabá, v. 16, n. 3, p. 1-19, 2021.

CARVALHO, A. M. P. de. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. ***Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências***, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 765–794, 2018.

CARVALHO, A. M. P. de. ***O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas***. São Paulo: Cengage Learning, 2022.

CARVALHO, A. M. P. de (Org.). ***Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula***. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

FÁVARO, V. H. A.; PORTELA, C.; COLAÇO, L. M. S.; FRANÇA, D. N.; BARBOSA, M. H. V.; BECKERLE, B. S. Uma sequência de ensino investigativa sobre termodinâmica: uma abordagem através do PIBID. **Ciência é Minha Praia**, Paranaguá, v. 8, n. 1, p. 3-13, 2020. Disponível em: <https://revistas.ifpr.edu.br/index.php/cemp/article/view/509>. Acesso em: 5 dez. 2025.

Fernandes, D. (2021). Rubricas de Avaliação. Folha de apoio à formação - Projeto de Monitorização, Acompanhamento e Investigação em Avaliação Pedagógica (MAIA). Ministério da Educação/Direção-Geral da Educação.

GOMES, M. K. de L. A energia solar no ensino investigativo... 2024. 195 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – IFG, Campus Jataí, 2024. Disponível em: <http://repositorio.ifg.edu.br:8080/handle/prefix/2163>. Acesso em: 5 dez. 2025.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos da física – oscilações, ondas e termodinâmica**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 2.

KUNZLER, G. *Ensino de termodinâmica: revisão da literatura e proposição de sequência didática para os anos finais do ensino fundamental*. 2025. 47 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2025.

MELO, Armando Sérgio Emerenciano de; MAIA FILHO, Osterne Nonato; CHAVES, Hamilton Viana. Lewin e a pesquisa-ação: gênese, aplicação e finalidade. **Fractal: Revista de Psicologia**, v. 28, n. 1, p. 153-159, jan./abr. 2016. DOI: 10.1590/1984-0292/1162.

MORAES, D. V. S. *Uma sequência didática investigativa sobre os mecanismos termorreguladores e adaptações a ambientes extremos*. 2022. 86 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2022.

MOREIRA, M. A. **Teorias da aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: EPU, 1999.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica: fluidos, oscilações e ondas**, calor. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2002. v. 2.

PEREIRA, K. de F. X.; OLIVEIRA, P. J. P. de. Dissolução de NaOH em água: experimentação como proposta de abordagem interdisciplinar para Física e Química no Ensino Médio utilizando ensino por investigação. **A Física na Escola**, São Paulo, v. 23, n. 1, p. e230106, 2025.

PIAGET, J. *A psicologia da inteligência*. Petrópolis: Vozes Ltda., 2013.

PIERES, A. Lei de resfriamento de Newton. Porto Alegre: UFRGS, 2011. Material didático. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20011/Adriano/principal.html>. Acesso em: 3 jan. 2025.

PIRES, D. P. L.; AFONSO, J. C.; CHAVES, F. A. B. Do termoscópio ao termômetro digital: quatro séculos de termometria. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 6, p.

1393-1400, 2006. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/qn/a/jRxkCYG7MRtXyzWTyRkcbKj>. Acesso em: 3 jan. 2025.

RAMALHO, R. N. *Do calórico à teoria atual do calor: uma abordagem HFC na Escola Cidadã Integral*. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Universidade Federal de Campina Grande, Cajazeiras, 2021.

SALES, J. P. A. *Um caminho interdisciplinar para o estudo de tópicos da física térmica*. 2020. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2020.

SARAIVA, K. F. M. *A relevância dos experimentos e simuladores no ensino de física: uma abordagem prática para o ensino de calorimetria e termometria*. 2024. 91 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2024.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 49–67, nov. 2015.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. de. **O ensino de ciências para a alfabetização científica: analisando o processo por meio das argumentações em sala de aula**. In: *Simpósio Internacional sobre Análise do Discurso*, 2008.

SILVA, F. D. da. *A análise gráfica como instrumento para o ensino de calorimetria no ensino médio*. 2020. 44 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.

VÁLIO, A. B. M.; FUKUI, A.; FERDINIAN, B.; MOLINA, M. de M. V. V.; NANI, A. P. S. **Ser protagonista – física**. 3. ed. São Paulo: Edições SM Ltda., 2016. v. 2.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 4. ed. São Paulo: Livraria Martins Fontes Editora Ltda., 1991.

APÊNDICE A - DIÁRIO DE BORDO DO PROFESSOR

Diário de bordo do professor.

Aplicação da aula 1

Dia: 29/07/2024

1) Quais as atitudes de seus alunos durante a aula. Aspectos que chamaram a sua atenção em seu comportamento.

Os alunos demonstraram-se apreensivos com as aulas do projeto questionando o professor sobre como seria o funcionamento das aulas e o seu sistema de avaliação.

Por mais que estivessem com certo medo, estavam animados com a ideia das aulas.

2) Os alunos estão colaborando uns com os outros para resolução dos problemas?

Inicialmente a turma está dividida, formando grupos com seus colegas de sala, além do receio de interagir com os demais colegas. “Nosso problema é falar na frente dos outros! Professor”, aluna nº 8.

3) Como foi o aproveitamento da aula pelos alunos?

Os alunos demonstraram interesse pela proposta, seguindo todos os comandos, por mais que estivessem tímidos. Os alunos leram os documentos e assistiram o vídeo proposto fazendo discussões superficiais sobre os assuntos.

4) Com relação ao humor dos alunos, como estavam?

O clima na sala era de timidez por estarem reunidos pela primeira vez.

5) Aspectos do conteúdo que pareceram mais interessantes aos alunos.

Pareceram interessados no conceito de transmissão de calor, Levantando questões e discutiram os exemplos.

6) Principais dificuldades enfrentadas pelos alunos.

Manter a atenção nas questões propostas.

7) Quais dificuldades o professor encontrou durante a aula?

A televisão deu problema de última hora, foi uma correria e isso tirou o tempo da aula.

8) Como está a relação entre o professor e os alunos?

Está tranquilo, é uma relação amistosa.

9) Houve algum evento inesperado que impactou a dinâmica da aula?

A televisão deu problema no começo da aula, eu mandei o link do vídeo para que os alunos assistissem aos vídeos no celular.

10) Houve alguma questão ou dúvida recorrente entre os alunos que demandou atenção extra?

Por hora não.

Aplicação dos planos de aula 2

Dia: 06/08/2024

1) Quais as atitudes de seus alunos durante a aula. Aspectos que chamaram a sua atenção em seu comportamento.

Os alunos pareciam à vontade com a sala e um com os outros, o clima era amistoso e colaborativo, alguns alunos ainda hesitam em levantar suas hipóteses por conta própria e é necessário. A motivação do professor para que eles participem ativamente.

2) Os alunos estão colaborando uns com os outros para resolução dos problemas?

Sim, os alunos mais velhos acabaram explicando alguns elementos para os alunos mais novos, por exemplo um dos alunos que estava com dúvida com o funcionamento do Arduino® e um dos alunos da terceira série deu uma breve explicação sobre o funcionamento da placa.

3) Os alunos estão colaborando uns com os outros para resolução dos problemas?

Foram duas aulas seguidas com uma atividade experimental cada e alguns alunos, falaram “professor não cabe mais nada na minha cabeça” por um breve momento eles divagam na hora dos experimentos, mas logo recuperaram o foco quando o professor chamou a atenção.

4) Com relação ao humor dos alunos, como estavam?

Inicialmente estavam bem humorados, mas no fim da aula pareciam cansados.

5) Aspectos do conteúdo que pareceram mais interessantes aos alunos.

Para a primeira aula calor da temperatura percebi uma atenção especial nas diferenças entre calor e temperatura na segunda aula calor específico e calor latente na invariância da temperatura na transição de fase

6) Principais dificuldades enfrentadas pelos alunos.

Na comunicação dos resultados na discussão dos fenômenos, eles têm vergonha na escolha de palavras cientificamente corretas

7) Quais dificuldades o professor encontrou durante a aula?

Na organização da sala de aula os alunos demoraram mais que o previsto, atenção em vários alunos ao mesmo tempo na organização dos experimentos, E não entregar a resposta, estou me policiando muito com relação a isso.

8) Como está a relação entre o professor e os alunos?

Os alunos estão bem à vontade e contam alguns problemas pessoais para o professor, o professor faz algumas brincadeiras e consegue se dar bem com os alunos

9) Houve algum evento inesperado que impactou a dinâmica da aula?

O aplicativo do Arduino® IDE parou de repente. Então o professor fez a coleta de dados pelo seu computador pessoal que contém o aplicativo baixado.

10) Houve alguma questão ou dúvida recorrente entre os alunos que demandou atenção extra?

Algo que ficou meio confuso foi a questão da conversão da energia elétrica para térmica sobre a diferença entre calor específico e calor latente.

Aplicação da aula 4

Dia: 13/08/2024

1) Quais as atitudes de seus alunos durante a aula. Aspectos que chamaram a sua atenção em seu comportamento.

Os alunos estavam me esperando já dentro do laboratório quando cheguei ao colégio. Logo quando entrei no laboratório estavam curiosos para saber qual seria a prática do dia

2) Os alunos estão colaborando uns com os outros para resolução dos problemas?

Eles estavam conversando mais no laboratório o que parecia fazer eles ficarem à vontade quando eles encontraram dificuldades buscaram em seus colegas uma dica ou solução rápida

3) Os alunos estão colaborando uns com os outros para resolução dos problemas?

Tiveram várias discussões sobre o calorímetro e foi necessário o auxílio do professor para a realização dos cálculos da quantidade de calor específico.

4) Com relação ao humor dos alunos, como estavam?

Os alunos começaram a aula bem humorados e terminaram com aspecto de cansados.

5) Aspectos do conteúdo que pareceram mais interessantes aos alunos.

Como era conservada a temperatura dos alimentos antes das geladeiras elétricas.

6) Principais dificuldades enfrentadas pelos alunos.

Concentrar-se na coleta de dados na realização dos cálculos

7) Quais dificuldades o professor encontrou durante a aula?

Auxiliar os alunos sem dar resposta pronta

8) Como está a relação entre o professor e os alunos?

Boa os alunos têm até certa liberdade para brincar com o professor

9) Houve algum evento inesperado que impactou a dinâmica da aula?

Comentário de uma aluna: “professor é normal o avô da gente enterrar a comida na serragem ou no chão?” rendeu uma bela discussão.

10) Houve alguma questão ou dúvida recorrente entre os alunos que demandou atenção extra?

Nas unidades de medida uma aluna não colocou e acabou se perdendo na hora de realizar os cálculos.

Aplicação da aula 5

Dia: 20/08/2024

1) Quais as atitudes de seus alunos durante a aula. Aspectos que chamaram a sua atenção em seu comportamento.

O clima era amistoso, porém. Alguns dos alunos estavam fazendo brincadeiras de mau gosto com o aluno menor, os mesmos foram advertidos disso. O aluno a realizar experimento deduziu a necessidade do tempo na coleta de dados sem auxílio dos professores.

2) Os alunos estão colaborando uns com os outros para resolução dos problemas?

Os alunos quando liberados para fazer o experimento por conta própria fizeram-no solucionando as dificuldades em grupo.

3) Os alunos estão colaborando uns com os outros para resolução dos problemas?

Foi mediano tiveram algumas discussões sobre o conceito de condutividade térmica. Porém a aula parecia estar meio sem ânimo.

4) Com relação ao humor dos alunos, como estavam?

Na possibilidade de medir o atraso do calor vendo as diferenças entre os gráficos da temperatura pelo tempo, coletados nos experimentos.

5) Aspectos do conteúdo que pareceram mais interessantes aos alunos.

Na aplicação do conteúdo em suas casas como relacionamos a temperatura dentro das casas com portas de vidro e com portas de alumínio ou zinco

6) Principais dificuldades enfrentadas pelos alunos.

Fazer a leitura com Arduino® acho que seria interessante usar os termômetros digitais ou analógicos.

7) Quais dificuldades o professor encontrou durante a aula?

Ainda continuo me policiando para não dar respostas prontas para os alunos é algo muito dificultoso.

8) Como está a relação entre o professor e os alunos?

Considero agradável, não tenho conflitos e é um ambiente onde ambos se respeitam.

9) Houve algum evento inesperado que impactou a dinâmica da aula?

Os alunos fizeram a montagem dos experimentos sozinhos coletando os dados quase por nenhuma interferência do professor

10) Houve alguma questão ou dúvida recorrente entre os alunos que demandou atenção extra?

Aberto por hora.

Aplicação dos planos de aula 6 e 7

Dia: 27/08/2024

1) Quais as atitudes de seus alunos durante a aula. Aspectos que chamaram a sua atenção em seu comportamento.

Eles demonstraram um bom engajamento com as experiências. Porém na primeira experiência aula número 6, o professor teve que ajudar a calcular a área de contato entre o ar e os diferentes frascos

2) Os alunos estão colaborando uns com os outros para resolução dos problemas?

Nas últimas aulas tenho notado que os alunos têm conversado mais durante as aulas sobre o que está acontecendo com esse experimento, porém eles divagam muitas vezes

3) Os alunos estão colaborando uns com os outros para resolução dos problemas?

As duas aulas foram bem proveitosas. E os alunos conseguiram ter bons resultados com os experimentos propostos.

4) Com relação ao humor dos alunos, como estavam?

Eles estavam agitados e com muita energia na primeira aula. Porém quando voltamos para a sala após o intervalo pareciam cansados.

5) Aspectos do conteúdo que pareceram mais interessantes aos alunos.

Eles se empolgaram com experimento da lupa e as folhas de diferentes cores alegando sempre ter curiosidade em realizar esse experimento

6) Principais dificuldades enfrentadas pelos alunos.

A princípio eram os cálculos, porém notei que eles ainda têm receio em começar a fazer experimento sem uma ordem direta do professor

7) Quais dificuldades o professor encontrou durante a aula?

É não dar resposta pronta e fomentar as discussões guiando-nos para a resposta.

8) Como está a relação entre o professor e os alunos?

Considera uma relação amigável quando os alunos se respeitam e têm colaboração mútua.

9) Houve algum evento inesperado que impactou a dinâmica da aula?

Dessa vez ocorreu tudo bem. Uma coisa que eu fiz foi fazer eles medirem as temperaturas com o termômetro de álcool para acabar com a dependência da *internet* nessa aula em específico.

10) Houve alguma questão ou dúvida recorrente entre os alunos que demandou atenção extra?

O conceito de calor precisou ser lembrado para os estudantes.

Aplicação da aula 8

Dia: 03/09/2024

1) Quais as atitudes de seus alunos durante a aula. Aspectos que chamaram a sua atenção em seu comportamento.

Os alunos estavam ansiosos por conta da apresentação dos seus trabalho, queriam saber quem seria o primeiro grupo a apresentar e se o professor iria realizar muitas perguntas para eles

2) Os alunos estão colaborando uns com os outros para resolução dos problemas?

Sim, a apresentação foi de maneira colaborativa, e quando o professor fazia uma questão eles cooperavam e buscavam apoio uns aos outros, além de que os que estavam assistindo, ficaram em silêncio durante a apresentação dos demais.

3) Como foi o aproveitamento da aula pelos alunos?

Os alunos tinham certas dúvidas sobre alguns conceitos ainda e sobre como era a melhor forma de fazer uma apresentação daquelas, as dúvidas foram discutidas com o professor e os demais colegas.

4) Com relação ao humor dos alunos, como estavam?

Estavam animados, porém na hora das apresentações ficaram de certa forma tímidos.

5) Aspectos do conteúdo que pareceram mais interessantes aos alunos.

6) Principais dificuldades enfrentadas pelos alunos.

Na organização para a apresentação, por mais que eles se ajudassem, poderiam ter dividido melhor as tarefas.

7) Quais dificuldades o professor encontrou durante a aula?

Não coagir os alunos fazendo perguntas no meio das suas apresentações.

8) Como está a relação entre o professor e os alunos?

Os alunos estavam com medo de alguma punição por conta do trabalho final do projeto, o professor comentou sobre como seria a avaliação, e sobre as consequências de não apresentar, o que deixou eles mais tranquilos.

9) Houve algum evento inesperado que impactou a dinâmica da aula?

Nessa ocasião, alguns alunos faltaram, o que deixou a turma sem agitação costumeira

10) Houve alguma questão ou dúvida recorrente entre os alunos que demandou atenção extra?

Não havia indícios.

APÊNDICE B - APRESENTAÇÃO DAS EQUIPES

1º Equipe

Apresentação

FÍSICA



O que é calor?

Calor é a transferência de energia entre corpos devido a diferenças de temperatura, fluindo do corpo mais quente para o mais frio até que ambos atinjam o equilíbrio térmico. É medido em joules (J) ou calorias (cal) e é considerado uma forma de energia em trânsito, distinto da temperatura, que mede o estado térmico de um corpo.

Como ele se transfere de um corpo para outro?

O calor se transfere de três formas principais: por condução, através de sólidos sem movimento do material; por convecção, através do movimento de fluidos; e por radiação, através de ondas eletromagnéticas, como a luz infravermelha.

Por que algumas casas durante algumas estações do ano tem maior temperatura do que as outras?

Pela diferença entre os materiais em que são feitos. Materiais com alta capacidade térmica, como concreto, armazenam e liberam calor lentamente, mantendo a temperatura interna mais estável e quente no inverno, e fresca à noite no verão. Materiais com baixa capacidade térmica, como madeira, não retêm calor por muito tempo, resultando em variações mais rápidas e acentuadas na temperatura interna.



Como resolver este problema?

Para resolver problemas de temperatura interna, use materiais com alta capacidade térmica, como concreto, para estabilizar a temperatura, e com baixa condutividade térmica, como espuma, para melhorar o isolamento. Adicione isolamento nas paredes e telhados, e aproveite a ventilação natural e sombras para controlar o ganho de calor solar.

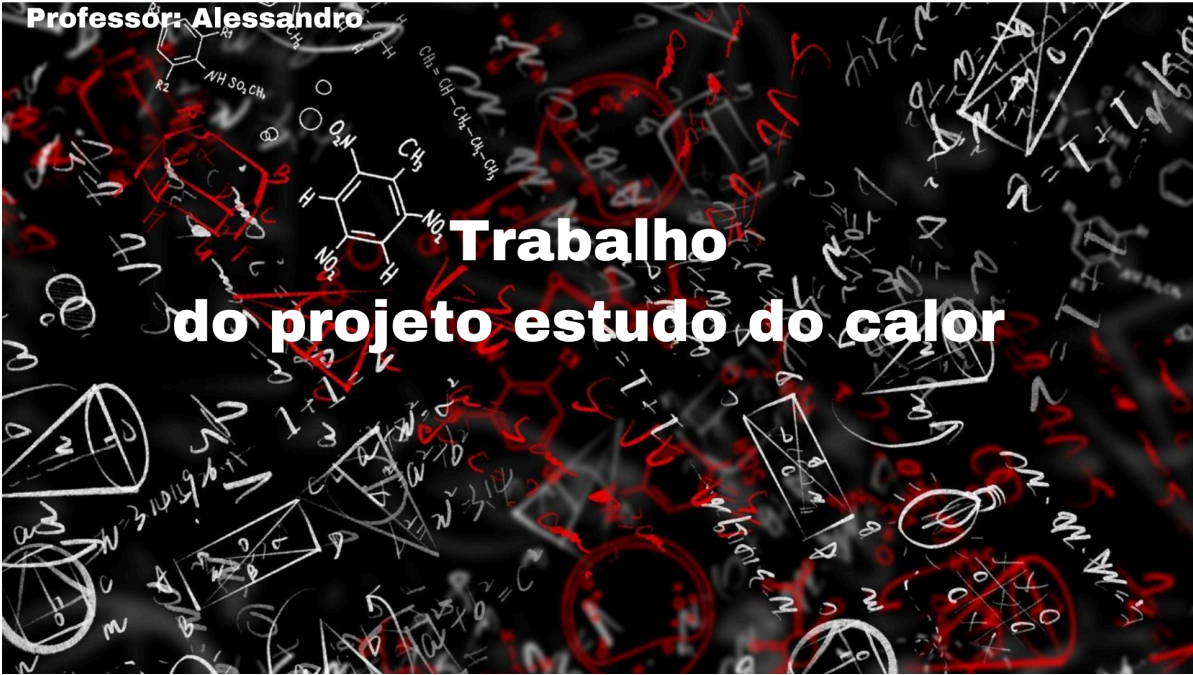


E como deixar a casa com uma temperatura mais agradável durante as estações mais quentes do ano?

Para manter a casa fresca durante as estações quentes, use materiais com baixa condutividade térmica para isolar contra o calor externo. Instale toldos ou persianas para reduzir o ganho de calor solar e mantenha as janelas abertas durante a noite e as manhãs frescas para permitir a entrada de ar fresco.

