



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO (UFCAT)
INSTITUTO DE FÍSICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO EM ENSINO DE FÍSICA**

EDUARDO DIVINO MIRANDA PEREIRA

**ENSINANDO CONCEITOS INICIAIS DE TERMOLOGIA: UMA UNIDADE DE
ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA A SER DESENVOLVIDA NA
COZINHA**

CATALÃO (GO)
2025



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO

INSTITUTO DE FÍSICA

Av. Dr. Lamartine Pinto de Avelar, número 1120, - Bairro Setor Universitário, Catalão/GO, CEP 75704-020
Telefone: - - <https://www.ufcat.edu.br>

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA)

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DE TESES E DISSERTAÇÕES DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO (UFCAT)

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Catalão (UFCAT) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFCAT), sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei 9.610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFCAT é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação ou Tese?

Dissertação

2. Nome completo do autor

EDUARDO DIVINO MIRANDA PEREIRA

3. Título do trabalho

Ensinando conceitos iniciais de Termologia: Uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa a ser desenvolvida na cozinha

4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento: [] **SIM** [] **NÃO**¹

[¹] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa.

Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

a) consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

b) novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor



Documento assinado eletronicamente por **MARCIONILIO TELES DE OLIVEIRA SILVA, Orientador(a)**, em 06/11/2025, às 21:35, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **EDUARDO DIVINO MIRANDA PEREIRA, Usuário Externo**, em 14/11/2025, às 09:42, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufcat.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0228760** e o código CRC **DA95CE03**.

EDUARDO DIVINO MIRANDA PEREIRA

**ENSINANDO CONCEITOS INICIAIS DE TERMOLOGIA: UMA UNIDADE DE
ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA A SER DESENVOLVIDA NA
COZINHA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, da Unidade Instituto de Física, da Universidade Federal de Catalão (UFCAT), como requisito para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Área de concentração: Física na Educação Básica. Linha de Pesquisa: Física no Ensino Médio.

Orientador: Professor Doutor Marcionílio Teles de Oliveira Silva.

CATALÃO (GO)
2025

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFCAT.

Pereira, Eduardo Divino Miranda
Ensinando conceitos iniciais de Termologia : uma unidade de ensino potencialmente significativa a ser desenvolvida na cozinha / Eduardo Divino Miranda Pereira. - 2025.
178 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Catalão, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física em Rede, Catalão, 2025.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui fotografias, símbolos, gráfico, tabelas, lista de figuras.

1. Ensino de Física. 2. Aprendizagem Significativa. 3. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa. 4. Temperatura. 5. Cozinha. I. Silva, Marcionílio Teles de Oliveira, orient. II. Título.

CDU 53:37

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO

INSTITUTO DE FÍSICA

Ata nº 06 da sessão de Defesa de Dissertação de Mestrado de **EDUARDO DIVINO MIRANDA PEREIRA** que confere o título de **MESTRE** em **ENSINO DE FÍSICA**, na área de concentração em **FÍSICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA**. Aos **DEZOITO DIAS DO MÊS DE AGOSTO DO ANO DE DOIS MIL E VINTE E CINCO**, a partir das **14:00** horas, **ONLINE (GOOGLE MEET)**, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação de Mestrado intitulada “**ENSINANDO CONCEITOS INICIAIS DE TERMOLOGIA: UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA A SER DESENVOLVIDA NA COZINHA**”. Os trabalhos foram instalados pelo orientador, Professor Doutor **MARCIONILIO TELES DE OLIVEIRA SILVA - IF/UFCA** com a participação dos demais membros da banca examinadora: Professor Doutor **DENIS REZENDE DE JESUS - IF/UFCA**, membro titular interno, Professora Doutora **VANESSA CARVALHO DE ANDRADE – IF/UnB**, membro titular externo. Durante a arguição, **NÃO HOUVE** sugestão de alteração do título do trabalho. A banca examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da dissertação, tendo sido o candidato **APROVADO** pelos seus membros. Proclamados os resultados pelo Professor Doutor **MARCIONILIO TELES DE OLIVEIRA SILVA - IF/UFCA** , presidente da banca examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos membros da banca examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **MARCIONILIO TELES DE OLIVEIRA SILVA, Orientador(a)**, em 06/11/2025, às 21:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **DENIS REZENDE DE JESUS, Professor(a) do Magistério Superior**, em 07/11/2025, às 11:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Vanessa Carvalho de Andrade, Usuário Externo**, em 10/11/2025, às 14:37, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufca.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0228749** e o código CRC **02C12DED**.

DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação ao Senhor Jesus Cristo e à minha amada esposa Milka.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus mais profundos agradecimentos a todos que contribuíram para o sucesso desta Dissertação de Mestrado. Nesta jornada desafiadora e gratificante, tive o apoio e o incentivo de pessoas e instituições essenciais aos quais sou imensamente grato por isso.

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me conceder sabedoria, força e orientação durante todo o percurso desta pesquisa. Sua presença foi fundamental para superar os obstáculos e encontrar inspiração nos momentos mais difíceis de lutas internas e externas.

Aos meus pais, que sempre foram meu porto seguro e minha maior fonte de apoio, dedico um agradecimento especial. Sua dedicação, amor incondicional e ensinamentos de vida foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

À minha esposa, Milka Correa de Mendonça, que esteve ao meu lado durante toda a jornada do Mestrado, sou imensamente grato. Seu amor, paciência, compreensão e incentivo foram essenciais para que eu pudesse enfrentar os desafios acadêmicos e conciliá-los com os compromissos pessoais. Sua presença constante e apoio inabalável foram fundamentais para minha motivação e sucesso.

Agradeço à Universidade Federal de Catalão por oferecer o programa de Mestrado em Ensino de Física. Sua excelência acadêmica, infraestrutura e corpo docente altamente qualificado proporcionaram um ambiente propício para o desenvolvimento desta pesquisa. Sou grato por ter tido a oportunidade de estudar em uma instituição de ensino comprometida com a qualidade e a formação de profissionais competentes.

Expresso minha gratidão à Sociedade Brasileira de Física pela iniciativa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. O investimento e a valorização do Ensino da Física no país são de extrema importância para o avanço da Educação Científica. Sou grato por fazer parte deste programa e por contar com o respaldo de uma instituição renomada como a SBF.

Agradeço também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) pelo financiamento concedido para a realização desta pesquisa – Código de Financiamento 001. O apoio financeiro foi essencial para a execução do projeto, permitindo a obtenção de recursos e materiais necessários para a realização dos experimentos e análises. Sou grato pela confiança e investimento no meu desenvolvimento acadêmico.

Meu profundo agradecimento ao meu orientador, Professor Marcionílio. Sua orientação, conhecimento, experiência e dedicação foram cruciais para a condução deste trabalho. Sua orientação acadêmica e encorajamento constante foram essenciais para minha formação como

pesquisador e para a qualidade desta dissertação. Agradeço por compartilhar seu tempo, sabedoria e por me guiar em cada etapa do processo.

Por fim, agradeço também a todo Colégio Estadual Jardim Europa pela acolhida mesmo em meio às adversidades e pela oportunidade de realizar esta pesquisa no ambiente escolar, pois foi nessa instituição que pude vivenciar a prática do Ensino de Física e colher valiosas experiências que contribuíram para o desenvolvimento desta Dissertação de Mestrado e a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o sucesso desta dissertação de mestrado.

EPÍGRAFE

“Todo conhecimento científico é incerto” (Richard Feynman).

RESUMO

Este trabalho apresenta um produto educacional direcionado a professores de Física do Ensino Médio. O objetivo da pesquisa é fornecer elementos teóricos e metodológicos para promover uma aprendizagem significativa dos conceitos de Temperatura e Calor, utilizando a prática experimental na cozinha como fio condutor de ensino. A metodologia adotada baseia-se na estrutura das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) que busca contextualizar a aprendizagem a partir do conhecimento prévio dos alunos. Foram desenvolvidas atividades colaborativas como a produção de mapa mental, resolução de exercícios e a execução, em grupo, de uma receita de iogurte caseiro. Os resultados apontam que a sequência didática pode fornecer indícios de uma aprendizagem significativa e promessa para o desenvolvimento de trabalhos interdisciplinares e contextualizados, o que corrobora para o desenvolvimento de pesquisas futuras sobre desdobramentos e outras aplicações provenientes deste trabalho.

Palavras-chave: Ensino de Física; Aprendizagem Significativa; Unidade de Ensino Potencialmente Significativa; Temperatura; Calor; Cozinha.

ABSTRACT

This study presents an educational product designed for high school physics teachers. The research aims to provide theoretical and methodological elements to foster meaningful learning of the concepts of Temperature and Heat by using experimental practice in the kitchen as a guiding teaching strategy. The methodology is based on the framework of Potentially Meaningful Teaching Units (PMTU), which seeks to contextualize learning by building on students' prior knowledge. Collaborative activities were developed, including the creation of a mind map, problem-solving exercises, and the group-based preparation of homemade yogurt. The results indicate that the didactic sequence can provide evidence of meaningful learning and holds promise for the development of interdisciplinary and contextualized approaches. This reinforces the potential for future research exploring further applications and extensions of this study.