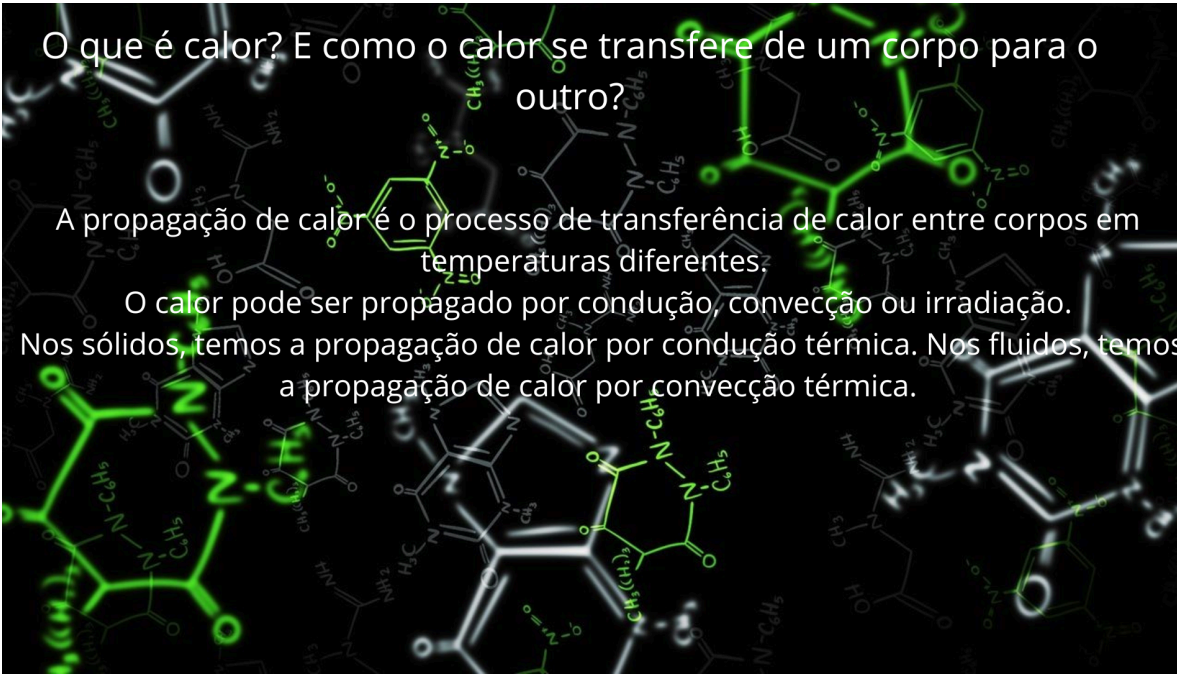


2º Equipe



Professor: Alessandro

Trabalho do projeto estudo do calor



O que é calor? E como o calor se transfere de um corpo para o outro?

A propagação de calor é o processo de transferência de calor entre corpos em temperaturas diferentes.

O calor pode ser propagado por condução, convecção ou irradiação.

Nos sólidos, temos a propagação de calor por condução térmica. Nos fluidos, temos a propagação de calor por convecção térmica.

Por que algumas casas têm maior temperatura em certas estações?

A temperatura interna de uma casa pode variar devido a vários fatores, incluindo:

1. Isolamento: Casas mal isoladas permitem que o calor entre mais facilmente durante o verão e se perca no inverno.
2. Exposição Solar: A orientação da casa em relação ao sol afeta a quantidade de luz solar que entra. Janelas voltadas para o sul, por exemplo, recebem mais luz.
3. Materiais de Construção: Materiais como concreto e tijolo podem reter calor, aquecendo os ambientes internos.
4. Ventilação: Casas com pouca ventilação podem ficar quentes e abafadas, especialmente em climas quentes.

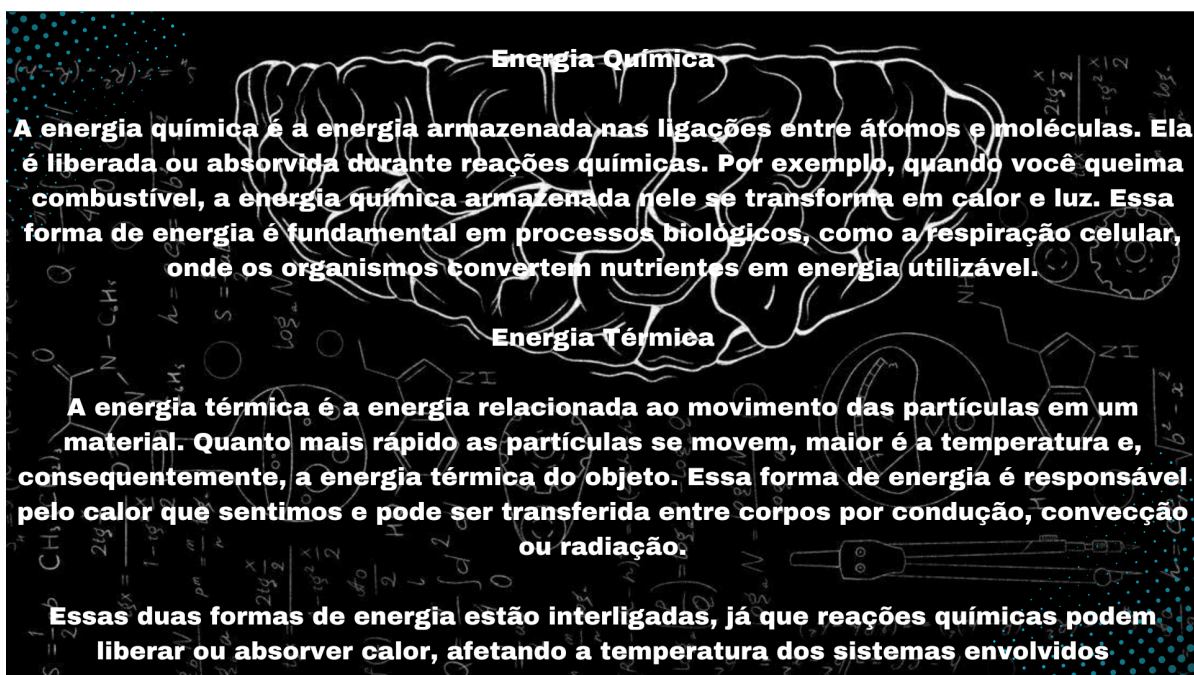
Como resolver esse problema?

Para resolver questões de temperatura em casa, você pode considerar:

1. **Melhorar o Isolamento:** Instalar isolamento nas paredes, telhados e janelas para evitar a troca excessiva de calor.
2. **Sombreamento:** Utilizar cortinas, persianas ou toldos para bloquear a luz solar direta durante os dias mais quentes.
3. **Ventilação Cruzada:** Criar correntes de ar abrindo janelas opostas para permitir a circulação do ar fresco. Como deixar a casa mais agradável durante as estações quentes?

Aqui estão algumas dicas práticas:

1. **Usar Ventiladores:** Ventiladores de teto ou portáteis ajudam a circular o ar e criam uma sensação de frescor.
2. **Plantas Internas:** Colocar plantas ajuda a melhorar a qualidade do ar e pode proporcionar um efeito refrescante.
3. **Evitar Eletrodomésticos Quentes:** Minimizar o uso de forno e fogão durante as horas mais quentes do dia pode ajudar a manter a casa mais fresca.
4. **Tons Claros nas Paredes:** Pintar as paredes com cores claras reflete melhor a luz solar, ajudando a manter os ambientes mais frescos.



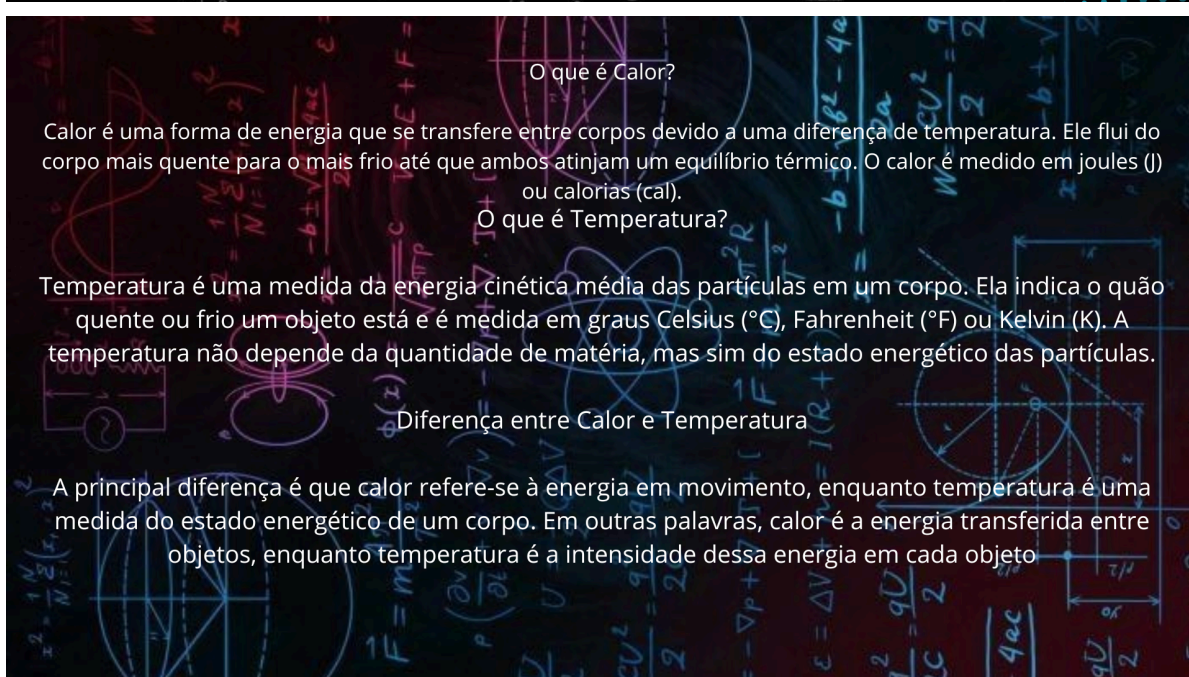
Energia Química

A energia química é a energia armazenada nas ligações entre átomos e moléculas. Ela é liberada ou absorvida durante reações químicas. Por exemplo, quando você queima combustível, a energia química armazenada nele se transforma em calor e luz. Essa forma de energia é fundamental em processos biológicos, como a respiração celular, onde os organismos convertem nutrientes em energia utilizável.

Energia Térmica

A energia térmica é a energia relacionada ao movimento das partículas em um material. Quanto mais rápido as partículas se movem, maior é a temperatura e, consequentemente, a energia térmica do objeto. Essa forma de energia é responsável pelo calor que sentimos e pode ser transferida entre corpos por condução, convecção ou radiação.

Essas duas formas de energia estão interligadas, já que reações químicas podem liberar ou absorver calor, afetando a temperatura dos sistemas envolvidos.



O que é Calor?

Calor é uma forma de energia que se transfere entre corpos devido a uma diferença de temperatura. Ele flui do corpo mais quente para o mais frio até que ambos atinjam um equilíbrio térmico. O calor é medido em joules (J) ou calorias (cal).

O que é Temperatura?

Temperatura é uma medida da energia cinética média das partículas em um corpo. Ela indica o quão quente ou frio um objeto está e é medida em graus Celsius (°C), Fahrenheit (°F) ou Kelvin (K). A temperatura não depende da quantidade de matéria, mas sim do estado energético das partículas.

Diferença entre Calor e Temperatura

A principal diferença é que calor refere-se à energia em movimento, enquanto temperatura é uma medida do estado energético de um corpo. Em outras palavras, calor é a energia transferida entre objetos, enquanto temperatura é a intensidade dessa energia em cada objeto.

O que é irradiação térmica ?

Irradiação térmica é o processo pelo qual um corpo emite energia na forma de radiação eletromagnética devido à sua temperatura. Todos os corpos emitem algum tipo de radiação térmica, e a quantidade e o tipo de radiação dependem da temperatura do corpo.

Principais pontos sobre irradiação térmica:

- Radiação Infravermelha: A maior parte da energia emitida por objetos aquecidos é na forma de radiação infravermelha, que não é visível ao olho humano, mas pode ser sentida como calor.
- Transferência de Calor: A irradiação térmica é uma das três formas de transferência de calor, ao lado da condução e convecção. Ela não requer um meio material para ocorrer, podendo se propagar no vácuo.
- Aplicações: Esse fenômeno é fundamental em diversos contextos, como no aquecimento do planeta pela luz solar, em fornos que utilizam radiação para cozinhar alimentos e em tecnologias como câmeras térmicas.

A irradiação térmica desempenha um papel crucial na troca de calor entre corpos e ambientes.

APÊNDICE C - PRODUTO EDUCACIONAL



Universidade Estadual de Ponta Grossa
Departamento de Física
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA POLO 35

PRODUTO EDUCACIONAL

Uma Proposta de Ensino Investigativo sobre os Processos de Transferência de
Calor no Ensino Médio

AUTORES: Alessandro Lima Konopacki, André Vitor Chaves de Andrade, Paulo Cesar Facin

Alessandro Lima Konopacki

Ponta Grossa

2025

APRESENTAÇÃO

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: Uma Sequência de Ensino por Investigativo sobre o calor e seus processos de transferência, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 35 – UEPG / PR, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Este Produto Educacional, surgiu de uma necessidade presenciada durante as aulas ministradas no ensino médio, onde, os conceitos iniciais da calorimetria, a base da termodinâmica, são explicados de maneira básica, fazendo com que os alunos decorem o conceito e esqueçam logo após a prova, o objetivo principal é fazer com que os alunos vivenciem os conceitos por meio da investigação científica, formulando hipóteses, as confirmando ou as descartando e comunicando as mesmas com um linguajar científico adequado.

Ao professor que desejar aplicar essas aulas, espero que esse trabalho seja de grande ajuda, contribuindo para novas ideias e para a educação de nossos estudantes. Atente-se que as aulas em uma SEI devem ser ministradas com certo cuidado, pois é de extrema importância que o professor deixe os alunos pensarem por conta própria, e não somente entregue as respostas prontas para os estudantes.

AGRADECIMENTOS

O autor Alessandro Lima Konopacki agradece a todos os professores, amigos e familiares que me incentivaram e apoiaram durante o caminho acadêmico até então percorrido.

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

SUMÁRIO DO PRODUTO EDUCACIONAL

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA.....	1
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	3
2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	4
2.1 O PROBLEMA.....	4
2.2 HIPÓTESES.....	5
2.3 JUSTIFICATIVAS.....	5
3 OBJETIVOS.....	6
GERAL.....	6
ESPECÍFICOS.....	6
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	7
4.1 METODOLOGIA DE ENSINO.....	7
4.2 METODOLOGIA DE TRABALHO.....	10
4.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	12
4.4 FUNDAMENTOS TEÓRICOS EM FÍSICA.....	13
4.4.1 Calor e temperatura.....	13
4.4.2 Calor específico e calor latente.....	17
4.4.3 Calorímetro e equilíbrio térmico.....	22
4.4.4 Lei de fourier - transferência de calor por condução.....	24
4.4.5 Lei do resfriamento de newton - transferência de calor por convecção.....	26
4.4.6 Lei de stefan-boltzmann - transferência por irradiação térmica.....	28
5 CRONOGRAMA DAS AULAS.....	29
5.1 PLANOS DE AULA.....	30
Aula 1:.....	30
Aula 2:.....	36
Aula 3:.....	43
Aula 4:.....	48
Aula 5.....	54
Aula 6:.....	59
Aula 7:.....	64
Aula 8:.....	71
5.2 SLIDES PRODUZIDOS.....	75
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	76
REFERÊNCIAS.....	77

1 INTRODUÇÃO

1.1 APRESENTAÇÃO DO TEMA

O calor como forma de energia e os seus processos de transferência de um corpo para o outro, são estudados a tempos, com teorias como a do calórico¹⁶, sendo datadas do período da Renascença. O assunto aparenta ser simples, se olharmos somente para a definição tirada dos livros: “A transferência espontânea de energia entre os corpos é provocada pela diferença de temperatura, e essa energia em trânsito é denominada calor.”(Edições SM, 2014, p. 11). Porém se o leitor continuar seus estudos sob essa óptica, perderá detalhes como a construção do conceito ao longo do tempo e a aplicabilidade desse conceito em áreas como a engenharia, por exemplo, para manter a temperatura de uma casa constante durante as estações do ano. Quando analisamos historicamente, o calor como uma forma de energia surgiu com Benjamin Thompson em 1798, quando o cientista notou a ausência de troca de substâncias durante o processo de usinagem de canhões (Wikipédia, 2024).

Posteriormente, Joule segue em busca do desenvolvimento de sua teoria sobre o calor, realizando um experimento de fricção com a circulação de água em tubos estreitos, a fim de analisar a produção de calor. Joule acreditava que, onde uma força mecânica fosse gasta, um calor seria obtido da ação. (DA SILVA, 2021).

Em 1843 Joule calculou o equivalente mecânico para o calor, por meio de um experimento que consistia em um recipiente termicamente isolado com certa massa de água em seu interior, contendo pás conectadas a pesos por um sistema de polias, determinando que 1 cal equivale a 4,186 J.

Contemporâneo a Joule, o físico e matemático francês Jean-Baptiste Joseph Fourier (1768-1830), fez muitas contribuições para o entendimento do calor, e suas formas de propagação através de meios materiais. Em 1822 Fourier, apresentou um trabalho baseado na lei de Newton do resfriamento, que consiste na propagação

¹⁶ A Teoria do Calórico atualmente é obsoleta, propondo que na composição dos corpos existiria um fluido invisível e inodoro, chamado calórico, e quanto maior a temperatura do corpo, maior seria a quantidade de calórico que o corpo continha. Baseado em: **Teoria Calórica**. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Calórico>. Acesso em: Dez de 2024.

térmica, ou seja, o fluxo de calor flui de um corpo de maior temperatura para um de menor temperatura, sendo proporcional a essa diferença, assim como é diretamente proporcional a área dos corpos que estão em contato e inversamente proporcional a espessura dos corpos.

Embora Newton não tenha enunciado sua lei desta forma, atualmente essa é a formulação mais usual.

A Lei do resfriamento de Newton expressa que a taxa de perda de calor de um corpo é proporcional à diferença de temperatura entre o corpo e a vizinhança enquanto estiver sob efeito de uma brisa. Com isso, é equivalente à expressão que o coeficiente de transferência de calor, que intermedeia entre a perda de calor e as diferenças de temperatura, é uma constante. (Wikipédia, 2023).

Essa lei foi publicada anonimamente por Newton em 1701, estabelecendo as bases para o estudo da convecção térmica, tendo uma aplicabilidade muito grande, como por exemplo na criminalística, engenharia e na conservação de alimentos.

Voltando para o ano de 1879, o físico austriaco Josef Stefan, analisando dados experimentais sobre a radiação térmica emitida por filamentos aquecidos, observou que a energia irradiada era diretamente proporcional a temperatura do filamento elevada à quarta potência, em 1884, seu aluno Ludwig Boltzmann, utilizando fundamentos da termodinâmica e do eletromagnetismo de Maxwell, forneceu a derivação teórica para essa lei, ficando assim conhecida como a Lei de Stefan-Boltzmann (Wikipédia, 2024).

A cronologia dos conteúdos trabalhados está de acordo com a cronologia histórica de seus descobrimentos. Logo, ao dissertarem sobre o tema e seguirmos essa ordem cronológica, é necessário avançar e retroceder na linha do tempo. Basicamente, o tema das aulas são o estudo da calorimetria, a base para muitos conhecimentos que temos na engenharia atualmente.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

O aluno, quando não está na escola convivendo e interagindo com seus colegas e professores, em sua casa e/ou trabalho, está cercado por conceitos físicos

que vão desde um arco-íris sendo projetado em uma parede com o sol poente até o aquecimento da água do chuveiro pela manhã, quando ele está se arrumando para o colégio. Os processos de transferência de calor estão presentes em questões simples, como: por que o piso de cerâmica é mais frio do que o piso de madeira? Por que a casa é tão quente no verão e tão fria no inverno? A resposta para essas questões é simples, muitas vezes, porém essa simplicidade abre portas para que os conceitos sejam entendidos de forma errônea.

Note que o problema não está na simplicidade, mas em simplificar demais, a ponto de deturpar um conceito físico bem estruturado. Sabendo que a ciência é algo que está em constante construção, com seu conhecimento gerado passando por rigorosos testes, é preciso que o aluno venha a “sentir na pele” o processo de descoberta de um fenômeno, então a proposição de uma Sequência de Ensino Investigativa parece adequada para que o aluno construa sua resposta para as questões propostas acima com apropriado rigor científico.

A aplicação será realizada em um colégio do campo, onde a cultura e o estilo de vida dos alunos são significativamente diferentes dos padrões que notamos nos alunos do perímetro urbano. Por mais que a cultura do agro venha se difundindo amplamente pelas mídias sociais, a diferença é notável. Neste contexto, é essencial adaptar a abordagem de ensino para atender à diversidade de aprendizagem dos alunos. Isso inclui reconhecer e valorizar os diferentes estilos de aprendizagem presentes na sala de aula, bem como considerar as experiências de vida únicas dos alunos, que podem influenciar sua compreensão e engajamento com o tema. Além disso, estratégias pedagógicas que promovam a participação ativa, a experimentação prática e a aplicação do conhecimento em situações do cotidiano podem ser especialmente eficazes neste ambiente, permitindo que todos os alunos, independentemente de seu contexto específico, tenham a oportunidade de aprender e se desenvolver.

As questões físicas são melhor respondidas considerando um todo. Trabalhar com o calor e seus processos de transferência deve ser estudado como um todo, envolvendo outras disciplinas, como a Química, Engenharia e Matemática, fazendo com que o estudante não olhe para o conhecimento de forma isolada, guiando, então, o aluno para resolver o problema formulado sobre o calor e seus processos de transferência

2 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

2.1 O PROBLEMA

Cotidianamente, o estudante é inundado por informações; muitas delas podem ser conceitos físicos que passam despercebidos. Porém, alguns conceitos podem estar equivocados ou até mesmo superficialmente postulados, beirando o senso comum. Por isso, o problema será baseado na Engenharia Civil, contando com a experiência de vida dos alunos.