Keywords: Physics Teaching; Meaningful Learning; Potentially Meaningful Teaching Unit; Temperature; Heat; Kitchen.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Tripé para aprendizagem significativa	26
Figura 2.2 – Representação esquemática da assimilação	28
Figura 2.3 – Um mapa conceitual das formas e tipos de aprendizagem significativa	31
Figura 2.4 – Um mapa conceitual para a aprendizagem significativa de Ausubel	33
Figura 2.5 – Elementos educativos envolvidos no processo de negociação de significados	36
Figura 2.6 – Sistemas A e B em contato térmico	40
Figura 2.7 – Lei zero da Termodinâmica	41
Figura 2.8 – Termômetro a gás a volume constante	44
Figura 2.9 – Relação experimental entre P_f e P_e a volume constante para diferentes gases	45
Figura 2.10 – Função de distribuição $F(v)$	48
Figura 2.11 – Relação entre $F(v)$ e a Temperatura	49
Figura 2.12 – Termômetro culinário digital	55
Figura 4.13 – Registro 1 da aplicação da Aula 1 - café da manhã e roda de conversa	73
Figura 4.14 – Registro 2 da aplicação da Aula 1 - café da manhã e roda de conversa	74
Figura 4.15 – Registro 1 da aplicação da Aula 2 - experimento "enganando os sentidos"	78
Figura 4.16 – Registro 2 da aplicação da Aula 2 - experimento "enganando os sentidos"	78
Figura 4.17 – Registro 1 da aplicação da Aula 2 - Proposta de criação de mapa mental ..	79
Figura 4.18 – Registro 2 da aplicação da Aula 2 - Proposta de criação de mapa mental ..	79
Figura 4.19 – Registro 1 da aplicação da Aula 3 - Execução da receita de iogurte caseiro	83
Figura 4.20 – Registro 2 da aplicação da Aula 3 - Execução da receita de iogurte caseiro	84
Figura 4.21 – Registro 3 da aplicação da Aula 3 - Execução da receita de iogurte caseiro	84
Figura 4.22 – Registro 4 da aplicação da Aula 3 - Execução da receita de iogurte caseiro	85
Figura 4.23 – Registro 5 da aplicação da Aula 3 - Execução da receita de iogurte caseiro	85
Figura 4.24 – Resposta da aluna A à questão 1	90

Figura 4.25 – Resposta da aluna C à questão 1	91
Figura 4.26 – Resposta da aluna M à questão 1	91
Figura 4.27 – Resposta da aluna S à questão 1	91
Figura 4.28 – Resposta da aluna Y à questão 1	92
Figura 4.29 – Resposta do aluno G à questão 1	92
Figura 4.30 – Resposta do aluno O à questão 1	92
Figura 4.31 – Resposta da aluna A à questão 2	94
Figura 4.32 – Resposta da aluna C à questão 2	94
Figura 4.33 – Resposta da aluna M à questão 2	94
Figura 4.34 – Resposta da aluna S à questão 2	95
Figura 4.35 – Resposta da aluna Y à questão 2	95
Figura 4.36 – Resposta do aluno G à questão 2	95
Figura 4.37 – Resposta do aluno O à questão 2	95
Figura 4.38 – Resposta da aluna A à questão 3	97
Figura 4.39 – Resposta da aluna C à questão 3	97
Figura 4.40 – Resposta da aluna M à questão 3	97
Figura 4.41 – Resposta da aluna S à questão 3	97
Figura 4.42 – Resposta da aluna Y à questão 3	98
Figura 4.43 – Resposta do aluno G à questão 3	98
Figura 4.44 – Resposta do aluno O à questão 3	98
Figura 4.45 – Resposta da aluna A à questão 4	99
Figura 4.46 – Resposta da aluna C à questão 4	100
Figura 4.47 – Resposta da aluna M à questão 4	100
Figura 4.48 – Resposta da aluna S à questão 4	100
Figura 4.49 – Resposta da aluna Y à questão 4	100
Figura 4.50 – Resposta do aluno G à questão 4	100
Figura 4.51 – Resposta do aluno O à questão 4	101
Figura 4.52 – Resposta da aluna A à questão 5	102
Figura 4.53 – Resposta da aluna C à questão 5	102
Figura 4.54 – Resposta da aluna M à questão 5	103
Figura 4.55 – Resposta da aluna S à questão 5	103
Figura 4.56 – Resposta da aluna Y à questão 5	103
Figura 4.57 – Resposta do aluno G à questão 5	104
Figura 4.58 – Resposta do aluno O à questão 5	104