Por que algumas casas durante algumas estações do ano tem maior temperatura do que as outras? Como resolver esse problema? E como deixar a casa com uma temperatura mais agradável durante as estações mais quentes do ano?

Esse problema surge de maneira espontânea em diversas ocasiões, como almoços em família, visitas à casa de familiares, e no âmbito escolar, quando há uma troca de sala com os alunos, fazendo com que as respostas sejam as mais diversas possíveis, levando em consideração suas ideias iniciais, que são baseadas no que já ouviram, vivenciaram e aprenderam no colégio ou por outros meios. Como o professor está presente no contexto escolar e está em contato indireto com a família dos alunos, pode, em alguns momentos, ouvir conversas dos mesmos referentes a esse conceito.

Os preceitos da pesquisa-ação nesse caso se encaixam muito bem com o discurso acima, onde o professor está inserido na comunidade escolar e conseguiu notar uma falha conceitual nos alunos com base em sua vivência.

Na reconstrução, a pesquisa está inserida num processo de caráter conscientizador e comunicativo, que não deve ser confundido com a simples propaganda. Os pesquisadores estabelecem canais de investigação e de divulgação nos meios estudados, nos quais a interação entre os grupos 'mais esclarecidos' e 'menos esclarecidos' gera e prepara mudanças coletivas nas representações, comportamentos e formas de ação. (Thiollent, 2011, p.86).

Tornando pertinente o problema que surge com as reflexões do professor: o que os alunos sabem sobre calor e seus processos de transferência? Quais conceitos os alunos podem melhorar/aprender sobre os fenômenos trabalhados sob uma perspectiva de ensino investigativa?

Logo, o professor não irá corrigir os conceitos dos alunos, mas sim irá promover um ambiente onde irão refletir e ajustar suas compreensões, trocando experiências, para assim compreenderem os fenômenos do seu dia a dia.

2.2 HIPÓTESES

Os alunos podem levantar as seguintes hipóteses:

- Por conta da altura das casas;
- Constituição do telhado/forração;
- Constituição das paredes e piso das casas;
- Localização da casa;

As hipóteses podem ser variadas, tudo dependerá da cultura em que o aluno está inserido, e mesmo que o professor conviva com eles a algum tempo, captar detalhes tão minuciosos quanto esses, torna-se uma tarefa difícil, esperando assim que eles elaborem mais hipóteses durante a aplicação do produto educacional.

2.3 JUSTIFICATIVAS

A justificativa do problema proposto e a forma como ele é proposto, é buscar conhecer o que os alunos já sabem previamente sobre o tema, pois em conversa com eles é notável que alguns temas são de conhecimento dos mesmos e saber qual a sua experiência com os fenômenos de trocas de calor, aprofundar esses conhecimentos por meio de uma sequência de ensino por investigação, buscando evidências de aprendizagem baseado nas teorias de Piaget e Vygotsky, que são as teorias base das Sequências de Ensino por Investigação.

3 OBJETIVOS

GERAL

- Implementar uma Sequência de Ensino por investigação buscando compreender a potencialidade do método usando como tema gerador as seguintes questões: O que os alunos sabem sobre calor e seus processos de transferência?

Quais conceitos os alunos podem melhorar/aprender sobre os fenômenos trabalhados sob uma perspectiva de ensino investigativa?.

ESPECÍFICOS

- Investigar a realidade dos alunos por meio de conversas, usando suas próprias falas como evidências de conceitos latentes sobre o tema, buscando abordar esses conceitos no decorrer das aulas.
- Avaliar se houveram mudanças de comportamento dos alunos ao decorrer das aulas, buscando indícios de aprendizagem de acordo com o método aplicado.
- Criar ou aplicar experimentos já existentes durante as aulas, motivem os alunos a pensar em situações cotidianas onde os fenômenos investigados possam ser visualizados.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O seguinte capítulo, tem por objetivo mostrar quais as metodologias de ensino e de pesquisa empregadas durante a aplicação desse produto educacional, assim como os procedimentos metodológicos para a aplicação da pesquisa-ação, por fim, temos os fundamentos teóricos em física utilizados nas aulas presentes nesse produto educacional.

4.1 METODOLOGIA DE ENSINO

Ensinar não é uma tarefa fácil, pois todos os dias são turmas completamente diferentes umas das outras, uma reflexão feita pelo filósofo Heráclito “Ninguém pode entrar duas vezes no mesmo rio, pois quando nele se entra novamente, não se encontra as mesmas águas, e o próprio ser já se modificou”, é uma boa aproximação do que encontramos em sala de aula normalmente, pois há dias em que os alunos estão super empolgados, participativos e se engajam com a aula facilmente, assim como há dias que eles estão cansados, desmotivados e estressados, pensando nisso trabalhar de uma forma fluida e com uma metodologia não fechada é de fundamental importância.

Ensinar numa perspectiva investigativa é não ter uma estrutura definida e fechada como uma metodologia específica, mas trabalhar sob diversas formas e conteúdos e em diferentes formatos de aulas (Sá; Lima; Aguiar Jr., 2011; Sasseron, 2015) podendo as atividades investigativas assumirem configurações e tipos diversos tais como práticas, teóricas, simulação de computador, demonstração, pesquisa, dentre outros (Sá et al, 2007), até mesmo atividades corriqueiras de sala de aula podem se transformar em atividades investigativas dependendo da abordagem que se dará a ela (Sasseron; Machado, 2017).

O ato de investigar não é algo novo para o ser humano, já que nossa espécie evoluiu até os dias atuais basicamente buscando resolver situações problema, desde as mais simples até as mais abstratas. Mas se a humanidade aprende assim, por que nossos estudantes devem aprender de forma diferente? Decorando fórmulas e repetindo sempre os mesmos dogmas que foram passados de geração em geração, até os dias atuais. Como disse Carvalho (2022, p. 2) “Um

dos pontos que podemos salientar, é que fica claro nas entrevistas piagetianas, a importância de um problema para o início da construção do conhecimento”.

Um fator importante que deve ser levado em conta é a distinção de um problema bom ou ruim, um problema que consiga inspirar os alunos a pensarem sobre os fenômenos de seu cotidiano e que se relacione com os conhecimentos trabalhados em outras disciplinas, como disse Carvalho (2018, p. 771). “É necessário diferenciar o ‘problema’ proposto para os alunos resolverem nas aulas de laboratório, nos problemas abertos de lápis e papel”. Pensando em proposições onde os alunos podem investigar fenômenos físicos, temos uma mudança no paradigma da sala de aula, onde o aluno não é mais um observador, que simplesmente ouve e reproduz, e sim alguém que é levado a questionar o que está acontecendo, lançar hipóteses, analisar dados, tirar conclusões e comunicar seus resultados, assim como o professor não é mais o portador do conhecimento, e sim um orientador, que vai auxiliar o aluno, em sua coleta de dados, a descartar hipóteses que não são relevantes para dado fenômeno, a dar rigor conceitual nas explicações dos alunos e etc, por isso cabe ao professor a importante tarefa de planejar a atividade investigativa, para que, ele consiga direcionar os alunos para a solução da questão, como da argumentam os autores.

Percebe-se claramente que professores e alunos desempenham papéis ativos e importantes a seu modo: o primeiro atuando como um orientador do caminho traçado pelo aluno e mediador das tensões que porventura existam durante essa caminhada; o aluno, por sua vez, deverá atuar como verdadeiro investigador construindo as relações necessárias para desenvolver seu trabalho de investigação. (Silva Júnior, J. M. e Coelho, G. R. 2020, p.54)

Como ao professor é incumbida a missão de orientar, é normal retroceder a uma inquietação que já foi abordada: o que é um bom problema? Questão essa muito importante, pois um bom problema atua como sistematizador de dados, tornando a compreensão de leis e a relação com outros conteúdos e conceitos mais interativa.

Um bom problema é aquele que:

- dá condições para os alunos resolverem e explicarem o fenômeno envolvido no mesmo;

- dá condições para que as hipóteses levantadas pelos alunos levem a determinar as variáveis do mesmo;
- dá condições para os alunos relacionarem o que aprenderam com o mundo em que vivem;
- dá condições para que os conhecimentos aprendidos sejam utilizados em outras disciplinas do conteúdo escolar;
- quando o conteúdo do problema está relacionado com os conceitos espontâneos dos alunos (Driver, Guesne, & Tiberghien, 1985), esses devem aparecer como hipóteses dos mesmos.

Por outro lado, nas aulas experimentais um bom problema é aquele que dá condições para que os alunos:

- passem das ações manipulativas às ações intelectuais (elaboração e teste de hipóteses, raciocínio proporcional, construção da linguagem científica);
- construam explicações causais e legais (os conceitos e as leis). (Carvalho, 2018, p. 772).

É perceptível que a elaboração de um bom problema, será de crucial importância para a elaboração de uma aula investigativa, porém ter essa informação mostra que o trabalho para o professor que deseja montar uma sequência de ensino investigativa não será algo fácil, mas sim um processo que exige do mesmo muita reflexão sobre os fenômenos a serem trabalhados e as eventuais dificuldades que podem aparecer durante o processo. Os problemas que exigem maior grau de abstração podem ser mais difíceis nas primeiras aulas, pois os alunos necessitam de uma bagagem conceitual para poder interpretar esses fenômenos, pois todo novo conhecimento tem um anterior a ele, que serve como base.

Além disso, à medida que o modelo de aula investigativa se afasta do escopo tradicional, surge a necessidade de repensar as estratégias de avaliação. Como aponta Anna Maria Pessoa de Carvalho em seu artigo sobre "O ENSINO DE CIÊNCIAS E A PROPOSIÇÃO DE SEQUÊNCIAS DE ENSINO INVESTIGATIVAS", o professor desempenha um papel fundamental não apenas na criação de problemas desafiadores, mas também na orientação dos alunos em relação a diferentes formas de avaliação. Propõe-se uma abordagem diversificada, incluindo Avaliação Conceitual, Avaliação Processual, Avaliação Atitudinal e Autoavaliação. Através desses métodos, os alunos são incentivados não apenas a absorver conhecimento, mas também a refletir sobre seus próprios pontos fortes e fracos, promovendo um aprendizado mais significativo e autônomo.

4.2 METODOLOGIA DE TRABALHO

A pesquisa-ação é uma metodologia cuja origem exata é incerta, embora muitos atribuam a sua formalização a Kurt Lewin, que teria sido o primeiro a publicar algo sob essa designação. No entanto, registros de um trabalho semelhante podem ser encontrados em Viena, na Alemanha, onde a pesquisa-ação foi utilizada para promover a melhoria das relações inter-raciais. Apesar da relevância histórica desses debates sobre suas origens, é mais importante reconhecer os pontos positivos dessa abordagem. Um deles é a sua versatilidade, possibilitando a sua aplicação em diversas áreas de pesquisa, tais como Tripp, David (2005, p.447) relata.

Utilizava-se em administração (Collier), desenvolvimento comunitário (Lewin, 1946), mudança organizacional (Lippitt, Watson; Westley, 1958) e ensino (Corey, 1949, 1953). Na década de 1970, incorpora-se (com finalidades de) mudança política, conscientização e outorga de poder [empowerment] (Freire, 1972, 1982), pouco depois, em desenvolvimento nacional na agricultura (Fals-Borda, 1985, 1991) e, mais recentemente, em negócios bancários, saúde e geração de tecnologia, via Banco Mundial e outros (Hart; Bond, 1997).

A pesquisa-ação no contexto escolar é, em essência, uma ferramenta valiosa para melhorar o aprendizado dos alunos. Ela não apenas proporciona insights sobre a realidade dos alunos dentro e fora da escola, mas também contribui para o aprimoramento do processo educativo, promovendo uma compreensão mais profunda do ambiente escolar e do entorno familiar e social dos estudantes, de acordo com os autores Melo; Filho; Chaves, 2016, p. 154

Ao propor a pesquisa-ação, Lewin ousou não apenas estudar o problema in loco, mas participar do problema. Conviver com a dor dos sujeitos para compreender clinicamente o seu problema. Observar, descrever, analisar e devolver a escuta na busca do conhecimento. (Melo; Filho; Chaves, 2016, p. 154)

A convivência com a dor do sujeito, como mencionada pelos autores, parece referir-se à capacidade do professor de entender e lidar com as dificuldades emocionais e pessoais dos alunos. Nas escolas do campo, onde as turmas geralmente são menores, os alunos podem se sentir mais à vontade para

compartilhar suas histórias e inseguranças com o professor, transformando essa relação em algo mais próximo da amizade ou da confiança.

A redução do número de alunos por sala de aula nessas escolas rurais pode criar um ambiente mais íntimo e acolhedor, onde os alunos se sentem mais seguros para expressar suas emoções e buscar apoio. Em contrapartida, nas escolas urbanas com salas superlotadas, pode ser mais difícil para os alunos estabelecerem uma conexão pessoal com o professor e compartilharem suas dificuldades de forma aberta e honesta.

Portanto, a menor proporção aluno-professor nas escolas do campo pode favorecer um ambiente de aprendizado mais inclusivo e empático, onde as necessidades individuais dos alunos são mais facilmente reconhecidas e atendidas. Isso pode contribuir para uma compreensão mais profunda dos problemas enfrentados pelos alunos e para um ambiente de sala de aula mais solidário e colaborativo.

Para o pesquisador realizar efetivamente a pesquisa-ação, é imprescindível utilizar instrumentos adequados para a coleta de dados e reflexão sobre a prática. Dado o volume significativo de informações a serem analisadas, é fundamental manter registros regulares. No entanto, ao aplicar a pesquisa-ação em sala de aula, o uso de um diário de bordo pode apresentar desafios. O tempo limitado das aulas, geralmente em torno de 50 minutos, pode sobrecarregar o professor com uma quantidade excessiva de informações, comprometendo a precisão e o rigor na escrita.

Escrever um diário é importante para que o pesquisador desenvolva e ganhe confiança no registro de pesquisas e na preparação de relatórios, seja reconhecido como pesquisador compartilhando a experiência com seus colegas, e se envolva em uma ação de apoio crítica entre colegas e participantes do projeto. (Richardson 2004, p. 11)

TRIPP, 2005 faz um apontamento sobre o “dilema nuclear da aprendizagem” identificado por Senge (1990, p. 23), onde a aprendizagem é mais eficaz com a experiência, e isso retrata o modo de como uma pessoa se envolve na pesquisa ação, dissertando que uma pessoa pode se envolver em um projeto de pesquisa de

4 maneiras diferentes, sendo elas por obrigação, cooptação, cooperação e colaboração.

Obrigação: quando um participante não tem opção quanto ao assunto, em geral por haver algum tipo de coação ou diretriz de parte de um superior.

Cooptação: quando um pesquisador persuade alguém a (a optar por) ajudá-lo em sua pesquisa e a pessoa cooptada de fato concorda em prestar um serviço ao pesquisador.

Cooperação: quando um pesquisador consegue que alguém concorde em participar de seu projeto, a pessoa que coopera trabalha como parceiro sob muitos aspectos (uma vez que é regularmente consultado), mas num projeto que sempre “pertence” ao pesquisador (o “dono” do projeto). A maioria das pesquisas para dissertação é desse tipo.

Colaboração: quando as pessoas trabalham juntas como co-pesquisadores em um projeto no qual têm igual participação. (Tripp, David 2005, p.454)

Os professores que adotam a abordagem da pesquisa-ação frequentemente encaram a participação dos alunos em suas pesquisas como uma obrigação, sem permitir que os alunos saibam quais decisões estão sendo tomadas, nem tão pouco serem consultados sobre essas decisões. Tais observações nos mostram que o pesquisador deve ser transparente sobre suas intenções, para mostrar que os indivíduos da pesquisa não achem que estão sendo enganados e/ou explorados.

4.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para aplicar a metodologia pesquisa-ação, é necessário que o sujeito se insira no meio em que irá estudar aquele grupo de indivíduos, a fim de identificar alguma questão para ser abordada.

Os fenômenos sociais não podem ser observados do exterior nem de modo estático, porque assim eles não se tornam perceptíveis ao pesquisador que os apreende participando de sua construção. (Melo; Maia Filho; Chaves, 2016, p. 153)

Como nesse caso, o professor já dá aulas no colégio a três anos consecutivos, pode-se dizer que ocorreu a inserção do professor na realidade dos alunos, estabelecendo certo grau de confiança entre os mesmos. No artigo **Lewin e a pesquisa-ação**: gênese, aplicação e finalidade, os autores apontam que “a ideia

Lewin é composta de um ciclo em quatro etapas: coleta de dados, diagnóstico, implementação e avaliação” (Melo; Maia Filho; Chaves, 2016, p. 157), sendo que a coleta de dados vem sendo feita de maneira informal pelo professor durante esse tempo em que ele está vinculado ao colégio, basta seguir as próximas etapas para que o ciclo da pesquisa-ação esteja concluído.

Algo interessante seria explicar como funcionam cada uma das etapas.

1. Coleta de dados: Nessa etapa explora-se o campo, registrando o campo, podendo aplicar questionários ou usar ferramentas como o diário de bordo por exemplo.
2. Diagnóstico: É caracterizada pela análise dos dados coletados, e a partir da situação problema encontrada, escolhem-se métodos e técnicas para a implementação de uma solução.
3. Implementação: Essa etapa tem como objetivo chegar o mais próximo possível da solução do problema, de acordo com os métodos escolhidos
4. Avaliação: Os resultados obtidos são avaliados, verificando se algo foi deixado para trás ou se houve o surgimento de uma nova situação problema no processo.

Essa nova situação deverá passar pelo mesmo ciclo novamente e, assim, uma nova pesquisa será desenvolvida. Porém, para o produto educacional em questão, as duas primeiras etapas, as mais desafiadoras, desenvolveram-se depressa por conta da convivência do professor com os alunos.

4.4 FUNDAMENTOS TEÓRICOS EM FÍSICA

4.4.1 Calor e temperatura

Os conceitos de calor e temperatura, são conceitos chave para o estudo da calorimetria, pois sem eles torna-se muito difícil o entendimento dos demais conceitos. Por serem conceitos iniciais, muitas vezes somente postulamos esses conceitos aos estudantes, como por exemplo o conceito de calor contido no livro Fundamentos da Física, 8ª edição em seu segundo volume “O calor é a energia transferida de um sistema para o ambiente ou vice-versa devido a uma diferença de temperatura.” (Halliday; Resnick; Jearl Walker, 2009, p. 190).

É inegável a legitimidade desse conceito, podendo até ser reescrito em outros termos como encontrado na coleção Ser Protagonista, onde é definido o calor como

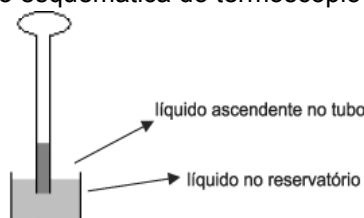
A transferência espontânea de energia entre corpos é provocada pela diferença de temperatura. O fluxo espontâneo ocorre no sentido do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura (Válio et al., 2016, p. 21).

Porém o que esses livros não relatam é que esse conceito passou por algumas denominações anteriores, como o Flogisto e o Calórico, teorias que se tornaram obsoletas, porém contribuíram para a formação do conceito de calor que temos atualmente.

Um conceito associado erroneamente ao conceito de calor é a temperatura, pois comumente nos referimos a um dia de elevada temperatura a um dia de calor intenso, por mais que os conceitos possam ser parecidos a definição de temperatura segundo o livro Fundamentos da Física, “uma das grandezas fundamentais do SI, e está relacionada com as nossas sensações de quente e frio” (Halliday; Resnick; Jearl Walker, 2009, p. 204). Outra definição também aceita é a da coleção Ser protagonista, onde a temperatura em seu caráter microscópico é dada pela agitação molecular do corpo, quanto maior a temperatura maior a agitação das moléculas que constituem esse corpo.

Para medir a temperatura foram criados instrumentos como o primitivo termoscópio de Galileu, como ilustrado na Figura 2.1, não continha uma graduação e servia para comparar as temperaturas entre objetos a partir da altura de um líquido presente no interior do recipiente do termoscópio.

Figura 4.1 - Ilustração esquemática do termoscópio de Galileu.



Fonte: Pires; Afonso; Chaves, 2006

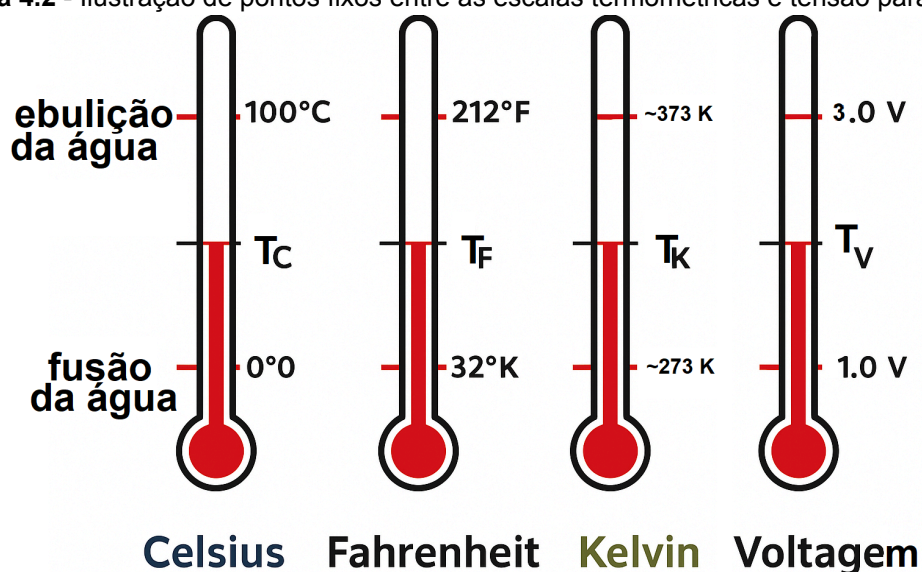
Atualmente temos descendentes do equipamento construído por Galileu, os chamados termômetros, aparelhos esses que possuem escalas termométricas e

podem comparar temperaturas com muito mais precisão. As três escalas termométricas mais conhecidas são a Celsius, a Fahrenheit e a Kelvin, nomeadas em homenagem aos cientistas que as criaram.

De forma superficial, criar uma escala termométrica exige dois pontos bem definidos para a comparação, Anders Celsius por exemplo, optou pelas temperaturas de fusão e ebulição da água ao nível do mar “apelidando-as” de 0°C e 100°C , pouco antes Gabriel Fahrenheit havia criado sua escala termométrica utilizando outros pontos de comparação, e por fim a escala Kelvin, criada por William Thomson, sendo calculada a partir da escala Celsius.

Classicamente, quando o professor vai demonstrar as escalas, temos a ilustração da Figura 4.2, porém, desta vez, acrescentando algo: a diferença de potencial nos terminais de um sensor de temperatura diferença essa fictícia nessa imagem, mas cujos dados reais foram usados para a calibração dos termômetros para as aulas.

Figura 4.2 - Ilustração de pontos fixos entre as escalas termométricas e tensão para água.

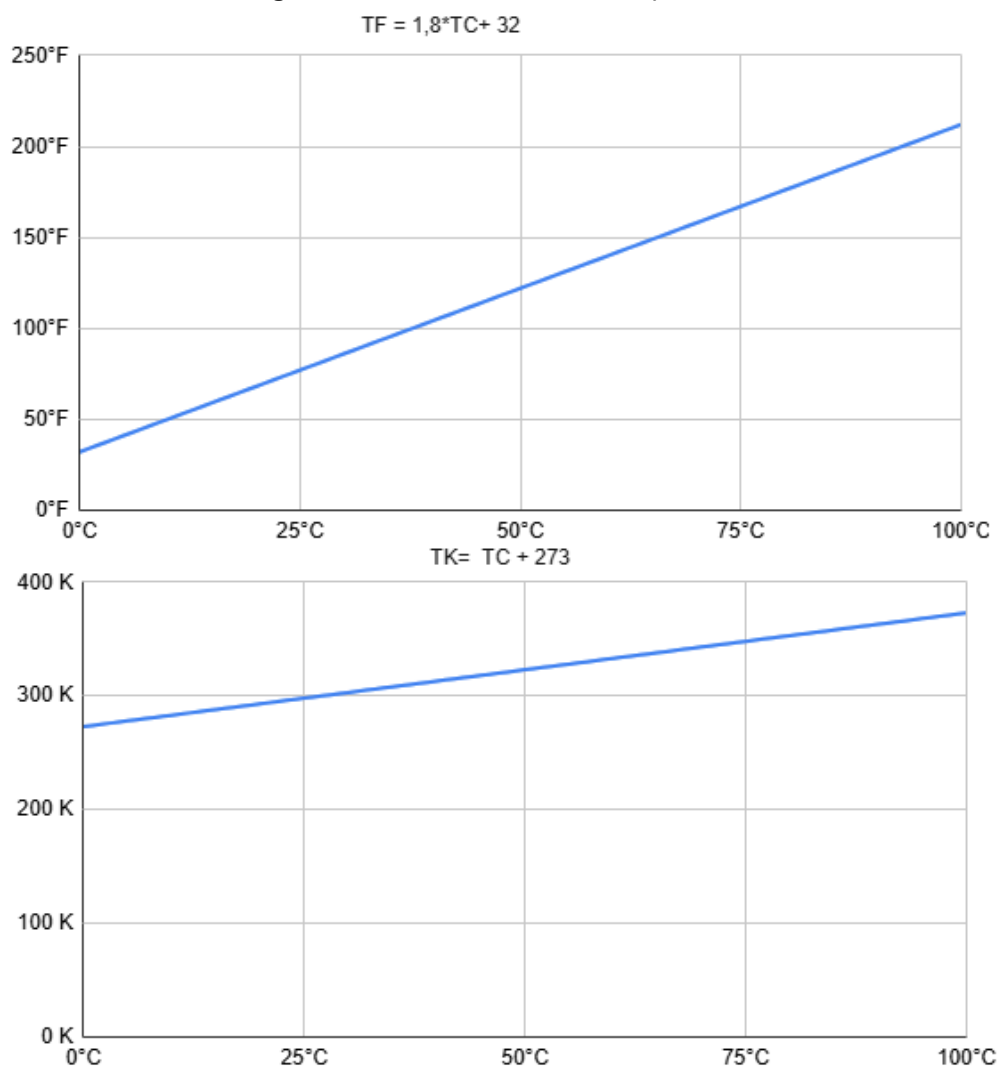


Fonte: O autor

Sabendo que o fenômeno medido é a agitação média molecular do corpo, que transfere calor para um líquido presente dentro do termômetro, fazendo com que sua temperatura se eleve e, por consequência, ocorra a dilatação térmica do líquido e essa dilatação é igual nos quatro frascos, temos que as escalas necessitam ter uma relação de linearidade entre elas. Podemos mostrar isso montando dois gráficos com as temperaturas em Celsius, Kelvin e Fahrenheit. Esses gráficos

podem ser feitos experimentalmente, porém será necessário que o leitor tenha em posse três termômetros com as escalas desejadas.

Figura 4.3 - Gráficos entre as temperaturas.



Fonte: O autor

Note que a relação entre os dois gráficos é linear, ou seja, a temperatura varia da mesma forma entre as escalas, podendo-se, então, determinar a equação da reta e, assim, obter um fator de conversão entre as escalas termométricas.

$$T_F = 1,8 \cdot T_C + 32 \quad \text{e} \quad T_K = T_C + 273 \quad (4.1)$$

Sendo que T_C aparece nas duas equações, podemos por simetria escrever que

$$\frac{T_F - 32}{1,8} = T_C = T_K - 273 \quad (4.2)$$

Como $\frac{1}{1,8} = \frac{5}{9}$, temos

$$\frac{T_F - 32}{9} \cdot 5 = T_C = T_K - 273 \quad (4.3)$$

Dividindo por 5 em ambos os termos da equação, temos:

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} = \frac{T_K - 273}{5} \quad (4.4)$$

A equação (2.4) serve para converter os valores de uma escala termométrica para outra, porém o conceito utilizado e a aplicação do Teorema de Tales evidenciam que é possível criar escalas termométricas arbitrárias, como, por exemplo, uma escala termométrica que possa ser medida em volts ou em ampères, a partir da utilização de um divisor de tensão composto por um termistor e outra resistência r qualquer, ou até mesmo com um semicondutor.

4.4.2 Calor específico e calor latente

No livro curso de física básica em seu segundo volume, o autor, dá um exemplo de como a variação de diferentes massas de leite fervem em diferentes tempos, mesmo se submetidos à mesma fonte de calor, a descrição nos leva a entender que o fenômeno está relacionado com a massa dos líquidos envolvidos no processo. O fenômeno descrito está relacionado ao calor específico dos corpos, que basicamente descreve como os corpos ganham temperatura.

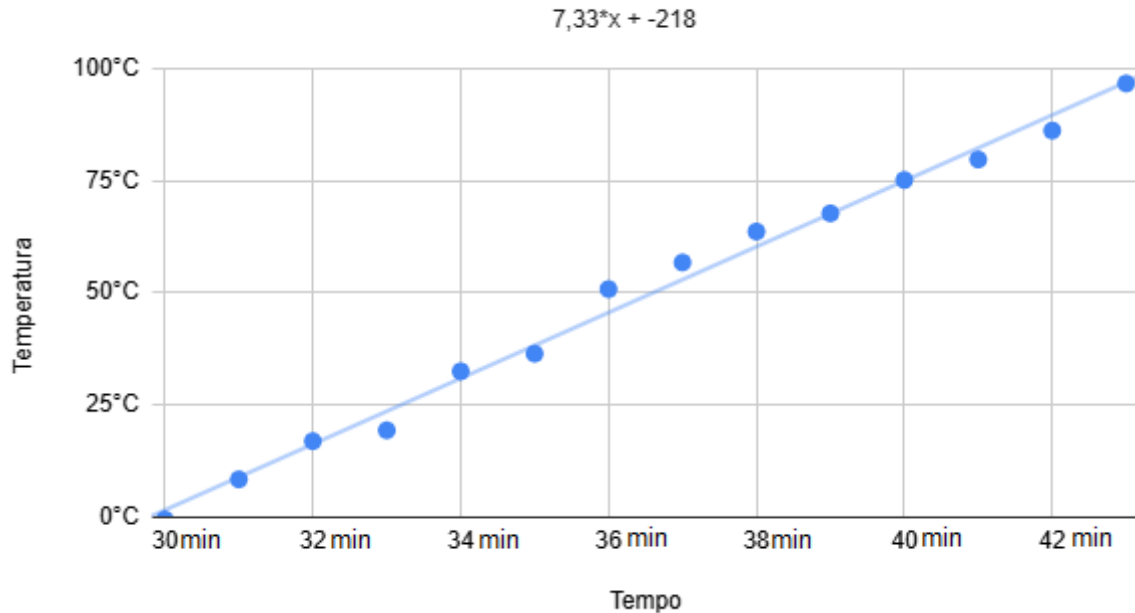
Logo podemos definir o calor específico c como:

A quantidade de calor necessária para elevar de 1°C a temperatura de 1 g de uma dada substância chama-se calor específico c dessa substância; c é medido em $\text{cal/g}^\circ\text{C}$. Pela definição de caloria, o calor específico da água entre $14,5^\circ\text{C}$ e $15,5^\circ\text{C}$ é $c = 1\text{cal} / \text{g}^\circ\text{C}$ (Nussenzveig, 2002, p. 169)

Vale salientar que o calor específico possui suas variações, tais como com a temperatura, variação considerada muito pequena, por isso para experimentos com pouca precisão consideramos essa variação nula, mas o calor específico varia com a pressão e o volume, algo que para os gases gera uma diferença notável.

Graficamente, corpos em aquecimento exibem um comportamento próximo ao da curva.

Figura 4.4 - Gráfico da temperatura em função do tempo.



Fonte: Participantes da pesquisa, 2024

Logo, é de conhecimento que a massa interfere no tempo que a temperatura leva para subir e que o calor específico também tem influência sobre isso. Outro ponto-chave é a potência do equipamento que estamos utilizando para aquecer o material.

Se levamos em consideração esses elementos como sendo proporcional e inversamente proporcionais à elevação da temperatura com o tempo, temos que a inclinação da reta pode ser definida como:

$$a = \frac{P}{m.c} \quad (4.5)$$

Logo, temos que a equação da reta será:

$$\Delta T = \frac{P}{m.c} \Delta t \quad (4.6)$$

Sabendo que $\Delta T = T_f - T_i$, isolando T_f , temos:

$$T_f = \frac{P}{m.c} \Delta t + T_i \quad (4.7)$$

Considerando que $Q = P. \Delta t$, chegamos à equação para o calor específico, definida como a razão entre a quantidade de calor fornecida a um dado material e o produto entre sua massa e a variação de temperatura obtida:

$$c = \frac{Q}{m.\Delta T} \quad (4.8)$$

Sendo, c o calor específico ($\text{cal/g}^\circ\text{C}$), Q a quantidade de calor (cal), m a massa do objeto (g), $\Delta T = T_f - T_i$ a variação da temperatura ($^\circ\text{C}$).¹⁷

Isolando Q , na equação (2.2) podemos chegar a seguinte equação:

$$Q = m. c. \Delta T \quad (4.9)$$

Essa equação mostra de forma explícita a proporcionalidade entre a massa e a quantidade de calor, logo, quanto maior a massa de determinado objeto, mais energia terá de ser cedida para que o mesmo eleve sua temperatura de uma unidade.

O calor latente ou calor de transformação, está associado à mudança de fase dos corpos. Considere a água, esta pode existir em 3 estados específicos, o sólido, líquido e gasoso, e as moléculas de água de cada uma das fases está arranjada de uma maneira específica, quando a água recebe energia em forma de calor o suficiente ela muda de fase, em outras palavras, suas moléculas mudam seu arranjo original.

No caso descrito acima, temos que para rearranjar certa quantidade de matéria, é necessário ceder certa quantidade de calor, esse calor é chamado de calor latente ou calor de transformação, onde é definido no livro fundamentos da física, como:

¹⁷ A legenda para a equação não está em unidades do sistema internacional de medidas, mas, são unidades usuais. Na aplicação das aulas do produto educacional foram usadas essas unidades, por conta da escala Celsius ser a mais familiar aos alunos.

A quantidade de energia por unidade de massa que deve ser transferida em forma de calor para que uma amostra mude totalmente de fase é chamada de calor de transformação e é representada pela letra L . (Halliday; Resnick; Jearl Walker, 2009, p. 193)

Matematicamente, definimos o calor latente como:

$$L = \frac{Q}{m} \quad (4.10)$$

Em que, L é o calor latente (cal/g), Q é a quantidade de calor (cal) e m é a massa do objeto (g)

E como temos 3 estados da matéria, para cada transição temos um calor latente, correspondente. Na tabela 2.1 é apresentado o exemplo com a água:

Tabela 4.1 - Calor latente da água ao nível do mar.

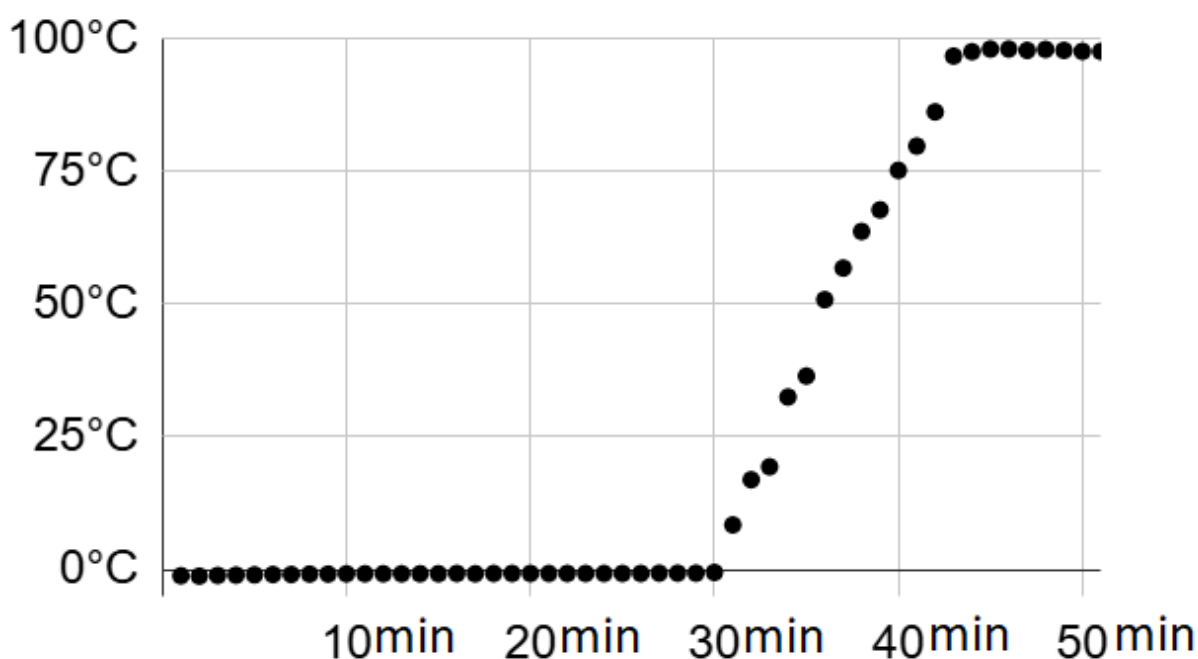
substância	Calor latente de fusão (cal/g)	Calor latente de vaporização (cal/g)	calor latente de solidificação (cal/g)	calor latente de liquefação (cal/g)
Água	$L_F = 79,6$	$L_V = 539,2$	$L_S = -79,7$	$L_L = -539,2$

Fonte: Ser protagonista, p. 46, 2016.

Note que a quantidade de calor cedida usada para fundir certo material, é a mesma que retirada para solidificar o mesmo material, isso acontece na vaporização e liquefação também.

Quando um material está passando de um estado para outro, como por exemplo do estado sólido para o líquido, ocorre a invariância da temperatura, devido ao fato de que toda a energia cedida para o material, está sendo utilizada para a reorganização das moléculas do corpo, esse fenômeno pode ser representado por um gráfico da temperatura pelo tempo.

Figura 4.5 - Gráfico da temperatura em função do tempo durante o aquecimento do gelo.



Fonte: Participantes da pesquisa, 2024

O gráfico acima¹⁸ mostra dois platôs provenientes de duas mudanças de fase da água. A temperatura, no eixo y, está na escala Celsius, e, no eixo x, o tempo está em minutos. Classicamente, esse gráfico é representado pela temperatura em função da quantidade de calor, mas isso pode ser adaptado considerando que a potência do equipamento utilizado para o aquecimento do material é constante. Logo, podemos assumir que a quantidade de calor depende somente do tempo, considerando o efeito Joule.

$$Q = P \cdot \Delta t \quad (4.11)$$

Em que,¹⁹ Q é a Quantidade de calor (Cal), P = Potência (Cal/min) e Δt = Variação do tempo (min);

¹⁸ Gráfico, feito pelos alunos durante as aulas do projeto, a descrição do experimento feito encontra-se na descrição da aula número 3.

¹⁹ Novamente, não são unidades do sistema internacional de medidas, porém são unidades mais convencionais para os alunos.

4.4.3 Calorímetro e equilíbrio térmico

Cotidianamente os calorímetros são empregados, ou melhor, o conceito dos calorímetros são empregados, quando usamos caixas térmicas para manter a temperatura de alimentos constantes, ou quando usamos garrafas térmicas para manter uma bebida quente por muito tempo, quando analisamos os materiais notamos que há uma grande variedade, porém a finalidade é sempre a mesma, manter a temperatura dos materiais inalterada por um grande período de tempo.

Segundo nos livros da coleção Ser protagonista, temos a descrição de um calorímetro, além do manual para a montagem de um caseiro. “Trata-se de um recipiente feito com material isolante térmico, dentro do qual ocorrem transferências de calor sem haver perdas significativas para o meio externo.”(Válio et al., 2016, p. 38).

A aplicabilidade dos calorímetros está em que, por meio das medidas realizadas em seu interior, é possível descobrir algumas características dos materiais, como, por exemplo, a capacidade térmica ou o calor específico. Porém, como não existem calorímetros perfeitos, é necessário conhecer as características do próprio instrumento, para que sejam consideradas nos cálculos²⁰. Levando esse fato em consideração, é preciso discorrer sobre o que é capacidade térmica.

Segundo o livro fundamentos da física, 8º edição em seu segundo volume “a capacidade térmica C de um objeto é a constante de proporcionalidade entre o calor Q recebido ou cedido por um objeto e a variação da temperatura ΔT do objeto”(Halliday; Resnick; Jearl Walker, 2009, p. 191). De forma matemática temos.

$$Q = C. \Delta T \quad (4.12)$$

Em que, Q é a *Quantidade de calor (cal)*, C é a *capacidade térmica (cal/°C)* e ΔT a *variação da temperatura (°C)*.

²⁰ Esse ponto em específico foi um dos objetivos da 4ª aula do projeto, em que os alunos basicamente devem perceber que o calorímetro contribui para o processo de troca de calor.

Quando duas substâncias são colocadas próximas uma da outra, ambas com temperaturas diferentes, ocorre um processo de transferência de calor do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura. Esse processo cessa somente quando não há mais diferença de temperatura; logo, os corpos entram em equilíbrio térmico. Essa grandeza é definida no livro *Curso de Física Básica*, 4ª edição, volume 2, como:

É um fato experimental que um sistema isolado sempre tende a um estado em que nenhuma das variáveis macroscópicas que o caracterizam muda mais com tempo. quando ele atinge esse estado, diz-se que está em equilíbrio térmico. (Nussenzveig, 2002, p. 157)

No exemplo anterior duas substâncias foram colocadas próximas uma da outra até que atingissem a temperatura de equilíbrio, porém, não fora considerado o ambiente em volta das substâncias, logo, podem haver fontes de calor próximas, onde a temperatura das substâncias continuaria subindo. Para contornar essa situação podemos incrementar o uso de um calorímetro, que como já discutido, evita boa parte das perdas de calor para o ambiente, assim como não deixa o calor de fora entrar. Já que podemos desprezar as trocas de calor com o ambiente externo, pois são ínfimas, podemos escrever as trocas de calor dentro do calorímetro com a seguinte expressão:

$$\sum Q_{Recebido} + \sum Q_{Cedido} = 0 \quad (4.13)$$

Onde somando as quantidades de calor recebido e cedido entre os materiais dentro do calorímetro, essa soma necessariamente precisa ser igual a zero, por que não há acréscimos de calor vindo do ambiente externo.