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Tipos de termômetros e suas propriedades térmicas mensuráveis	42
Quadro 2.2 – <i>String</i> de busca da revisão bibliográfica.	58
Quadro 3.1 – Relação entre os aspectos sequenciais de elaboração de uma UEPS e os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa	66
Quadro 4.1 – Questões da Avaliação Final Proposta	89

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	21
2.1. PRESSUPOSTOS TEÓRICOS DA APRENDIZAGEM	21
2.1.1. A TEORIA CLÁSSICA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL	22
2.1.1.1. QUAIS SÃO OS TIPOS? (REPRESENTACIONAL, CONCEITUAL, PROPOSICIONAL).....	26
2.1.1.2. O PROCESSO DE ASSIMILAÇÃO	27
2.1.2. AS CONTRIBUIÇÕES DE NOVAK PARA A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	33
2.2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS DA FÍSICA	38
2.2.1 INTRODUÇÃO À TEMPERATURA E AO CALOR.....	38
2.2.2 HISTÓRICO DA TERMOMETRIA	38
2.2.3 CONCEITO DE TEMPERATURA E EQUILÍBRIO TÉRMICO	40
2.2.4 MEDIÇÃO DA TEMPERATURA E ESCALAS TERMOMÉTRICAS ..	42
2.2.5 DESCRIÇÃO MICROSCÓPICA DA TEMPERATURA.....	47
2.2.6 O CONCEITO DE CALOR E TRANSFERÊNCIA DE ENERGIA.....	50
2.2.7 PRIMEIRA LEI DA TERMODINÂMICA E CONSERVAÇÃO DE ENERGIA.....	51
2.2.8 MECANISMOS DE TRANSFERÊNCIA DE CALOR	52
2.2.9 O TERMÔMETRO DIGITAL.....	54
2.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE O ENSINO DE TERMOLOGIA	58
2.3.1 PROCEDIMENTO DE BUSCA BIBLIOGRÁFICA.....	58
2.3.2 O ENSINO DE FÍSICA E A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	59
2.3.3 A RELAÇÃO ENTRE ENSINO DE FÍSICA, APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E A TERMOLOGIA	60
2.3.4 UNIDADES DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVAS SOBRE O ENSINO DE TERMOLOGIA	60
3. METODOLOGIA DA PESQUISA E DESENVOLVIMENTO	62
3.1 METODOLOGIA DA PESQUISA	62
3.1.1 ABORDAGEM E MOTIVAÇÃO DA PESQUISA	62
3.1.2 PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS TEÓRICOS (UEPS).....	63

3.1.3 PROCEDIMENTOS DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS.....	67
3.2 METODOLOGIA DE CRIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	68
3.2.1 CONCEPÇÃO E FUNDAMENTAÇÃO DO PRODUTO	68
3.2.2 ESTRUTURA E COMPONENTES DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	68
3.3 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	69
3.3.1 CONTEXTO E CARACTERIZAÇÃO DO PÚBLICO-ALVO	70
3.3.2 IMPLEMENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	70
4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	72
4.1 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	72
4.2 AULA 1: CAFÉ DA MANHÃ E RODA DE CONVERSA.....	73
4.3 AULA 2: ATIVIDADE EXPERIMENTAL E MAPA MENTAL	77
4.4 AULA 3: DESENVOLVIMENTO DE CONHECIMENTO PROCEDIMENTAL	83
4.5 AULA 4: AVALIAÇÃO FINAL	88
4.5.1 AVALIAÇÃO DA QUESTÃO 1	90
4.5.2 AVALIAÇÃO DA QUESTÃO 2.....	94
4.5.3 AVALIAÇÃO DA QUESTÃO 3	97
4.5.4 AVALIAÇÃO DA QUESTÃO 4.....	99
4.5.5 AVALIAÇÃO DA QUESTÃO 5.....	102
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	106
5.1 ALCANCE DOS OBJETIVOS	106
5.2 POSSIBILIDADE DE MELHORIA	107
5.3 PERSPECTIVAS FUTURAS	108
5.4 CONCLUSÃO	110
6. REFERÊNCIAS	111
APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL.....	114

1 INTRODUÇÃO

No panorama educacional contemporâneo, o Ensino de Física se destaca como uma área desafiadora, demandando estratégias pedagógicas inovadoras e eficazes para proporcionar aos estudantes uma compreensão profunda dos conceitos científicos. Diante dessa realidade, torna-se imperativo explorar abordagens que não apenas transmitam conhecimento, mas também estimulem a construção de significados pelos alunos. Nesse contexto, a busca pela significatividade no aprendizado emerge como uma necessidade premente.