4.4.4 Lei de Fourier - transferência de calor por condução

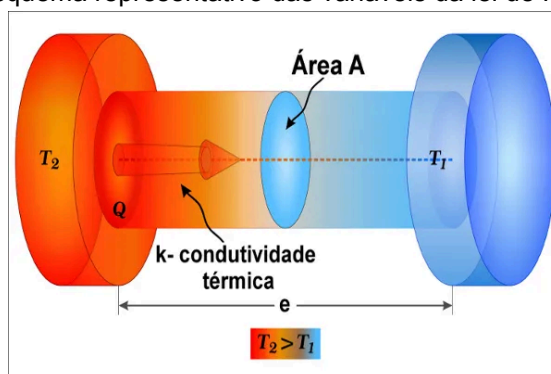
Os exemplos para condução térmica são amplos, como por exemplo, no livro fundamentos da física, em sua 4ª edição, no seu segundo volume “Se você

deixa uma panela com o cabo de metal no fogo por algum tempo o cabo da panela fica tão quente que pode queimar sua mão” (Halliday; Resnick; Jearl Walker, 2009, p. 200).

O fato de queimar as mãos quando fazemos algo parecido, como por exemplo, um serralheiro que segura uma barra de ferro com as mãos nuas em uma fornalha, se dá pela condução térmica, que ocorre pelo contato entre a mão e a barra, a barra e a fonte de calor, com a barra servindo como condutora de calor de um ponto para o outro.

A Lei de Fourier, leva em consideração as dimensões do condutor, como a área de seção transversal e o comprimento do condutor, assim como o material do qual o condutor é feito, levando em conta a condutividade térmica do mesmo.

Figura 4.6 - Esquema representativo das variáveis da lei de Fourier.



Fonte: Brasil escola

Matematicamente expressamos a Lei de Fourier, da seguinte maneira:

$$\phi = k \cdot A \cdot \frac{(T_2 - T_1)}{L} \quad (4.14)$$

A letra Φ é usada para definir o fluxo de calor, cuja unidade é o joule por segundo ($\frac{J}{s}$):

$$\phi = \frac{Q}{\Delta t} \quad (4.15)$$

A equação 2.11 descreve como o calor se propaga dentro do condutor estudado, tendo como limites as extremidades perpendiculares a áreas de secção transversal, sendo válida em regimes estacionários, onde as temperaturas T_1 e T_2 permanecem constantes.

Pode se comparar a Lei de Fourier a Lei de Ohm, onde:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad (4.16)$$

Sendo $R = \frac{V}{i}$, substituindo R por seu equivalente resultante da 1ª lei de Ohm, temos,

$$\frac{V}{i} = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad (4.17)$$

Se entendermos i como sendo um fluxo de elétrons que atravessam a área de um condutor em certo intervalo de tempo, temos uma equação análoga à Lei de Fourier, onde:

$$i = A \cdot \frac{V}{\rho L} \quad (4.18)$$

Onde ρ é a resistividade elétrica ($\Omega \cdot m$), que pode ser escrita em termos da condutividade elétrica $\sigma = 1/\rho$ em que suas unidades de medidas em Siemens por metro ($\frac{S}{m}$).

$$i = A \cdot \sigma \cdot \frac{V}{L} \quad (4.19)$$

comparando as duas equações temos:

$$i = \sigma \cdot A \cdot \frac{V}{L} \quad \phi = k \cdot A \cdot \frac{(T_2 - T_1)}{L} \quad (4.20)$$

Acima temos duas equações, que descrevem fluxos diferentes, porém, o comportamento de ambos é bem similar, logo, pode-se dizer que bons condutores de eletricidade são bons condutores de calor, por conta de suas dependências parecidas com a área e o comprimento dos materiais, contando essa afirmação acima pode ser amparada pelo conceito de resistência térmica.

O livro Fundamentos da Física em sua 4ª edição, no segundo volume faz menção ao conceito de resistência térmica, chegando a seguinte expressão:

$$R = \frac{L}{k} \quad (4.21)$$

Nessa expressão, podemos dizer que a resistência elétrica e a condutividade térmica possuem relação entre si. Logo, se o interesse é manter a temperatura de algo, sem que ocorram trocas de calor com o ambiente, deve-se escolher um material com alta resistência térmica.

4.4.5 Lei do resfriamento de newton - transferência de calor por convecção

Quando aproximamos a mão acidentalmente de alguma chama, percebe-se que, mesmo antes de encostar a mão na chama propriamente dita, é possível sentir um aumento de temperatura em nossas mãos. Isso se dá pelo fato de que uma corrente de ar aquecido está subindo, transportando consigo certa quantidade de calor. Esse fluxo de ar em ascensão é chamado de corrente de convecção. A corrente descrita acima ocorre por conta da diferença de densidade entre o ar de maior temperatura e o ar de menor temperatura.

A Lei que descreve como ocorre essa troca de calor é bastante parecida com a equação de Fourier, e a equação é dada pela lei do resfriamento de Newton, podendo ser expressa em sua forma diferencial como:

$$\frac{dT}{dt} = h(T - T_a) \quad (4.22)$$

Sendo, h é um coeficiente de convecção térmica ($W/m^2\text{°C}$), T é a temperatura do corpo (°C) e T_a é a temperatura ambiente (°C).

Em que, dependendo das condições de contorno aplicadas à equação, sua solução será diferente para cada caso. Porém, no caso mais comum o resfriamento de um corpo localizado em uma sala adiabática, com temperatura T_a , podemos resolver a equação da seguinte maneira.

$$dT = h(T - T_a) dt \quad (4.23)$$

Dividindo ambos os lados da equação por $(T - T_a)$

$$\frac{dT}{(T-T_a)} = h dt \quad (4.24)$$

Integrando ambos os lados da equação, temos:

$$\int \frac{dT}{(T-T_a)} = h \int dt \quad (4.25)$$

$$\ln(T - T_a) = ht + c \quad (4.26)$$

Elevando ambos os lados da equação em e, temos:

$$e^{\ln(T-T_a)} = e^{ht+c} \quad (4.27)$$

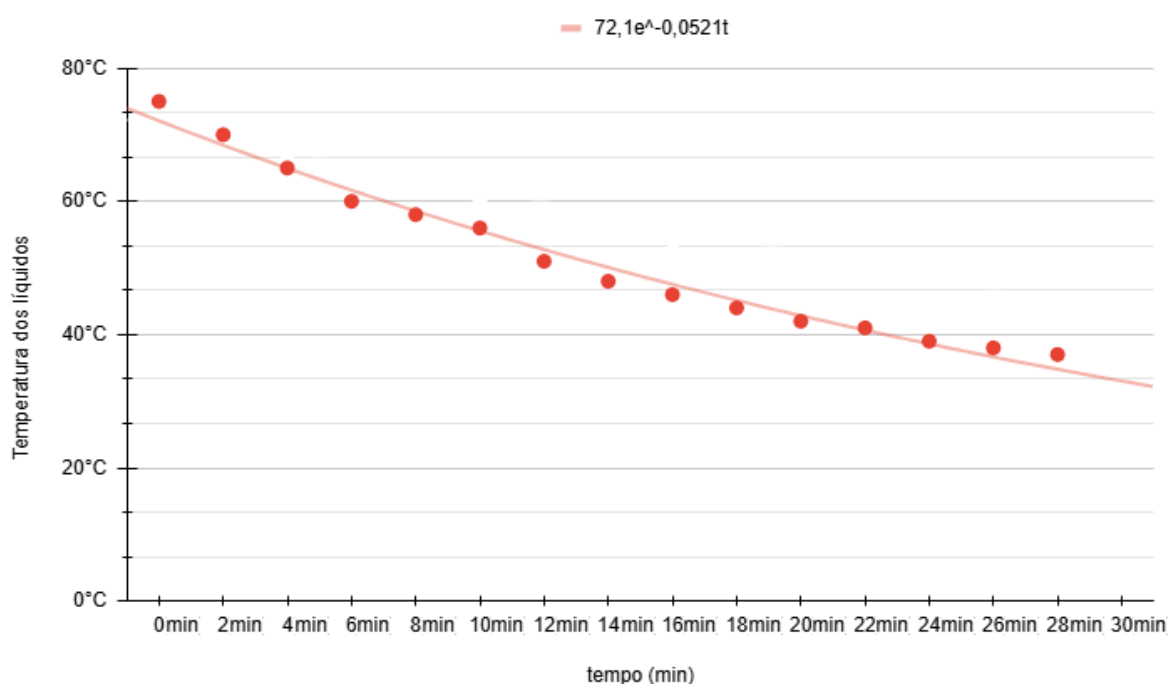
Sabendo que $e^{ht+c} = e^{ht} \cdot e^c$ e e^c é constante, logo $e^c = C$, sendo assim ficamos com:

$$(T - T_a) = Ce^{ht} \quad (4.28)$$

$$T = T_a + Ce^{ht} \quad (4.29)$$

A equação (2.22) pode ser considerada uma solução geral para o problema que de um corpo confinado em um ambiente adiabático, com temperatura inicial maior que a temperatura ambiente (T_a). Essa solução apresenta decaimento da temperatura do corpo de forma exponencial, onde a temperatura do corpo tende a temperatura ambiente, se o valor de h for negativo;

Figura 4.7 - Exemplo gráfico temperatura em função do tempo



Fonte: O autor

Logo, o corpo cede calor para o fluido que o circula ocorrendo uma troca de calor, o fluido ganha temperatura fazendo com que a densidade venha a diminuir, fazendo com que esse fluido menos denso ceda lugar para um fluido de maior densidade que irá trocar calor com o corpo ali presente, formando assim um ciclo que desencadeia uma corrente de convecção.

4.4.6 Lei de stefan-boltzmann - transferência por irradiação térmica

Ao passar por uma parede, ao fim de um dia ensolarado, muitas vezes é possível sentir um aumento de temperatura repentino o que é rapidamente associado a parede e as condições climáticas do dia em questão, logo sabemos que essa parede recebeu uma grande quantidade de luz solar e por isso sua temperatura se elevou.

Quando um corpo diferente de um corpo negro ideal é exposto à radiação, parte é absorvida e outra parte é refletida, associando isso a parte visível do espectro eletromagnético, um corpo é exposto à luz solar parte das cores são absorvidas, porém, uma delas é refletida novamente o que faz quem está

observando o corpo associar a aquele objeto a cor que está sendo refletida pelo mesmo.

No caso acima, a luz refletida confere ao objeto essa característica, a cor; porém, a luz absorvida influencia na temperatura do objeto, fazendo com que ela aumente. A lei que descreve como um corpo irradia certa quantidade de calor em determinado tempo é a Lei de Stefan-Boltzmann, dada pela equação:

$$\frac{Q}{\Delta t} = \sigma \cdot \epsilon \cdot A \cdot T^4 \quad (4.30)$$

Sendo Q, a quantidade total de calor emitida (J), t o tempo de emissão (s), A a área da superfície emissora (m^2), T a temperatura absoluta (K), ϵ a emissividade do corpo (adimensional) e σ a Constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} W/m^2 T^4$).

Para essa Lei temos duas constantes, a primeira é a constante de Stefan-Boltzmann, e essa constante quantifica a energia térmica irradiada por um corpo negro e a sua temperatura elevada a quarta potência. E a emissividade do corpo, que serve para indicar a capacidade do corpo de emitir ou absorver radiação, se $\epsilon = 1$ temos um corpo negro ideal.

5 CRONOGRAMA DAS AULAS

As aulas serão ministradas no período da tarde, o cronograma inicial pensado para cada aula será o seguinte:

Quadro A1 - Cronograma das aulas a serem ministradas.

Mês de agosto								Dia	Plano de aula	Período
D	S	T	Q	Q	S	S		29	Plano de aula 1	Manhã
28	29	30	31	1	2	3		6	Planos de aula 2 e 3	Tarde
4	5	6	7	8	9	10		13	Planos de aula 4	Tarde
11	12	13	14	15	16	17		20	Planos de aula 5	Tarde
18	19	20	21	22	23	24		27	Plano de aula 6 e 7	Tarde
25	26	27	28	29	30	31		3	Plano de aula 8	Tarde
1	2	3	4	5	6	7				

Fonte: O autor

As aulas serão aplicadas sempre nas Terças-feiras, seguindo a programação de aulas indicada no campo etapas, as aulas serão dadas em pares, com a exceção da 1ª e 8ª aulas pois terão um dia somente para essas aulas. A primeira aula será realizada no período da manhã, pois essa aula é uma aula de introdução ao projeto, para a última aula, os alunos irão montar seu próprio material, para apresentar seus seminários, por isso temos uma semana para que eles tenham um tempo adequado para se prepararem para o seminário.

5.1 PLANOS DE AULA

Os planos de aula, abaixo contém as informações para a reprodução dos experimentos realizados em sala de aula, vídeos utilizados e textos de apoio que foram entregues aos alunos, assim como as rubricas de avaliação desenvolvidas especificamente para cada uma das aulas ministradas.

Aula 1:

Título da aula: O que vamos fazer?	Duração: 50 minutos
Professor: Alessandro Lima Konopacki	Conceitos: Explicação do projeto
Colégio: Colégio Estadual do Campo Pref. Albano Guimarães Martins	

Objetivos Específicos:

- Debater o funcionamento da investigação científica e suas etapas;
- Levantar e registrar hipóteses sobre o papel do aluno e o papel do professor durante um processo de investigação científica;
- Refletir sobre a importância do uso do diário de bordo para registrar os acontecidos nas aulas;
- Apresentar e discutir como diferentes cientistas contribuíram para o desenvolvimento do conceito de calor ao longo do tempo;

Referencial teórico

No contexto da sala de aula, não se espera que os alunos ajam como cientistas já formados, mas sim que desenvolvam habilidades investigativas. Um dos

princípios centrais da Abordagem de Ensino por Investigação (SEI) é promover uma cultura de pesquisa, priorizando a aprendizagem ativa e a descoberta. Isso implica em uma dinâmica de aula na qual os alunos são desafiados a realizar tarefas como medidas experimentais e formulação de hipóteses para resolver problemas concretos. Reconhecendo a necessidade de evitar sobrecarga cognitiva, o trabalho em grupo se torna fundamental para distribuir responsabilidades e fomentar colaboração.

A aula está dividida em quatro estágios: início, desenvolvimento, aplicação e preenchimento do diário de bordo. No início, os alunos serão motivados a entender o processo de descoberta e pesquisa científica. O professor incentivará os alunos a refletirem sobre seus papéis durante o processo de investigação e a discutirem suas atitudes em sala de aula. Um aspecto importante dessa motivação inicial é mostrar onde se espera que os alunos cheguem com as aulas, abrindo espaço para discutir os objetivos estabelecidos pelo professor.

Durante o desenvolvimento, uma leitura será incluída para que os alunos percebam que os conceitos trabalhados são frutos de uma construção coletiva. Isso ressalta a importância de compartilhar suas descobertas e contribuições com os colegas e a comunidade, utilizando uma linguagem adequada.

Na etapa de aplicação, o professor incentivará os alunos a discutirem e pesquisarem sobre os tópicos que serão abordados. O professor atuará como facilitador, auxiliando os grupos que encontrarem dificuldades sem fornecer respostas prontas.

Ao preencher o diário de bordo, os alunos registrarão suas descobertas e reflexões, consolidando o aprendizado e a importância da colaboração.

Este método de ensino busca promover a aprendizagem ativa e colaborativa, destacando a importância da investigação e da participação dos alunos no processo educacional. O papel do professor, atuando como guia e facilitador, é essencial para apoiar os alunos em suas jornadas de descoberta.

Conteúdos:

- Conceitos de calor e temperatura;
- Etapas de uma investigação científica (observação, problematização, formulação de hipótese, realização de experimentos, aceitação/rejeição das hipóteses e conclusão);

Desenvolvimento da aula

OBS: O professor deve pedir para que os alunos anotem as questões que surgiram durante a aula e tentem respondê-las em seu caderno, de acordo com seu saber anterior sobre o assunto.

- **Início: (15 min)**

Iniciaremos com um vídeo de uma aula investigativa sobre o pêndulo encontrado no link: [o problema das bolinhas \(youtube.com\)](https://www.youtube.com/watch?v=...), o objetivo é demonstrar os comportamentos e atitudes durante uma aula investigativa, discutindo com os estudantes como é a jornada de um pesquisador, pensando em hipóteses para solucionar os problemas reais.

Os alunos então serão questionados sobre quais são os papéis de cada um nas aulas.

- Em uma aula investigativa qual o papel do aluno? Qual o papel do professor?
- Uma pesquisa científica segue um certo padrão ou as coisas acontecem ao acaso? Discuta a sua resposta.

Será iniciada então uma discussão sobre o objetivo do projeto, sobre qual a perspectiva que será aplicado e qual a sua finalidade, a pergunta feita aos alunos deve ser a seguinte:

- Quais conceitos podemos melhorar/aprender sobre o calor, os seus fenômenos de e as transferências de calor, investigando esses conceitos em sala de aula?

Após essa primeira discussão será perguntado para os alunos

- O que é calor? Como o calor se transfere de um corpo para outro?

O professor deve enfatizar a importância de uma discussão saudável e construtiva entre as partes envolvidas, mantendo sempre o clima em sala de aula o mais agradável possível, e que seu papel será o de fomentar e incentivar a discussão entre alunos para a construção do conhecimento.

- **Desenvolvimento: (25 min)**

Essa etapa começará com o seguinte questionamento:

- Por que aprender sobre calor e seus processos de transferência?

O professor entregará o texto da página <https://cienciahoje.org.br/columa/a-descoberta-que-mudou-a-humanidade/> e solicitar para que os alunos realizem a leitura do artigo, vindo a discutir ainda mais sobre a questão acima. O caráter contínuo das aulas deve ser ressaltado, para a evolução dos conceitos, já que as aulas são parte de uma sequência de ensino:

- Qual a importância da presença em todas as aulas?
- Como será feito o controle de faltas dos alunos?

Será enfatizada a importância do preenchimento do diário de bordo do aluno, como forma de controle de faltas e como instrumento de avaliação dos alunos. Deixando claro que não será permitido levar o diário de bordo para casa e nem a sua retirada para fora do laboratório, para evitar o risco de extravio do material.

- **Como será a aplicação do conhecimento construído? (10 min)**

O professor irá marcar a apresentação de um seminário final que ocorrerá na oitava aula do projeto, este seminário terá como objetivo responder às seguintes questões:

- Por que algumas casas durante algumas estações do ano tem maior temperatura do que as outras?
- Como resolver esse problema?
- E como deixar a casa com uma temperatura mais agradável durante as estações mais quentes do ano?

O professor deve deixar claro que o seminário deve ser voltado a responder essas questões, tendo em mente as aulas que participaram, compartilhando seus dados, imagens e relatos pessoais.

- **Preenchimento do diário de bordo (5 min);**

Como última etapa da aula, os alunos deverão preencher seus diários de bordo de forma individual.

Recursos:

- folhas e canetas;
- Notebook para apresentação e pesquisas;

Avaliação:

- A avaliação será por meio de rubricas, As rubricas de avaliação estão em anexo neste plano de aula.

Anexos:

TABELA A2 - Rubrica de avaliação da primeira aula

	Muito bom (4)	Bom (3)	É quase isso (2)	Vamos repensar (1)
Entendimento do que é investigação científica	O aluno compreende a investigação como sendo um processo sistemático para a aquisição e análise de dados. Demonstra exemplos de aplicação da investigação científica.	O aluno entende a investigação científica como processo sistemático que é usado para buscar a compreensão de fenômenos.	A ideia de investigação científica não é clara, entende o processo de investigação como algo a ser aplicado só em laboratórios.	O aluno apresenta uma ideia rasa do conceito, acha que não existe um método específico.
Entendimento das etapas de uma investigação científica	O aluno descreve todas as etapas da investigação científica com clareza e cita exemplos de cada etapa.	O aluno entende a investigação científica como uma série de passos que seguem uma ordem e ajudam os pesquisadores a tirarem conclusões sobre um fenômeno.	O aluno menciona que a investigação é constituída de passos, mas não fala sobre a sequência necessária ou acaba misturando os passos.	O aluno não menciona os passos de uma investigação científica, ou acha que as descobertas são fruto do acaso.
Entendimento do seu papel como investigador	O aluno entende seu papel como investigador, descrevendo quais atitudes a serem tomadas em um ambiente de pesquisa.	O aluno menciona que o investigador deve observar o fenômeno de interesse, identificar padrões e formular hipóteses para resolver problemas.	O aluno entende vagamente o papel de um investigador, mas não se enquadra como um investigador ainda.	O aluno não compreende seu papel como investigador.
Entendimento sobre o uso do diário de bordo	O aluno sabe a importância do uso do diário de bordo como uma ferramenta para a coleta de dados.	O aluno entende o diário de bordo como uma ferramenta, que irá auxiliá-lo a tomar nota dos acontecimentos do laboratório.	O aluno sabe que precisa preencher o diário de bordo, mas acha que os dados não são relevantes.	O aluno não entende a função ou importância do diário de bordo.
Entendimento do conceito de construção científica	O aluno compreende que a construção científica é um processo longo, que precisa passar por várias provas à medida que o conceito fica mais complexo.	O aluno reconhece que a construção científica é um processo árduo, que precisa de tempo e muito esforço para se chegar a conclusões sólidas.	O aluno reconhece que é um processo, mas não acredita que seja algo demorado e necessita de tanto esforço.	O aluno acha que a construção científica é rápida e simples.
Apresentação e discussão sobre como o conceito de calor foi construído.	O aluno menciona que o conceito foi construído por várias pessoas e que esse processo de descoberta ainda não é uma verdade absoluta, e que esse conceito atual pode ser alterado.	O aluno menciona que o conceito foi construído por várias pessoas e que esse processo demorou muito tempo.	O aluno menciona que houve contribuição de cientistas para o conceito de calor, sem detalhes.	O aluno não consegue mencionar contribuições de cientistas para o conceito de calor.

TABELA A3 - Pontuação para Rubrica de Avaliação da primeira aula

Quadro de pontuação das Rubricas de avaliação																				
	Entendimento do que é investigação científica				Entendimento das etapas de uma investigação científica				Entendimento do seu papel como investigador				Entendimento do conceito de construção científica				Apresentação e discussão sobre como o conceito de calor foi construído.			
Nome	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aluno 1																				
Aluno 2																				
Aluno 3																				
Aluno 4																				
Aluno 5																				
Aluno 6																				
Aluno 7																				
Aluno 8																				
Aluno 9																				
Aluno 10																				

FONTE: O autor

Referências:

Canal: LaPEF FEUSP. (2013, 22 de maio). **O problema das bolinhas** [vídeo]. YouTube. <<https://www.youtube.com/watch?v=Z8vjgCPbjaQ>>. Acesso em 11 de junho de 2024.

Oliveira, Adilson de. A descoberta que mudou a humanidade. Ciência Hoje, 2022. Disponível em: <<https://cienciahoje.org.br/coluna/a-descoberta-que-mudou-a-humanidade/>>. Acesso em: 13 jun. 2024.

BAPTISTA, Mónica. Educação (Didáctica das Ciências), 2010. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade de Lisboa, Instituto de Educação. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10451/1854>> . Acesso em: 25 de junho de 2024.

Aula 2:

Título da aula: Hoje está muito calor?	Duração: 100 minutos
Professor: Alessandro Lima Konopacki	Conceitos: Calor, temperatura e escalas termométricas
Colégio: Colégio Estadual do Campo Pref. Albano Guimarães Martins	

Objetivos Específicos:

- Explicar as diferenças entre calor e temperatura;
- Explicar a relação entre a conversão da energia elétrica em energia térmica e o aumento da temperatura do líquido.
- Interpretar os dados obtidos e levantar hipóteses para a solução dos problemas.

Referencial teórico

O intuito da aula é criar uma cultura de pesquisa, permitindo que o aluno aprenda de forma ativa e descobrindo o mundo a sua volta, sempre priorizando o processo de aprendizagem e não somente o aprendizado do conteúdo em si. Como as atividades podem ser muito complexas para a realização individual, os alunos se sentaram em grupos, o que motiva a discussão entre os alunos de cada grupo.

Essa aula possui atividades experimentais, pesquisas e desenvolvimento de programas para o Arduino®, sendo pensada para provocar certo desequilíbrio cognitivo com questões feitas durante a aula, os alunos serão constantemente motivados a refletirem/descobrirem sobre o que está acontecendo à sua frente, seja pesquisando em sites ou livros, mas sempre tendo o suporte do professor que estará atuando nessa aula como parceiro mais capaz, gerador de questionamentos e motivador, sempre deixando claro que seu papel não é o de entregar respostas prontas e sim ajudá-los a encontrar um caminho para solucionar os problemas.

Conteúdos:

- Conceitos básicos de calor e temperatura.
- Medidas de temperatura;
- Conversão de escalas termométricas;

Desenvolvimento da aula

OBS: O professor deve pedir para que os alunos anotem as questões que surgiram durante a aula e tentem respondê-las em seu caderno, de acordo com seu saber anterior sobre o assunto.

Início: (20 min)

- A aula será iniciada com um problema experimental.
- O professor irá propor aos alunos sentarem-se em grupos;
- Cada grupo deve tocar, analisar, discutir e anotar suas observações sobre a temperatura de três beakers com água dispostos sobre a bancada, Cada becker possui diferentes temperaturas.

O professor irá observar as respostas dos alunos e deve fomentar uma investigação por meio de perguntas que serão projetadas na TV, pedindo para os alunos anotem suas respostas.

- Quais as diferenças entre os três beakers sob a bancada?
- O que determina o estado quente ou frio dos objetos?
- O que aconteceu para que esses objetos tivessem esse estado térmico?
- Temos alguma energia sendo convertida nesse processo?
- Como definir se um corpo está mais quente ou mais frio?

Desenvolvimento: (45 min)

A Partir dessa discussão o professor irá mostrar para os alunos uma barra de alumínio dobrada em L e irá perguntar o que acontecerá se colocar essa barra no becker contendo água quente.

- O que acontecerá com essa barra se colocarmos ela na água quente?
- Quanto tempo levará para essa barra esquentar, por completo?
- Como vocês acham que a temperatura da barra vai subir?
 - (a) Na barra por inteiro ao mesmo tempo?
 - (b) Começando na ponta e indo para perto do ângulo de 90°?
 - (c) Indo do ângulo de 90° para a ponta livre?
- Como podemos medir a temperatura em pontos diferentes da barra?

Colocando a barra na água quente será iniciado um cronômetro para medir o tempo, o professor irá pedir para que dois alunos segurem a barra, um com a mão mais próxima ao ângulo de 90° e outro com a mão mais próximo a ponta livre, quando a temperatura estiver suficientemente grande para o aluno, ele deve soltar a barra. O Professor pode pedir para os alunos usarem um pirômetro para medir a temperatura em diferentes pontos da barra, quando a temperatura estiver muito alta, impossibilitando que os alunos segurem-a.

(OBS: Se a água não estiver suficientemente quente o deve-se aquecê-la usando qualquer recurso disponível em laboratório)

Deve-se tomar o cuidado de alertar os alunos para comentarem sobre as temperaturas em suas mãos.

- Como está a temperatura na mão próxima ao becker?
- Como está a temperatura na mão distante do becker?
- Quem soltou a primeira barra primeiro? Quanto tempo demorou?

Instruindo sempre os alunos a anotarem as respostas dos colegas em seus cadernos. Espera-se que os alunos, venham a se questionar sobre o por que a barra se aquece dessa maneira, com sua temperatura aumentando gradualmente até o cabo.

- Por que a barra se aquece dessa maneira?
- Tem algo “subindo” da água quente para a barra de alumínio?
 - (a) A temperatura está subindo pela barra de alumínio?
 - (b) O calor está fluindo do ponto de maior temperatura para o de menor temperatura?

O professor irá entregar para os alunos um texto retirado do site Brasil escola. [Calor e temperatura](#). (15 min)

Após a leitura, o professor deve fazer as seguintes perguntas para os alunos:

- Qual a escala termométrica usada nos experimentos?
- Existem outras escalas?
- Eu posso criar a minha escala?

Será pedido para que os alunos façam uma pesquisa sobre essas questões na *internet*, com um tempo máximo de **(5 min)**.

Aplicação (30 min)

Após a discussão sobre as escalas termométricas, será lançada a proposta para que eles desenvolvam um método para coletar temperaturas de uma maneira automática, com o Arduino®. O sensor de temperatura utilizado será o Mf52 e como as medidas de temperatura se darão através de tensões, os alunos terão de utilizar o teorema de Tales para converter esses dados para a escala celsius.

- Como o sensor comunica a temperatura para o Arduino®?
- Como consigo ler o que o sensor está falando para o Arduino®?
- É possível associar essa a temperatura do termômetro com os dados do sensor? Como?

No campo anexo, temos um exemplo de código para a verificação da temperatura.

Diário de bordo (5 min);

Os alunos deverão preencher seus diários de bordo de forma individual.

Recursos:

- Quadro e giz;
- *Kit Arduino®* e sensores de temperatura;
- Computadores com o *software* de programação *Arduino®*;
- Beckers;
- Chapa aquecedora;
- Barra de alumínio dobrada em L;
- Cronômetros;
- Educatron para *slides*

Avaliação:

A avaliação será feita por rubricas. As rubricas de avaliação estarão no campo anexo.

Anexos:

TABELA A4 - Rubrica de avaliação da segunda aula;

	Muito bom aprendido (4)	Bom aprendido(3)	É quase isso (2)	Vamos repensar (1)
Explicação das diferenças entre calor e temperatura	O aluno demonstra uma compreensão clara das diferenças entre calor e temperatura, associando os fenômenos a o comportamento molecular dos corpos.	O aluno entende as diferenças entre os dois fenômenos, mas não associa as interações moleculares dos corpos.	O aluno menciona as diferenças entre calor e temperatura, mas se confunde quando tenta aprofundar a explicação.	O aluno não consegue explicar as diferenças entre calor e temperatura, cometendo erros conceituais quando tenta explicar os fenômenos.
Explicação da conversão de energia elétrica em energia térmica	O aluno explica como a energia elétrica é convertida em energia térmica, relacionando isso com princípios físicos como a conservação de energia e a lei de Joule.	O aluno entende que a energia elétrica que é fornecida ao sistema é convertida em energia térmica, e explica de forma muito rasa como ocorre a conversão.	O aluno menciona que a energia elétrica é convertida em energia térmica, mas não sabe explicar o funcionamento do processo de conversão.	O aluno não entende como a energia elétrica é convertida em energia térmica.
Explicação do aumento da temperatura do líquido devido à energia térmica	O aluno explica claramente como a energia térmica resultante da conversão da energia elétrica flui para o líquido aumentando a sua temperatura.	O aluno entende que a energia térmica aumenta a temperatura do líquido, mas não liga isso ao conceito de calor.	O aluno menciona que a temperatura da chapa aumenta a temperatura do líquido, mas se confunde quando tenta explicar que a energia térmica fluindo entre os corpos.	O aluno não consegue explicar como a temperatura do líquido está aumentando com a influência da chapa térmica, e nem mesmo menciona a energia térmica.

Interpretação dos dados obtidos e levantamento de hipóteses para a solução dos problemas	O aluno interpreta os dados obtidos e levanta hipóteses que estão de acordo com o experimento feito, demonstrando criatividade para solucionar o problema.	O aluno interpreta os dados corretamente e levanta hipóteses aleatórias buscando a resolução rápida do problema.	O aluno interpreta os dados de forma a não ligá-los com o experimento levantando hipóteses um pouco fora do contexto do experimento.	O aluno não consegue interpretar os dados ou levantar hipóteses adequadas para a solução dos problemas.
--	--	--	--	---

TABELA A5 - Pontuação para Rubrica de Avaliação da segunda aula

Quadro de pontuação das Rubricas de avaliação																
	Explicação das diferenças entre calor e temperatura				Explicação da conversão de energia elétrica em energia térmica				Explicação do aumento da temperatura do líquido devido à energia térmica				Interpretação dos dados obtidos e levantamento de hipóteses para a solução dos problemas			
Nome	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aluno 1																
Aluno 2																
Aluno 3																
Aluno 4																
Aluno 5																
Aluno 6																
Aluno 7																
Aluno 8																
Aluno 9																
Aluno 10																

FONTE: O autor

CÓDIGO USADO NO Arduino® PARA O SENSOR DE TEMPERATURA MF52

```
// Leitura de temperatura com termistor MF52 (NTC 10k)
// Autor: ChatGPT GPT-5
// Baseado na equação de Steinhart-Hart simplificada

const int pinNTC = A0;    // Pino analógico onde o sensor está conectado
const float R_FIXED = 10000.0; // Resistor fixo de 10kΩ
const float BETA = 3950.0; // Constante beta do termistor MF52
const float T0 = 298.15;  // Temperatura de referência (25°C em Kelvin)
const float R0 = 10000.0; // Resistência do termistor a 25°C (10kΩ)

void setup() {
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
```

```

int leituraADC = analogRead(pinNTC);
float Vout = leituraADC * 5.0 / 1023.0; // Converte para tensão (Arduino UNO 10 bits)
float Rntc = (R_FIXED * (5.0 - Vout)) / Vout; // Calcula resistência do termistor

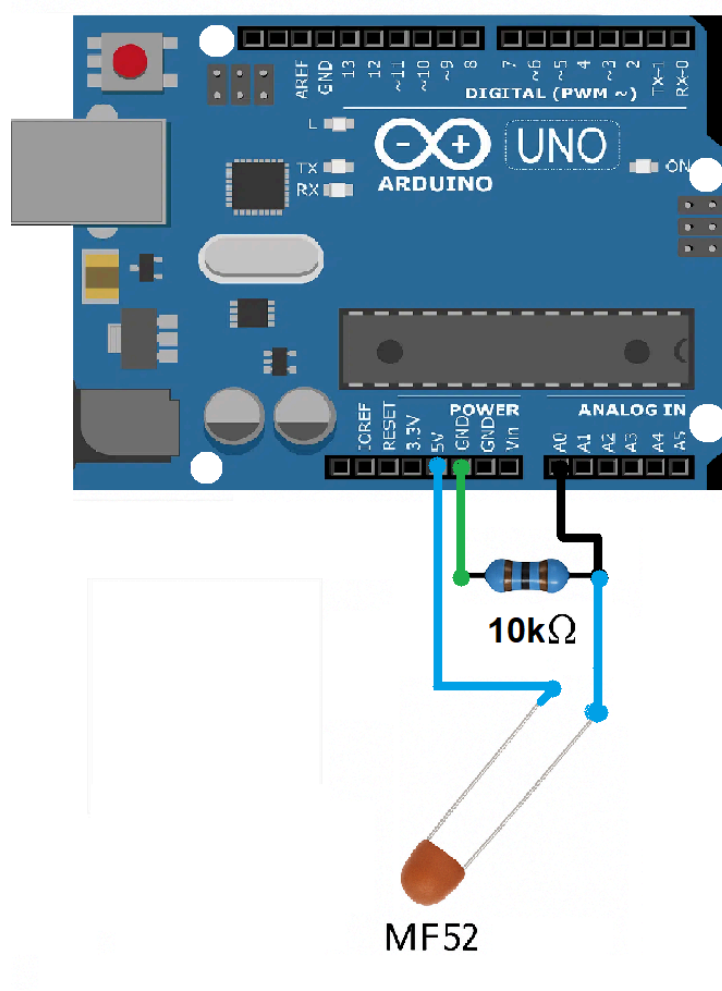
// Fórmula simplificada de Steinhart-Hart
float tempK = 1.0 / ( (1.0/BETA) * log(Rntc / R0) + (1.0/T0) );
float tempC = tempK - 273.15; // Converte para °C

Serial.print("Temperatura: ");
Serial.print(tempC);
Serial.println(" °C");

delay(1000);
}

```

Esquema elétrico para ligação do sensor de temperatura MF52:



Fonte: O autor

Referências:

FERREIRA, Marcello; SILVA FILHO, Olavo Leopoldino da; NUNES, Daniel Sampaio; FARIA JÚNIOR, Edvaldo Vieira. **Calorimetria no ensino fundamental:**

potencialidades de uma sequência de ensino investigativa. Revista do Professor de Física, Brasília, v. 2, n. 3, 2018.

MELO, Pâmella Raphaella. "**Calor e temperatura**"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/temperatura-calor.htm>. Acesso em 26 de junho de 2024.

Aula 3:

Título da aula: Como os corpos ganham temperatura?	Duração: 100 minutos
Professor: Alessandro Lima Konopacki	Conceitos: Calor sensível e calor latente.
Colégio: Colégio Estadual do Campo Pref. Albano Guimarães Martins	

Objetivos Específicos:

- Concluir que quando há mudança de estado físico, não ocorre a variação da temperatura;
- Compreender que a variação temperatura depende de variáveis, como a massa e calor específico;
- Diferenciar o calor específico e o calor latente;
- Explicar a relação entre os fenômenos trabalhados e o vídeo proposto;

Referencial teórico

Essa aula terá uma sequência lógica a ser seguida, com os alunos partindo de uma curiosidade, que é o frio extremo na região da Sibéria, e sendo motivados a fazer experimentos sobre os fenômenos. A aula possui várias perguntas que devem ser feitas para auxiliar o aluno em seu caminho, essas perguntas servem para que os alunos criem hipóteses e as testem fazendo com que pensem em um método eficiente de controle de dados e gestão do tempo para o experimento. Em uma SEI não espera-se que o aluno se comporte como um cientista, mas sim que o aluno crie uma cultura de pesquisa, que seria observar um fenômeno, criar hipóteses com os dados referentes a dado fenômeno e testar essas hipóteses com base em experimentos.

A aula deve motivar os alunos com o auxílio de questões e faz com que por meio das explicações dos alunos para suas respostas, que podem ser das mais variadas possíveis, se levarmos em conta a cultura do aluno, o professor pode mostrar a importância da linguagem científica, sendo uma espécie de alfabetização científica.

Conteúdos:

- Conceitos básicos de estados da matéria;
- Calor específico;
- Calor latente;

Desenvolvimento da aula

Início: (20 min)

A aula se inicia com o professor mostrando um vídeo de uma reportagem feita na Sibéria <https://globoplay.globo.com/v/6437748/>:

Com esse vídeo partiremos para três imagens diferentes:

- Cubo de gelo, água líquida e vapor de água;

A questão inicial será: Qual é a relação entre as imagens?

Espera-se que o aluno responda que nas três imagens temos água, porém em estados diferentes.

O professor deve observar as respostas e as possíveis discussões que essas respostas irão gerar, podendo ainda fazer questionamentos aos alunos do tipo:

- O que difere um estado físico do outro?
- Existem mais estados físicos?
- Quais as principais características de cada estado?
- O volume e a forma da água, permanece o mesmo para cada estado?
- Como é a temperatura de cada estado?

Desenvolvimento: (40 min)

O professor irá trazer para a sala de aula dois cubos de gelo, com dois sensores MF52 congelados em posições diferentes dos cubos, a massa dos cubos não deve ser muito grande para que seu derretimento não demore muito. Será pedido para os alunos descreverem as características do cubo, como por exemplo:

- Temperatura; (Usando o sensor do Arduino®)
- Massa;
- Cor;
- Material aparente;

A questão a ser formulada é:

- Quanto tempo é necessário para elevar a temperatura de cada cubo de gelo até o seu ponto de fervura?

Se nenhum aluno mencionar antes, o professor pode dar a ideia da construção de um gráfico, usando qualquer editor de planilhas.

- Podemos construir um gráfico da temperatura em função do tempo?

Após o gráfico feito, o professor irá sugerir para que os alunos reflitam e respondam às seguintes questões, deixando o espaço aberto para que eles experimentem duas hipóteses.

- O que acontece com a temperatura nesse experimento, de acordo com o gráfico?
- Se colocarmos beakers com diferentes massas de água, a temperatura do corpo vai variar da mesma forma?
- O tempo para a água começar a ferver mudou?
- O que está fazendo a temperatura da água subir?
- Podemos quantificar essa coisa?

Aplicação (35 min)

Voltando ao vídeo do início da aula, o professor pedirá para que os alunos expliquem então, **o por que a água fervente congela tão rapidamente daquela região?** Aproveitando então para questioná-los sobre os seguintes temas:

- Por que a temperatura se mantém constante quando atingimos determinada temperatura?
- Descreva para quais os processos físicos a energia está contribuindo para o sistema.

O professor irá pedir para que os alunos realizem a leitura sobre o tema calor específico e calor latente, no livro: Ser protagonista, nas páginas: 38, 39, 41, 53 e 57.

Diário de bordo (5 min);

Os alunos deverão preencher seus diários de bordo de forma individual.

Recursos:

- Quadro e giz;
- *Kit Arduino®* e sensores de temperatura;
- Computadores com o *software* de programação *Arduino®*;
- Chapa aquecedora;
- Cronômetros;
- Educatron para *slides*

Avaliação:

A avaliação será feita pela seguinte rubrica;

TABELA A6 - Rubrica de avaliação para a terceira aula

	Muito bom (4)	Bom (3)	É quase isso (2)	Vamos repensar (1)
Entender que, quando há mudança de estado físico, não ocorre variação da temperatura	O aluno explica que durante a mudança de estado físico, a temperatura permanece constante e justifica isso com o conceito de calor latente.	O aluno afirma que a temperatura não varia durante a mudança de estado físico e cita os experimentos feitos em sala.	O aluno entende que a temperatura não varia, mas não atribui isso a mudança de fase do elemento.	O aluno demonstra pouca ou nenhuma compreensão deste conceito.
Compreender que a variação da temperatura depende de variáveis como massa e calor específico	O aluno descreve detalhadamente como a massa e o calor específico afetam a variação de temperatura, mostrando com clareza a relação de proporção entre as variáveis .	O aluno compreende que a variação de temperatura depende da massa e do calor específico.	O aluno menciona essas variáveis, mas não entende a relação de proporção entre elas e a variação de temperatura.	O aluno não compreende como essas variáveis afetam a variação de temperatura.
Diferenciar o calor específico e o calor latente	O aluno diferencia calor específico e calor latente, explicando suas características citando os gráficos feitos em sala.	O aluno entende a diferença entre calor específico e calor latente, mas sua explicação é superficial.	O aluno reconhece os termos, mas confunde suas definições e momentos onde cada um está atuando no sistema.	O aluno não consegue diferenciar calor específico de calor latente.
Explicar a relação entre os fenômenos trabalhados e o vídeo proposto	O aluno explica a relação entre os fenômenos e o vídeo usando argumentos claros sobre a questão da massa e a diferença de temperatura.	O aluno compreende a relação entre os fenômenos e o vídeo, mas não analisa as variáveis como um todo.	O aluno compreende a relação entre os fenômenos e o vídeo, mas não associa a variação da temperatura com o espalhamento da massa de água..	O aluno não estabelece nenhuma relação entre os fenômenos e o vídeo.