A relevância de um ensino significativo na Física adquire uma dimensão ainda mais expressiva ao considerarmos a complexidade intrínseca dos conceitos iniciais de Termologia, especificamente os relacionados à Temperatura e Calor. Através de uma abordagem que transcende os limites tradicionais da sala de aula, propõe-se a imersão desses conceitos no ambiente cotidiano da cozinha, um espaço onde experiências sensoriais e vivências pessoais convergem, constituindo-se como um cenário rico em elementos propícios à aprendizagem significativa.

Ao trazer a Termologia para a esfera culinária, estabelece-se uma ponte entre o abstrato e o concreto, entre o conhecimento teórico e a prática do cotidiano. A cozinha, por sua natureza familiar e corriqueira, proporciona um terreno fértil para a ancoragem dos novos conhecimentos, permitindo que os estudantes construam significados a partir de suas próprias experiências sensoriais e, assim, compreendam de maneira mais profunda e duradoura os princípios fundamentais da Termologia.

Segundo Silva (2018, p. 45), "a construção do conhecimento em física deve estar intrinsecamente ligada à experiência do estudante, proporcionando-lhe a oportunidade de relacionar os conceitos científicos a situações concretas e relevantes para sua vida cotidiana". O aprendizado desses conceitos muitas vezes se depara com obstáculos que vão além da complexidade inerente da disciplina, envolvendo questões relacionadas à abstração teórica e à dificuldade de estabelecer conexões entre a teoria e a prática.

Um dos desafios recorrentes no Ensino de Física é a falta de contextualização, onde os conceitos são apresentados de maneira isolada, desvinculados da realidade vivencial dos estudantes. A Termologia, em particular, é frequentemente abordada de maneira abstrata, dificultando a compreensão dos alunos sobre fenômenos térmicos do dia a dia. Além disso, a ausência de experiências práticas muitas vezes limita a capacidade dos estudantes de relacionar os conceitos teóricos à sua vida diária.

Segundo Carvalho (2016, p.68), "a falta de contextualização no ensino de física contribui para a perpetuação da visão de que a disciplina é distante da realidade cotidiana dos alunos, dificultando a internalização dos conceitos científicos" e, ainda, segundo Martins (2019, p. 92), "a superação das barreiras conceituais no ensino de termologia demanda não apenas uma abordagem teórica clara, mas também a incorporação de atividades práticas que permitam aos alunos vivenciar e aplicar os conceitos aprendidos".

A escolha da abordagem de ensino proposta, que consiste na contextualização dos conceitos iniciais de Termologia na cozinha, é motivada por uma série de razões fundamentais que convergem para a relevância e necessidade dessa estratégia pedagógica. Essa justificativa se fundamenta na busca por superar desafios comuns enfrentados no Ensino de Física e, mais especificamente, na abordagem da Termologia.

Em primeiro lugar, conforme já mencionado, a escolha da abordagem pedagógica no âmbito da cozinha é relevante por oferecer uma oportunidade única de integrar o aprendizado teórico com experiências práticas, permitindo que os alunos visualizem e apliquem os conceitos científicos em situações tangíveis. A cozinha, sendo um espaço familiar a todos, proporciona um cenário rico para a construção de significados, uma vez que os estudantes podem relacionar diretamente os princípios teóricos aos fenômenos térmicos que ocorrem em suas atividades cotidianas.

Outra razão para a pertinência desta abordagem reside na necessidade de estimular a curiosidade e o interesse dos alunos, elementos cruciais para o engajamento efetivo no processo de aprendizagem. Como destaca Moreira (2006), "o ensino da Física frequentemente se concentra na aprendizagem mecânica e na preparação para provas, negligenciando aspectos como a criação de situações que façam sentido para os alunos, o uso de modelos e a promoção de competências científicas". A contextualização na cozinha não apenas torna os conceitos mais acessíveis, mas também desperta a motivação intrínseca ao explorar fenômenos familiares de maneira científica, promovendo um ambiente propício para a construção de conhecimento significativo.

Ademais, a proposta deste trabalho fundamenta-se em dados e estudos que evidenciam as persistentes dificuldades enfrentadas pelos alunos no processo de compreensão de certos conceitos de Física, em especial, na abordagem dos fenômenos térmicos.

Diversos estudos têm apontado para desafios significativos no Ensino de Física, indicando que muitos alunos encontram dificuldades em assimilar conceitos abstratos e aplicá-los a situações do mundo real (SANTOS, 2017; PEREIRA, 2019). A natureza abstrata e muitas

vezes matemática dos conceitos de Temperatura e Calor contribui para um distanciamento percebido pelos estudantes entre a disciplina e suas experiências diárias.

Estudos como o de Lima et al. (2020) enfatizam que a incorporação de atividades práticas e contextualizadas no processo de ensino tem um impacto positivo na assimilação e retenção do conhecimento. A pesquisa demonstrou que os alunos que participaram de aulas que integravam conceitos teóricos com experimentos práticos obtiveram resultados superiores em avaliações de compreensão em comparação com aqueles submetidos a abordagens puramente teóricas.

Além disso, estudos longitudinais, como o realizado por Silva e Martins (2020), evidenciam que a falta de continuidade na aprendizagem ao longo dos anos contribui para lacunas no entendimento dos alunos em relação a conceitos fundamentais de Física. A carência de uma abordagem integrada que possa permear diferentes fases da educação contribui para a persistência dessas dificuldades.

No contexto específico da Termologia, pesquisas como a de Oliveira et al. (2018) demonstram que a confusão entre os conceitos de Temperatura e Calor é uma ocorrência comum. A dificuldade em discernir entre esses dois fenômenos fundamentais tem sido associada à falta de abordagens práticas e à limitada conexão com experiências reais, resultando em uma compreensão superficial e muitas vezes equivocada desses princípios (MACHADO, 2016).

Estudos, como o realizado por Costa et al. (2018) e Ferreira e Silva (2019), corroboram a eficácia dessa abordagem prática, demonstrando que a contextualização dos conceitos científicos na cozinha contribui para uma compreensão mais profunda e duradoura por parte dos estudantes. A pesquisa evidenciou que os alunos que participaram de atividades práticas na cozinha apresentaram um aumento significativo na retenção do conhecimento, em comparação com aqueles que foram expostos apenas a abordagens teóricas convencionais.

Diante desse contexto, a abordagem de ensino proposta na presente pesquisa visa endereçar essas dificuldades ao incorporar elementos práticos e contextualizados, com o intuito de preencher as lacunas identificadas nos conhecimentos dos estudantes e promover uma compreensão mais aprofundada dos conceitos de Termologia. Ao utilizar a cozinha como cenário de aprendizado, busca-se proporcionar uma experiência de ensino mais holística e alinhada com as vivências cotidianas dos alunos, contribuindo para superar os desafios identificados na literatura acadêmica. Segundo a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), "os conteúdos escolares devem ser significativos para os estudantes, promovendo uma aprendizagem contextualizada e que se relacione com a vida cotidiana" (BRASIL, 2017, p. 20).

A escolha de utilizar a cozinha como um ambiente de aprendizagem para o ensino de conceitos iniciais de Termologia revela-se fundamentada na sua inegável relevância prática. A cozinha, além de ser um local comum e cotidiano, é um ambiente repleto de fenômenos térmicos, proporcionando uma riqueza de situações que podem ser exploradas didaticamente.

A familiaridade dos alunos com a cozinha é um ponto crucial. Este é um espaço onde vivenciam diariamente uma multiplicidade de interações termológicas, desde o simples ato de ferver água para fazer um café, perpassando pelas receitas até o compartilhamento dos alimentos e situações construção de vivências familiares. Tal contexto, além de relacionar os conceitos teóricos a atividades rotineiras cria um terreno propício para a aprendizagem significativa e não apenas facilita a compreensão, mas também estimula a curiosidade, pois os alunos podem questionar e explorar as razões científicas por trás de cada processo ali envolvido.

Além disso, a cozinha proporciona uma diversidade de experimentos práticos que podem ser facilmente incorporados ao processo de ensino. Investigar as propriedades térmicas de diferentes utensílios, compreender as mudanças de estado físico durante o preparo de alimentos e analisar a condução térmica durante o cozimento são exemplos de atividades que não apenas ilustram os princípios da Termologia, mas também envolvem os alunos de maneira ativa e participativa no processo de aprendizagem.

A relevância prática da cozinha como ambiente de aprendizagem é intrinsecamente ligada à necessidade de conectar os conceitos teóricos da Termologia a situações concretas, promovendo, assim, a compreensão significativa por parte dos alunos. Esta abordagem visa transcender a simples transmissão de informações, buscando estabelecer uma ponte entre a teoria e a prática, a fim de tornar o conhecimento mais tangível e aplicável no contexto cotidiano.

A fundamentação teórica deste trabalho é ancorada na Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel. Essa teoria, desenvolvida na década de 1960, destaca-se por seu enfoque na relevância do conhecimento prévio do aprendiz, defendendo que a aprendizagem é mais efetiva quando novas informações são integradas de maneira significativa aos conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva do indivíduo.