Quadro A7 - Pontuação para as rubricas de avaliação da terceira aula

Quadro de pontuação das Rubricas de avaliação																
	Entender que, quando há mudança de estado físico, não ocorre variação da temperatura				Compreender que a variação da temperatura depende de variáveis como massa e calor específico				Diferenciar o calor específico e o calor latente				Explicar a relação entre os fenômenos trabalhados e o vídeo proposto			
Nome	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aluno 1																
Aluno 2																
Aluno 3																
Aluno 4																
Aluno 5																
Aluno 6																
Aluno 7																
Aluno 8																
Aluno 9																
Aluno 10																

Fonte: O autor

Referências:

SILVA, João. **Tutorial - Curva de Aquecimento**. Química e Biologia em Aula, 2023. Duração: 4 min 15 s. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=KZZIBc0uLZc>> . Acesso em: 25 maio 2024.

GLOBOPLAY. **"Água fervendo vira gelo em segundos no frio de -67°C de região da Sibéria"**. Disponível em: <<https://globoplay.globo.com/v/6437748/>>. Acesso em: 2 jul. 2024.

Aula 4:

Título da aula: Como conservar a temperatura?	Duração: 100 minutos
Professor: Alessandro Lima Konopacki	Conceitos: Equilíbrio térmico e calorímetros.
Colégio: Colégio Estadual do Campo Pref. Albano Guimarães Martins	

Objetivos Específicos:

- Calcular quanto calor está faltando no experimento e relacioná-lo a capacidade térmica do calorímetro;
- Checar a expressão $Q_{recebido} + Q_{cedido} = 0$;
- Explicar o conceito de equilíbrio térmico;
- Revisitar as primeiras geladeiras construídas;

Referencial teórico:

Temos alguns pontos nessa aula, como por exemplo a visita às dificuldades do passado, onde não existia algo tão banal como as geladeiras, deixando os alunos curiosos pelos conhecimentos históricos de física que são deixados de lado em suas próprias residências, sendo uma espécie de motivação para o aluno procurar saber mais sobre o um calorímetro e o conceito de equilíbrio térmico.

Para essa aula os alunos devem estar mais familiarizados com o convívio em laboratório, o que permite ao professor deixá-los mais livres para investigarem os fenômenos propostos, com as interações ocorrendo quando alguma dúvida surgir, quando o professor passa a atuar como parceiro mais capaz ou até mesmo no comunicado de uma nova descoberta feita pelos alunos, logo espera-se que os alunos tenham ganhado uma boa autonomia no laboratório.

Conteúdos:

- Calorímetro e seus usos;
- Equilíbrio térmico;

Desenvolvimento da aula:

Início: (20 min)

A aula começa com um trecho dos dez primeiros minutos do vídeo [A História do Gelo e da Geladeira](#) do canal Invenções na história. então nesse primeiro momento o professor irá interagir com os alunos perguntando, como os alunos mantêm seus alimentos gelados em casa, espera-se que os mesmos respondam que o colocam na geladeira, a pergunta seguinte será:

- E quando em suas casas não têm energia elétrica, o que acontece com os alimentos?
- Já imaginaram como era no tempo de seus avós, quando ainda não tinham energia elétrica e/ou não tinham geladeiras?

Nesse momento o professor irá pedir para os alunos realizarem uma pesquisa sobre:

- Quando a energia elétrica chegou ao Brasil?
- Quando foi construído o primeiro refrigerador?
- Quando o primeiro refrigerador foi produzido no Brasil?
- Como mantinham a temperatura dos objetos baixas por muito tempo, antes das geladeiras?

Desenvolvimento: (35 min)

Com os alunos pesquisando sobre o assunto, provavelmente iriam encontrar notícias sobre as primeiras geladeiras sendo caixas de madeira com serragem, podendo associá-las às caixas térmicas(caixas de isopor), copos e garrafas térmicas atuais, onde seu principal objetivo é conservar a temperatura de líquidos ou corpos, por um tempo grande. logo o professor deve incitar as seguintes discussões:

- Em uma garrafa térmica, a temperatura sempre se mantém constante?

- A garrafa térmica pode roubar um pouco da temperatura dos líquidos nela colocados?
- O que acontece se colocarmos objetos quentes e objetos frios dentro de uma mesma caixa térmica?
- Podemos testar isso?

Com cubas calorimétricas, o professor irá aquecer certa quantidade de água na chapa térmica e com gelo resfriar outra certa quantidade, pedindo para que os alunos meçam as temperaturas com o sensor de temperatura MF52. (Importante, não deixar o gelo cair dentro da cuba).

O professor irá pedir para que os alunos verbalizem e escrevam em seus cadernos o que irá acontecer quando misturarem os dois líquidos.

Após isso o professor irá pedir para os alunos colocarem ao mesmo tempo a água quente e a água gelada na cuba calorimétrica, pedindo para que os alunos acompanhem o que irá acontecer com a temperatura. (Os valores de massa das águas quentes e frias não serão cobrados ainda, para que os alunos discutam suas hipóteses iniciais).

- Qual a temperatura final?
- Como podemos chamar essa temperatura?
- Considerando as aulas anteriores, o que aconteceu dentro da cuba calorimétrica?
- Qual foi a variação de temperatura para a água fria? E para a água quente?
- Podemos calcular a quantidade de calor cedida pela água quente e recebida pela água fria?
- Se todo calor da água quente foi para a água fria, a soma dos dois tem que ser igual a quanto?
- Temos como saber qual será a temperatura final do líquido ou dos objetos?

Espera-se que a esse ponto os alunos percebam a importância da massa dos objetos para questões envolvendo calor específico.

- A massa dos objetos influencia na variação da temperatura?

Aplicação (40 min)

Os alunos irão agora, medir as massas dos líquidos frios e quentes, assim como suas temperaturas, e iriam repetir o experimento colocando os dois líquidos dentro do calorímetro e deixando-os entrar em equilíbrio térmico.

- Alguma energia está saindo da cuba?
- Muita ou pouca energia?
- A cuba calorimétrica está roubando energia do meu sistema? Quanto?
- Posso afirmar que em um sistema ideal, nenhuma energia sairia do meu sistema? Como se chama esse princípio na física?

Para a questão acima o aluno poderá recorrer a *internet* para procurar o nome do princípio da conservação de energia.

- Explique com suas palavras o que está acontecendo dentro do calorímetro.

Diário de bordo (5 min);

Os alunos deverão preencher seus diários de bordo de forma individual.

Recursos:

- Quadro e giz;
- *Kit Arduino®* e sensores de temperatura;
- Computadores com o *software* de programação *Arduino®*;
- Chapa aquecedora;
- Cuba calorimétrica;
- Cronômetros;
- Educatron para *slides*

Avaliação:

A avaliação será realizada por Rubricas.

TABELA A8 - Rubrica de avaliação da quarta aula.

	Muito bom (4)	Bom (3)	É quase isso (2)	Vamos repensar (1)
Entendimento do conceito de equilíbrio térmico	O aluno explica o conceito de equilíbrio térmico, e dá exemplos de corpos em equilíbrio térmico quando questionado.	O aluno entende o conceito de equilíbrio térmico, mas dá explicações vagas do conceito quando é questionado.	O aluno menciona o equilíbrio térmico, mas quando é questionado sobre, acaba se confundindo na explicação.	O aluno não demonstra compreensão do conceito de equilíbrio térmico.
Entendimento da funcionalidade de um calorímetro	O aluno demonstra entendimento da funcionalidade de um calorímetro, atribui o valor faltante do experimento a capacidade térmica do calorímetro.	O aluno entende a funcionalidade de um calorímetro, e atribui ao calorímetro uma capacidade térmica.	O aluno menciona a funcionalidade de um calorímetro, mas não consegue associá-lo a objetos de seu dia a dia.	O aluno não demonstra compreensão da funcionalidade de um calorímetro.
Aplicação do conceito de calor específico	O aluno aplica corretamente o conceito de calor específico para calcular a variação de temperatura.	O aluno aplica o conceito de calor específico, mas confunde algumas unidades de medida.	O aluno aplicar o conceito de calor específico, mas comete erros significativos nos cálculos.	O aluno não consegue aplicar o conceito de calor específico.
Autonomia em realizar experimentos laboratoriais	O aluno realiza o experimento de forma autônoma e registra observações detalhadas.	O aluno consegue realizar o experimento, mas comete pequenos erros ou necessita de ajuda ocasional.	O aluno necessita de auxílio frequentemente para realizar experimentos e comete vários erros.	O aluno tem grande dificuldade em realizar experimentos.

Quadro A9 - Pontuação para a rubrica da quarta aula

Quadro de pontuação das Rubricas de avaliação																
	Entendimento do conceito de equilíbrio térmico				Entendimento da funcionalidade de um calorímetro				Aplicação do conceito de calor específico				Autonomia em realizar experimentos laboratoriais			
Nome	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aluno 1																
Aluno 2																
Aluno 3																
Aluno 4																
Aluno 5																
Aluno 6																
Aluno 7																
Aluno 8																
Aluno 9																
Aluno 10																

Fonte: O autor

Referências:

Schmitt, Bruno Zimmermann. **Capacidade Térmica de um Calorímetro** Prof BrunoZiSc, 2015. Duração: 6 min 36 s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Nm_4LISU7CI> Acesso em: 28 maio 2024.

A História do Gelo e da Geladeira. Dirigido por Invenções na História. YouTube, 2024. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=LdO0VVILheU>. Acesso em: 08 jul. 2024>.

Aula 5

Título da aula: O que é condutividade térmica?	Duração: 100 minutos
Professor: Alessandro Lima Konopacki	Conceitos: Lei de Fourier
Colégio: Colégio Estadual do Campo Pref. Albano Guimarães Martins	

Objetivos Específicos:

- Concluir que a constante de condutividade térmica varia de material para material;
- Distinguir materiais isolantes de materiais condutores de calor.
- Inferir que a variação da área e do comprimento dos condutores está associado ao fluxo de calor;

Referencial teórico:

Para essa aula os alunos devem trazer os conhecimentos das aulas anteriores, sendo os conhecimentos físicos aprendidos e também a sua prática em laboratório, algo que foi construído juntamente com os colegas e o professor no decorrer das aulas. Ainda partiremos da motivação inicial, vinda do professor, onde os alunos serão incentivados a buscarem uma resposta com auxílio do experimento proposto, outro ponto importante é que somente o experimento de uma equipe não trará resultados concretos para compreender o fenômeno, mas os alunos terão de comparar os resultados obtidos, para concluir quais dos materiais são isolantes ou condutores, qual tem melhor condutividade térmica e qual tem pior condutividade térmica.

O trabalho em laboratório deve ser bem coordenado entre as equipes, novamente não esperasse que o aluno porte-se como um cientista, mas através da sua vivência construa uma filosofia de busca do conhecimento, procurando sempre respostas onde ele conseguir testar suas hipóteses e concluiu ou as refutou experimentalmente.

Conteúdos:

- Lei de Fourier;
- Processo de transferência de calor por condução;

Desenvolvimento da aula:

Início: (20 min)

A aula será iniciada lembrando o experimento feito na segunda aula, na parte do desenvolvimento: “ professor irá pegar uma barra de alumínio dobrada em L e colocará no becker contendo água quente, e irá pedir para que dois alunos segurem a barra, um com a mão mais próxima ao ângulo de 90° e outro com a mão mais próximo a ponta, quando a temperatura estiver suficientemente grande para o aluno, ele deve soltar a barra. O professor deve iniciar um cronômetro para o controle do tempo, fazendo eles perceberem que o calor que está fluindo depende do tempo.”

- Nessa aula em questão, concluímos que a temperatura aumenta progressivamente em cada ponto da barra e isso era devido ao calor que estava fluindo ao longo da barra, correto?
- Então o calor sempre flui do corpo de maior temperatura para o de menor temperatura?
- É possível “atrasar” o calor?

Desenvolvimento: (35 min)

O professor irá então mostrar algumas cubas calorimétricas modificadas, são basicamente caixas retangulares, com divisórias feitas de materiais diferentes, tais como: Aço, vidro, pvc e zinco.

- Lembrando do experimento da aula anterior, podemos medir a capacidade térmica de cada uma dessas cubas?
- Como podemos fazer isso?

Espera-se que os alunos sugiram aquecer a água até seu ponto de fervura, e encher os dois lados da cuba para mudarmos a temperatura de equilíbrio para então calcularmos a capacidade térmica das cubas.

Após as medidas feitas e valores devidamente calculados, o professor pode sugerir para que os alunos repitam o processo, porém desta vez utilizando uma massa de água fria em um dos lados da cúpula.

Aplicação (40 min)

- Se colocarmos água gelada em um dos lados, os dois líquidos entrarão em equilíbrio térmico?
- O tempo é uma variável importante para esse processo?
- Qual será a diferença entre uma cúpula ou outra?

Após o experimento feito, supondo que os alunos coletaram as temperaturas em cada lado, massas de água, e que o intervalo de tempo em que eles coletaram cada medida de temperatura foi regular, o professor pode instigá los a montar um gráfico da diferença de temperatura pelo tempo, e compará los com os demais colegas.

Diário de bordo (5 min);

Os alunos deverão preencher seus diários de bordo de forma individual.

Recursos:

- Quadro e giz;
- *Kit Arduino®* e sensores de temperatura;
- Computadores com o *software* de programação *Arduino®*;
- Chapa aquecedora;
- Cronômetros;
- Educatron para *slides*

Avaliação:

A avaliação será por meio de rubricas;

TABELA A10 - Rubrica de avaliação da quinta aula

	Muito bom (4)	Bom (3)	É quase isso (2)	Vamos repensar (1)
--	---------------	---------	------------------	--------------------

Compreensão da variação da constante de condutividade térmica entre materiais	O aluno explica que a constante de condutividade térmica varia de material para material, citando exemplos de condutores e isolantes térmicos.	A aluno entende que os materiais diferentes possuem uma propriedade chamada condutividade térmica referente a cada material.	O aluno menciona a variação da constante de condutividade térmica, sua explicação carece de detalhes.	O aluno não demonstra compreensão da variação da constante de condutividade térmica entre materiais.
Distinção entre materiais isolantes e condutores de calor	O aluno distingue as diferenças entre materiais isolantes e condutores de calor, apoiando-se na explicação da condutividade térmica dos materiais.	O aluno consegue distinguir entre materiais isolantes e condutores de calor, mas falta associar esse fenômeno a condutividade térmica dos materiais.	O aluno tenta distinguir entre materiais isolantes e condutores de calor, mas com erros significativos.	O aluno não consegue distinguir entre materiais isolantes e condutores de calor.
Influência da área e do comprimento no fluxo de calor	O aluno explica como a variação da área e do comprimento dos condutores está associada ao fluxo de calor, citando exemplos de seu cotidiano.	O aluno entende a influência da área e o comprimento dos condutores no fluxo de calor, mas não fornece detalhes em sua explicação.	O aluno menciona a associação entre a área, o comprimento dos condutores e o fluxo de calor, mas a explicação é vaga.	O aluno não compreende influência da área e do comprimento dos condutores no fluxo de calor.
Colaboração em equipe e comparação de resultados experimentais	O aluno colabora com a equipe, comparando resultados e criando hipóteses com as demais equipes.	O aluno colabora com a equipe, mas é necessário pedir para que ele compare seus resultados com as demais equipes.	O aluno precisa ser cobrado para colaborar com a equipe e comparar resultados.	O aluno tem dificuldade em colaborar com a equipe e comparar resultados.

Quadro A11 - Pontuação para a rubrica da quinta aula.

Quadro de pontuação das Rubricas de avaliação				
	Compreensão da variação da constante de condutividade térmica entre materiais	Distinção entre materiais isolantes e condutores de calor	Influência da área e do comprimento no fluxo de calor	Colaboração em equipe e comparação de resultados experimentais

Nome	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aluno 1																
Aluno 2																
Aluno 3																
Aluno 4																
Aluno 5																
Aluno 6																
Aluno 7																
Aluno 8																
Aluno 9																
Aluno 10																

Fonte: O autor

Figura 16: Fotografia de calorímetros adaptados para o experimento de condução.



Fonte: O autor

Referências:

FERREIRA, Marcello; SILVA FILHO, Olavo Leopoldino da; NUNES, Daniel Sampaio; FARIA JÚNIOR, Edvaldo Vieira. **Calorimetria no ensino fundamental: potencialidades de uma sequência de ensino investigativa.** Revista do Professor de Física, Brasília, v. 2, n. 3, 2018.

Schmitt, Bruno Zimmermann. **Capacidade Térmica de um Calorímetro** Prof BrunoZiSc, 2015. Duração: 6 min 36 s. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Nm_4LISU7CI Acesso em: 28 maio 2024.>

Aula 6:

Título da aula: O que é convecção térmica?	Duração: 100 minutos
Professor: Alessandro Lima Konopacki	Conceitos: Lei do resfriamento de Newton
Colégio: Colégio Estadual do Campo Pref. Albano Guimarães Martins	

Objetivos:

- Inferir que a variação entre as áreas de contato entre os fluidos causa variação no fluxo de calor;
- Inferir que o tempo de resfriamento também está associado a condições como a diferença de temperatura entre os fluidos;
- Explicar fisicamente os gráficos encontrados nos experimentos de decaimento de temperatura;

Referencial teórico

Para essa aula, temos o uso das habilidades em construção de gráficos e interpretação, pois para o estudo da Lei do resfriamento de Newton, sem utilizar cálculos mais complexos, a análise gráfica é essencial, logo o professor tem o papel de parceiro mais capaz se surgirem dúvidas que o debate e pesquisa entre os grupos não conseguiram sanar.

A motivação dada para a aula será feita com base em questionamentos feitos pelo professor, servindo para fomentar a curiosidade natural do aluno, onde até mesmo podem compartilhar histórias de vida por um breve momento. Espera-se que o seu comportamento em laboratório seja o de respeitar as opiniões dos colegas e compartilhar suas informações e ideias para o estudo do fenômeno.

Conteúdos:

- Lei do resfriamento de Newton;
- Processo de transferência de calor por convecção;

Desenvolvimento da aula:**Início: (15 min)**

A aula será iniciada com a seguinte questão:

- Como os peritos criminais conseguem identificar a hora da morte de um corpo?
- É possível prever com exatidão, qual será a temperatura de uma pizza se deixarmos ela em uma sala fechada por algumas horas?
- Em dias distintos, onde suas temperaturas são extremas, tanto para mais quanto para menos, se abandonarmos um copo de café sob uma mesa, em qual das situações o copo esfriará mais rapidamente, no dia de maior temperatura ou no dia de menor temperatura?

Desenvolvimento: (40 min)

Aproveitando a discussão gerada acima, com as questões motivadoras, é esperado que os alunos tomem a iniciativa de testar as hipóteses. O professor então auxiliá-los realizando uma série de perguntas, no decorrer do experimento.

- Como podemos testar cada uma dessas hipóteses?
- Podemos primeiro estudar fenômeno e depois tentar encontrar uma expressão para prever determinados tempos?
- E se fervermos certa massa de água e esperarmos essa massa esfriar, podemos construir um gráfico com esses dados?
- Será que a área de contato com o ar é importante? Como testar isso?
- Será que todo corpo exposto a uma atmosfera tem seu decaimento de temperatura parecido com o da água? A temperatura ambiente interfere no processo de decaimento da temperatura?

A fim de chegar nas correntes de convecção, o professor irá realizar a seguinte pergunta.

- Qual reação essa troca de calores gera em nosso fluido?

Aplicação (40 min)

O professor irá mostrar para os alunos a experiência feita pelo canal Manual do mundo, Como surge o vento, onde temos um aquário cheio de água à temperatura ambiente na base do aquário são colocados dois recipientes plásticos contendo água quente e outro água gelada, para assim mostrar os efeitos das correntes de convecção.

- O que está acontecendo dentro do aquário?
- Isso acontece no seu dia a dia? Quando?
- Onde temos o aquecimento e onde temos o resfriamento?
- Por que a água está subindo no lado quente e descendo no lado frio?

Pode-se gerar alguma discussão sobre a pergunta acima, correndo o risco do foco da aula ser desviado, mas pode-se aproveitar essa situação perguntando:

- O que é densidade?
- O ar tem uma densidade?
- Quem tem a maior densidade, ar quente ou ar frio?
- Quem tem a maior densidade, água quente ou água fria?
- Como posso chamar esse efeito de um fluido descer e outro fluido subir?

Diário de bordo (5 min);

Os alunos deverão preencher seus diários de bordo de forma individual.