A Aprendizagem Significativa de Ausubel ocorre quando uma nova informação é relacionada a conceitos já familiares e claramente compreendidos pelo aprendiz, denominados "subsunçores". Dessa forma, o novo conhecimento adquire significado, tornando-se mais fácil de ser assimilado, retido e aplicado em diferentes contextos. A importância do conhecimento prévio do aluno é central na teoria de Ausubel, uma vez que ele atua como um ponto de ancoragem para a construção de significados.

No contexto da proposta deste trabalho, a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel justifica-se pela busca em integrar os conceitos iniciais de Termologia à realidade vivencial dos alunos, utilizando a cozinha como ambiente de aprendizagem. Ao ancorar os princípios teóricos da Termologia nas experiências cotidianas e conhecimentos prévios dos estudantes sobre fenômenos térmicos na cozinha, pretende-se criar uma ponte sólida entre o familiar e o novo, facilitando a construção de significados mais profundos.

Estudos como o de Moreira (2013) corroboram a eficácia da Teoria da Aprendizagem Significativa na promoção da compreensão e retenção do conhecimento. A pesquisa destacou que estratégias que buscam conectar novos conceitos aos conhecimentos prévios dos alunos resultam em uma aprendizagem significativa, ou seja, capaz de ser evocada e relacionada em situações novas aos estudantes. Ao adotar essa abordagem teórica, o presente trabalho almeja não apenas transmitir informações, mas também fomentar uma aprendizagem que tenha relevância e aplicabilidade na vida dos estudantes.

O método de pesquisa adotado neste trabalho segue uma abordagem qualitativa, alinhada à proposta das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) desenvolvidas por Marco Antônio Moreira. A escolha por uma abordagem qualitativa se justifica pela natureza exploratória da pesquisa, visando compreender profundamente o impacto da implementação das unidades de ensino na aprendizagem dos conceitos iniciais de Termologia.

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas propostas por Moreira baseiam-se na premissa de que a aprendizagem significativa ocorre quando os conteúdos são apresentados de maneira a conectar-se aos conhecimentos prévios dos alunos, utilizando estratégias que despertem o interesse e promovam a reflexão. Essas unidades são planejadas de modo a criar situações desafiadoras e contextualizadas, estimulando a participação ativa dos estudantes na construção de seus conhecimentos.

O desenvolvimento da pesquisa seguirá as etapas propostas por Moreira para a criação e aplicação das unidades de ensino. Inicialmente, serão identificados os subsunçores relevantes, ou seja, os conhecimentos prévios dos alunos relacionados aos conceitos de Termologia. Em seguida, serão elaboradas situações desafiadoras e contextualizadas na cozinha, utilizando estratégias como a criação de experimentos práticos, em nosso caso o desenvolvimento de uma receita culinária, e o uso de mapas mentais.

Durante a implementação das unidades de ensino, será realizada uma coleta de dados qualitativos, por meio de observações dos participantes, registros escritos dos alunos e entrevistas. Esses dados permitirão uma análise aprofundada do impacto das unidades de ensino

na aprendizagem dos conceitos de Termologia, considerando a perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e da abordagem metodológica de Moreira.

A escolha da abordagem metodológica, centrada nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas de Marco Antônio Moreira, é fundamentada na sua adequação para atingir os objetivos propostos nesta pesquisa. A abordagem qualitativa adotada visa explorar profundamente a eficácia da implementação dessas unidades no processo de ensino e aprendizagem dos conceitos iniciais de Termologia na cozinha.

A pertinência dessa abordagem metodológica reside na natureza complexa e multifacetada do fenômeno em estudo. O emprego das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas busca capturar não apenas a compreensão superficial dos conceitos pelos alunos, mas também a construção de significados mais profundos e perenes. Essa abordagem qualitativa permite uma análise abrangente das interações, das percepções e do envolvimento dos alunos, fomentando uma compreensão holística do impacto das estratégias pedagógicas propostas.

Estudos, como o de Silva et al. (2015), que exploraram a eficácia das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas no contexto do Ensino de Ciências, destacam que a abordagem qualitativa é essencial para capturar nuances e particularidades do processo de aprendizagem. A pesquisa ressaltou que a análise qualitativa permitiu uma compreensão mais rica das mudanças conceituais e atitudinais dos alunos em relação ao conteúdo, proporcionando condições para que os alunos possam aprender de forma mais significativa por meio do processo de assimilação, diferenciação e reconciliação cognitiva.

Além disso, a abordagem qualitativa é particularmente apropriada para investigar o impacto das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, pois possibilita a exploração das experiências subjetivas dos alunos e do contexto em que o aprendizado ocorre. Ao envolver métodos como observações participantes, registros escritos e exposições orais, a pesquisa poderá acessar os aspectos qualitativos e interpretativos do processo educacional, capturando nuances que podem ser perdidas em abordagens mais quantitativas.