Avaliação:

A avaliação será por meio de rubricas:

TABELA A12 - Rubrica de avaliação para a sexta aula

	Muito bom (4)	Bom (3)	É quase isso (2)	Vamos repensar (1)
Entender que a variação entre as áreas de contato entre os fluidos causa variação no fluxo de calor	O aluno entende que a variação da área de contato entre os fluidos causa variação no fluxo de calor, mostrando os dados experimentais.	O aluno entende a relação entre a variação da área de contato e a variação rápida da temperatura, mas associa de forma vaga ao fluxo de calor aumentar ou diminuir.	O aluno menciona a relação entre a área de contato e a queda de temperatura, mas não associa a variação do fluxo de calor.	O aluno não demonstra entendimento da relação entre a área de contato e o fluxo de calor.
Entender que o tempo de resfriamento também está associado a diferença de temperatura.	O aluno entende que a diferença de temperatura é uma das variáveis que influenciam no tempo de resfriamento de um corpo, citando exemplos.	O aluno entende o tempo de resfriamento de um corpo está associado a diferença de temperatura entre o corpo e o ambiente.	O aluno entende que para uma diferença pequena de temperatura o tempo de resfriamento é menor, do que para uma diferença grande de temperatura.	O aluno não consegue entender a relação entre a diferença de temperatura e o tempo de resfriamento ou não fornece justificativas claras.
Explicar fisicamente os gráficos encontrados nos experimentos de decaimento de temperatura	O aluno explica a física dos gráficos de decaimento de temperatura encontrados nos experimentos e interpreta os dados experimentais de forma precisa.	O aluno interpreta os gráficos e consegue relacionar com o experimento feito em sala de forma vaga.	O aluno faz interpretações dos gráficos, mas não consegue associar o gráfico ao experimento feito, sua explicação é fraca em detalhes.	O aluno não consegue ligar os gráficos ao experimento feito, além de não conseguir realizar a interpretação adequada para cada gráfico.
Colaboração em equipe e comparação de resultados experimentais	O aluno colabora com a equipe durante todo o processo, compartilhando informações e ideias detalhadas e compara os resultados com as	O aluno colabora com a equipe, mas até certo ponto, e compara os resultados experimentais mas não os discute.	O aluno precisa ser orientado para colaborar com a equipe e tenta comparar os resultados, mas sem uma discussão apropriada.	O aluno tem dificuldade em colaborar com a equipe e não consegue comparar os resultados experimentais de forma eficiente.

	demais equipes.			
--	-----------------	--	--	--

Quadro A13 - Pontuação para a rubrica de avaliação da sexta aula

Quadro de pontuação das Rubricas de avaliação																
	Entender que a variação entre as áreas de contato entre os fluidos causa variação no fluxo de calor				Entender que o tempo de resfriamento também está associado a diferença de temperatura.				Explicar fisicamente os gráficos encontrados nos experimentos de decaimento de temperatura				Colaboração em equipe e comparação de resultados experimentais			
Nome	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aluno 1																
Aluno 2																
Aluno 3																
Aluno 4																
Aluno 5																
Aluno 6																
Aluno 7																
Aluno 8																
Aluno 9																
Aluno 10																

Fonte: O autor

Recursos:

- Quadro e giz;
- *Kit Arduino®* e sensores de temperatura;
- Computadores com o *software* de programação *Arduino®*;
- Chapa aquecedora;
- Cronômetros;
- Educatron para *slides*

Referências:

FERREIRA, Marcello; SILVA FILHO, Olavo Leopoldino da; NUNES, Daniel Sampaio; FARIA JÚNIOR, Edvaldo Vieira. **Calorimetria no ensino fundamental: potencialidades de uma sequência de ensino investigativa**. Revista do Professor de Física, Brasília, v. 2, n. 3, 2018.

MANUAL DO MUNDO. **De onde vem o vento?** Aprenda com uma experiência!

Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=JuxZTgWEKfs>>. Acesso em: 31 maio 2024.

Aula 7:

Título da aula: O que é irradiação térmica?	Duração: 100 minutos
Professor: Alessandro Lima Konopacki	Conteúdo: Lei de Stefan-Boltzmann
Colégio: Colégio Estadual do Campo Pref. Albano Guimarães Martins	

Objetivos Específicos:

- inferir que a cor dos corpos influencia na absorvidade e na emissividade da radiação;
- Relacionar a área do corpo com a quantidade de energia incidente ;
- Concluir que as ondas eletromagnéticas não precisam de um meio para se deslocar;

Referencial teórico

Para essa aula os alunos devem recorrer ao aporte teórico das aulas anteriores, onde suas habilidades em construção de gráficos e o amadurecimento do convívio em laboratório será de fundamental importância, os alunos realizaram três experimentos que parecem não ter conexão com os demais, onde o professor atuará como companheiro mais capaz, auxiliando na busca de respostas, mas sem entregá-las prontas. O professor deve motivar os alunos através de questões que irão fazer o aluno refletir sobre o fenômeno observado, gerando certo desequilíbrio no estudante, e fazendo com que eles venham a discutir sobre os dados recolhidos.

Através da cultura de pesquisa espera-se que os alunos sugiram meios de coletar dados, ou então maneiras criativas para se realizar as medidas de maneira mais segura e precisa. A essa altura, o aluno deve estar se comunicando melhor com os demais grupos, e também pedindo para os demais seus resultados para a comparação e suas devidas discussões, o professor então deve se atentar a linguagem utilizada, para que eles entendam a importância da comunicação em padrão entre pesquisadores;

Conteúdos:

- Irradiação térmica;
- Processo de transferência de calor por irradiação;

Desenvolvimento da aula

Início: (15 min)

Podemos iniciar a aula de duas maneiras:

A **primeira** se o dia estiver ensolarado, os alunos podem ser levados para a quadra poliesportiva descoberta do colégio ou para um espaço aberto qualquer, com lupas em mãos, onde o professor irá pedir para que os mesmos coloquem fogo em uma pequena folha de papel. Obs: As folhas dadas aos alunos devem ser de cores diferentes; As folhas devem ser pequenas para não haver risco de incêndio.

O professor pode pedir para os alunos pegarem folhas de diversas cores para tentarem colocar fogo com uma lupa, e incentivar a discussão entre eles com perguntas como:

- Qual folha pegou fogo primeiro?
- Qual folha demorou mais para pegar fogo?
- Será que a cor das folhas influencia em algo?

A **segunda** opção será um experimento clássico de irradiação térmica, usaremos uma lâmpada incandescente, fixada no centro de uma base quadrada, com duas chapas de alumínio uma preta e a outra branca, que estejam equidistantes da lâmpada, na parte oposta a lâmpada podemos com a ajuda de um pingo de parafina, colocar algum objeto. O professor pode fomentar a discussão com as seguintes perguntas:

- Qual dos dois dados caiu primeiro?
- Isso foi uma coincidência?
- Será que a cor influencia no aquecimento de corpos?

Desenvolvimento: (40 min)

O professor então, irá acender uma vela para cada um dos grupos de alunos e irá pedir para que eles mantenham uma distância segura da vela:

- coloque sua mão acima da chama da vela, a uma distância que não a queime.
- O que está sentindo em sua mão?
- Qual o processo de transferência de calor que está acontecendo?
- Agora coloque a sua mão na lateral da vela, a uma distância a queime.
- O que está sentindo em sua mão?
- Qual o processo de transferência de calor? É condução? É convecção?
- Conhecemos algum processo que aqueça corpos através da luz?
- Já parou para pensar como o sol aquece o planeta?
- Desconsiderando os demais planetas do sistema solar, o que temos entre o Sol e a Terra?

Nesse momento o professor irá pedir para que os alunos realizem uma pesquisa com o seguinte tema: Como o Sol aquece a terra? (10 min).

- Chegamos a quais conclusões com a pesquisa?

Aplicação (40 min)

A Partir da pesquisa um novo experimento será realizado, com uma lâmpada de infravermelho, e latas de refrigerante, de diversas cores:

Posicionando a lâmpada de tal maneira a manter a mesma distância em cada uma das latas, os alunos irão colocar certa massa de água, com o sensor de temperatura MF52, a temperatura será monitorada com intervalos de tempo iguais. Será pedido para que os alunos façam um gráfico da temperatura pelo tempo de cada lata, para que eles consigam perceber a diferença na velocidade de aquecimento entre as latas de cores diferentes.

- Qual foi a lata que se aqueceu mais rapidamente?
- Qual foi a lata que se aqueceu mais lentamente?
- Quais são as diferenças entre as latas?

- A área da lata, exposta a luz precisa ser levada em consideração?
- Quando estávamos fazendo o experimento, as latas refletiam muito a luz da lâmpada? Isso tem relação com o aquecimento dos corpos?
- Posso considerar que a lata preta absorve mais energia que a lata branca? A lata preta é um bom absorvedor?

Diário de bordo (5 min);

Os alunos deverão preencher seus diários de bordo de forma individual.

Avaliação:

A avaliação será feita por rubricas;

TABELA A14 - Rubrica de avaliação da sétima aula.

	Muito bom (4)	Bom (3)	É quase isso (2)	Vamos repensar (1)
Entender que a cor dos corpos influencia na absorvidade e na emissividade da radiação	Entende que a cor influencia na absorvidade e emissividade da radiação, fornecendo exemplos concretos.	Entende a relação entre a cor e a absorvidade e a emissividade de um corpo.	Menciona a influência da cor na variação da temperatura, mas a relação entre absorvidade e emissividade é confusa.	Não demonstra entendimento da relação entre a cor e a absorvidade e a emissividade.
Entender a relação da área do corpo com a quantidade de energia incidente	Entende que a área do corpo influencia na quantidade de energia incidente, facilitando a variação da temperatura.	Entende a relação entre a área do corpo e a energia incidente, mas sua explicação carece de detalhes.	Menciona a relação entre a área do corpo e a energia incidente, mas não define qual é a área da qual está falando.	Não demonstra entendimento da relação entre a área do corpo e a energia incidente.
Concluir que as ondas eletromagnéticas não precisam de um meio para se deslocar	Entende que as ondas eletromagnéticas não precisam de um meio para se deslocar e	Entende que as ondas eletromagnéticas não precisam de um meio, mas seus	Menciona que as ondas eletromagnéticas não precisam de um meio, mas não explica	Não demonstra entendimento sobre o assunto.

	fornece exemplos detalhados sobre o fenômeno.	exemplos não são muito detalhados.	o fenômeno.	
Entender a colaboração em equipe e a comparação de resultados experimentais	Colabora durante todo o processo com a equipe, sugere métodos de coleta de dados e busca entender os resultados de forma pontual.	Colabora com a equipe, sugere métodos de coleta de dados.	Necessita de orientação para colaborar com a equipe.	Tem dificuldade em colaborar com a equipe, e em sugerir métodos de coleta de dados.

Quadro A15 - Pontuação para a rubrica da sétima aula.

Quadro de pontuação das Rubricas de avaliação																
	Entender que a cor dos corpos influencia na absorvidade e na emissividade da radiação				Entender a relação da área do corpo com a quantidade de energia incidente				Concluir que as ondas eletromagnéticas não precisam de um meio para se deslocar				Entender a colaboração em equipe e a comparação de resultados experimentais			
Nome	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aluno 1																
Aluno 2																
Aluno 3																
Aluno 4																
Aluno 5																
Aluno 6																
Aluno 7																
Aluno 8																
Aluno 9																
Aluno 10																

Fonte: O autor

Recursos:

- Quadro e giz;
- *Kit Arduino®* e sensores de temperatura;

- Computadores com o *software* de programação Arduino®;
- Lâmpada infravermelha;
- Cronômetros;
- Educatron para *slides*

Referências:

Física vídeo. **Irradiação Térmica - Legendas em Português**. Disponível em:
<<https://www.youtube.com/watch?v=vgghEa0jIYI>>. Acesso em: 06 jun. 2024.

Universidade de São Paulo. Luz - **Absorção, emissão e espectros atômicos: material de apoio 2017**. 2017. Disponível em:< <https://encurtador.com.br/Gllg9>>
Acesso em: 06 jun. 2024

Donoso, J. P. **Radiação Térmica**. Instituto de Física de São Carlos, Universidade de São Paulo. Disponível em:
<https://www.ifsc.usp.br/~donoso/fisica_arquitetura/10_radiacao_termica.pdf.>
Acesso em: 06 jun. 2024.

Aula 8:

Título da aula: Vamos mostrar nossos resultados?	Duração: 100 minutos
Professor: Alessandro Lima Konopacki	Conceitos: Apresentação dos resultados
Colégio: Colégio Estadual do Campo Pref. Albano Guimarães Martins	

Objetivos Específicos:

- Apresentar os resultados obtidos durante as aulas;
- Discutir os *feedbacks* feitos pelo professor em cada aula;
- Apresentar os relatos do diário de bordo;

Referencial teórico:

Para essa aula, o aluno irá fazer um fechamento dos conteúdos vistos até o momento, em forma de um trabalho que busca responder uma questão motivadora, realizada na primeira aula, para isso o aluno irá ter que pensar em toda a experiência que teve dentro do laboratório, suas dúvidas e dificuldades, recorrer às suas anotações e registros feitos em sala de aula, a apresentação será em grupos, isso deixa os alunos mais confortáveis e fazemos um atuar na ZDP do outro.

O professor terá o papel de motivar os alunos a fazer a apresentação, deixando eles confortáveis e deixando claro que aquele ambiente não é para julgamentos, e sim para apresentação de um trabalho, também é papel do professor questionar os alunos para conseguir comparar seus conhecimentos da primeira aula onde foram feitas algumas questões com essa finalidade.

Conteúdos:

Síntese integradora dos conteúdos

- Calor e temperatura;
- Equilíbrio térmico e calorímetros;
- Calor sensível e calor latente;
- Processo de transferência de calor por condução;
- Processo de transferência de calor por convecção;
- Processo de transferência de calor por irradiação;

Desenvolvimento da aula

Início: (10 min)

O professor iniciará a aula organizando os grupos de alunos que iram realizar as apresentações, e de acordo com a quantidade de grupos teremos a divisão dos tempos, podemos supor um tempo de 20 min por grupo.

Desenvolvimento: (60 min)

As apresentações devem seguir o tema dado na primeira aula que é basicamente responder as perguntas:

- Por que algumas casas durante algumas estações do ano tem maior temperatura do que as outras?
- Como resolver esse problema?
- E como deixar a casa com uma temperatura mais agradável durante as estações mais quentes do ano?

Espera-se que os alunos respondam as perguntas de maneira a encaixar suas experiências durante as aulas, mostrando os dados coletados durante os experimentos e imagens.

Aplicação (25 min)

O professor irá realizar um *feedback* com os alunos, pedindo para que eles leiam seus diários de bordo de acordo com a sua vontade, expondo suas opiniões e dificuldades sobre cada aula, o professor irá ler o seu diário de bordo também, juntamente com a avaliação dos alunos nas rubricas, compartilhando suas experiências com as aulas ministradas.

Diário de bordo (5 min);

Os alunos deverão preencher seus diários de bordo de forma individual.

Avaliação:

A avaliação será feita por rubricas:

TABELA A16 - Rubrica de avaliação da oitava aula.

	Muito bom (4)	Bom (3)	É quase isso (2)	Vamos repensar (1)
Apresentação dos Resultados	Explica os experimentos feitos, mostrando seus resultados, gráficos e tabelas, discutindo cada um com seu grupo e as demais equipes.	Explica cada experimento feito, mostrando seus dados e conclusões.	Apresenta os resultados de cada experimento, com poucos dados e quase nenhuma discussão	Apresenta os resultados de maneira desleixada, sem discuti-los.
Debate dos <i>Feedbacks</i> do Professor	Debate <i>feedbacks</i> de maneira crítica e construtiva, buscando sempre argumentar com os colegas e o professor, irá buscar formas de melhorar os seus pontos fracos.	Encara os <i>feedbacks</i> de forma construtiva e discute com os colegas e professor, o que melhorar.	Somente aceita os <i>feedbacks</i> , mas não os discute e busca formas de melhorar.	Não demonstra entendimento dos <i>feedbacks</i> .
Discussão dos Escritos do Diário de Bordo	Lê seus registros, e discute ponto a ponto o que escreveu, buscando justificar-se para o melhor entendimento dos demais.	Lê seus registros e comenta os pontos que achou relevantes.	Lê seus registros e não faz discussão alguma sobre.	Não lê seus registros e não participa das discussões.
Participação e Colaboração em Equipe	Colabora, contribui com ideias e mostra proatividade e liderança.	Colabora com a equipe, e desempenha o papel que lhe foi atribuído.	Necessita de orientação para colaborar, e não segue sua função.	Tem dificuldade em colaborar, e não segue sua função.

Quadro A17 - Pontuação para a rubrica da oitava aula

Quadro de pontuação das Rubricas de avaliação																
	Apresentação dos Resultados				Debate dos <i>Feedbacks</i> do Professor				Discussão dos Escritos do Diário de Bordo				Participação e Colaboração em Equipe			
Nome	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Aluno 1																
Aluno 2																
Aluno 3																
Aluno 4																
Aluno 5																
Aluno 6																
Aluno 7																
Aluno 8																
Aluno 9																
Aluno 10																

Fonte: O autor

Recursos

- folhas e canetas;
- Notebook para apresentação e pesquisas;

Referências

DESENVOLVIMENTO SAUDÁVEL. **A importância do *Feedback* para o aluno.** Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=HPplgpNTEBY>.> Acesso em: 11 jul. 2024.

5.2 SLIDES PRODUZIDOS

Para aproveitarmos melhor o tempo durante as aulas, foram produzidos *slides*, para que os alunos lessem e fizessem suas anotações em seus cadernos. Os *slides* possuem as perguntas dos planos de aula, com alguns hiperlinks e imagens que também estão presentes nos planos de aula, caso o leitor queira receber esse material, deve entrar em contato com o autor pelo seguinte endereço eletrônico: alessandrokonopacki@gmail.com para o compartilhamento dos arquivos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de ciências é uma tarefa desafiadora, e pensando nisso esse produto educacional, busca mostrar aulas onde o foco não é propriamente o conceito físico, mas sim a construção desse conhecimento até chegarmos no conceito devidamente estruturado, alfabetizado cientificamente os alunos e fazendo com que eles percebam a ciência como algo construído cotidianamente.

Ao professor que desejar aplicar essa sequência de aulas, deve prestar atenção em seu comportamento em sala de aula, pois será um mediador do conteúdo, atuando como colega mais capaz em alguns momentos, logo, deve-se deixar os estudantes ganharem autonomia no laboratório no decorrer das aulas.

Espero que o presente trabalho colabore com as suas experiências em sala de aula, e consiga desenvolver o interesse pelas ciências nos estudantes, neste trabalho temos as teorias e método que foram aplicados, além dos planos de aula e rubricas de avaliação utilizadas em cada aula, ficando a critério do leitor fazer suas respectivas adaptações cabíveis, perante a sua realidade escolar.

Algo importante a se destacar é que as atividades foram planejadas para uma turma em contra-turno, logo, o tempo de cada aula poderia ser maior por isso, temos aulas de 100 minutos, caso queira, o professor pode adaptar as aulas a fim de otimizar o tempo, fazendo com que as aulas se encaixem nos clássicos 50 minutos.

REFERÊNCIAS

- MELO, P. R. Lei de Fourier. Brasil Escola, Goiânia. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/lei-fourier.htm>. Acesso em: 6 set. 2025.
- CARVALHO, A. M. P. de (Org.). **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.
- CARVALHO, A. M. P. de. **O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas**. São Paulo: Cengage Learning, 2022. 152 p.
- CARVALHO, A. M. P. de. *Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação*. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 765–794, 2018.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de física**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. v. 2.
- MELO, A. S. E. de; MAIA FILHO, O. N.; CHAVES, H. V. Lewin e a pesquisa-ação: gênese, aplicação e finalidade. **Fractal: Revista de Psicologia**, Niterói, v. 28, n. 1, p. 153–159, 2016. DOI: 10.1590/1984-0292/1162. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/fractal/a/MM3jfxNVLZG9JP3bcmXpf8H/>. Acesso em: 5 dez. 2025.
- NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica: fluidos, oscilações e ondas, calor**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002. v. 2.
- PIERES, A. Lei de resfriamento de Newton. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2011. Material didático. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/tex/fis01043/20011/Adriano/principal.html>. Acesso em: 3 jan. 2025.
- PIRES, D. P. L.; AFONSO, J. C.; CHAVES, F. A. B. Do termoscópio ao termômetro digital: quatro séculos de termometria. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 6, p. 1393-1400, 2006. DOI: 10.1590/S0100-40422006000600032. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/jRkCYG7MRtXyzWTyRkcbKj/>. Acesso em: 5 dez. 2025.
- RICHARDSON, R. J. Como fazer pesquisa-ação. In: RICHARDSON, R. J. (Org.). Pesquisa-ação. João Pessoa: **Editora Universitária da UFPB**, 2004. p. 149–174.
- SILVA, B. G. Sequência didática com história da ciência: a evolução do conceito de calor. **Revista Científica Semana Acadêmica**, Fortaleza, v. 9, n. 212, 2021. DOI: 10.35265/2236-6717-212-12430. Disponível em: <https://semanaacademica.org.br/artigo/sequencia-didatica-com-historia-da-ciencia-evolucao-do-conceto-de-calor>. Acesso em: 5 dez. 2025.

SILVA, D. C. M. da. *Conceitos de calor através da história*. *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/conceitos-calor-atraves-historia.htm>. Acesso em: 30 abr. 2024.

THIOLLENT, M. ***Metodologia da pesquisa-ação***. 18. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

TRIPP, D. *Pesquisa-ação: uma introdução metodológica*. ***Educação e Pesquisa***, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443–466, set./dez. 2005.

VÁLIO, L. M. M. et al. ***Ser protagonista: física***. 2. ed. São Paulo: SM, 2016. v. 2.

WIKIPÉDIA. *Benjamin Thompson*. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Benjamin_Thompson. Acesso em: 4 abr. 2024.

WIKIPÉDIA. *Lei de Stefan–Boltzmann*. Disponível em: https://en.wikipedia.org/wiki/Stefan%E2%80%93Boltzmann_law. Acesso em: 9 abr. 2025.

WIKIPÉDIA. *Lei do resfriamento de Newton*. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Lei_do_resfriamento_de_Newton. Acesso em: 7 abr. 2025.