A pesquisa proposta visa atingir objetivos específicos que buscam conhecer, compreender e aplicar em sala de aula uma sequência didática centrada nos conceitos de Temperatura e Calor, direcionada a uma turma de alunos do 2º Ano do Ensino Médio. A escolha dessa abordagem se fundamenta na intenção de explorar como a contextualização no ambiente da cozinha, aliada à Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e às Unidades de Ensino Potencialmente Significativas de Marco Antônio Moreira, pode contribuir efetivamente para a eficiência da aprendizagem de Física.

O primeiro objetivo consiste em analisar o impacto da contextualização na cozinha no processo de aprendizagem dos conceitos de Temperatura e Calor. Busca-se compreender como a escolha desse ambiente familiar pode influenciar a assimilação dos conhecimentos, promovendo uma aprendizagem mais significativa e duradoura.

O segundo objetivo direciona-se para a conexão com os subsunçores dos alunos, conforme proposto pela teoria de Ausubel. Pretende-se identificar de que maneira a sequência didática estabelece pontes com os conhecimentos prévios dos estudantes, contribuindo para a construção de significados mais sólidos.

O terceiro objetivo volta-se para a avaliação da aplicabilidade dos conceitos de Temperatura e Calor em situações diárias. O intuito é verificar em que medida os alunos são capazes de transferir os conhecimentos adquiridos na unidade de ensino para situações práticas do seu dia a dia, especialmente no contexto culinário.

O quarto objetivo focaliza o engajamento e interesse dos alunos durante a implementação da sequência didática. Procura-se compreender como a abordagem proposta desperta a participação ativa dos estudantes, influenciando positivamente o interesse pela disciplina de Física.

O quinto objetivo aborda a avaliação do papel das atividades práticas na promoção da aprendizagem significativa, por meio da qual buscamos analisar a eficácia desse elemento na facilitação da compreensão e retenção dos conceitos, bem como na promoção de uma aprendizagem mais envolvente.

O sexto objetivo concentra-se em identificar possíveis desafios e obstáculos enfrentados pelos alunos durante o processo de aprendizagem. Essa análise visa fornecer insights valiosos para ajustes e melhorias futuras na implementação da sequência didática.

Esses objetivos traçam um panorama abrangente da pesquisa, buscando não apenas medir o impacto da proposta pedagógica, mas também compreender os processos cognitivos, afetivos e práticos envolvidos na aprendizagem de Física, oferecendo uma contribuição valiosa para a eficiência do ensino.

Quanto à estrutura deste trabalho dissertativo, sua organização segue uma sequência estratégica para proporcionar uma abordagem detalhada e coerente do tema em questão. No capítulo segundo deste trabalho, são discutidos os principais conceitos e teorias que embasam a pesquisa. A Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel é detalhada, com ênfase na importância do conhecimento prévio e na forma como novos conceitos são assimilados de maneira significativa. As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) de Marco

Antônio Moreira também são apresentadas como uma ferramenta para estruturar o ensino de maneira que promova a aprendizagem profunda e duradoura.

O terceiro capítulo foca na implementação da sequência didática e na análise dos resultados obtidos. São descritas as atividades realizadas com os alunos e a aplicação prática dos conceitos de Termologia na cozinha. A análise é feita com base em dados coletados durante as aulas, como gravações de áudio, mapas mentais e produções dos alunos. A discussão conecta os resultados observados com os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa, buscando compreender o impacto da proposta pedagógica na construção do conhecimento pelos alunos.

No capítulo final, são discutidos os resultados obtidos e as implicações da pesquisa para a prática pedagógica. O impacto da contextualização na aprendizagem de Física é refletido, destacando como a abordagem utilizada conseguiu promover uma aprendizagem mais engajada e significativa. Além disso, são sugeridas possíveis melhorias na sequência didática e propostas para futuras pesquisas, incluindo a ampliação da aplicação do produto educacional em diferentes contextos e níveis de ensino.

Adicionalmente, está incluso o Apêndice A, que complementa o trabalho ao apresentar o Produto Educacional com todos os elementos de transposição didática, planos de aula com as respectivas propostas de atividades e avaliação. Essa estruturação cuidadosa visa fornecer uma visão abrangente e integrada do trabalho, permitindo uma compreensão profunda e contextualizada de cada aspecto abordado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, falaremos a respeito dos pressupostos teóricos da aprendizagem e da Física envolvidos neste trabalho acadêmico. O estabelecimento de um referencial teórico desempenha um papel fundamental na elaboração de uma dissertação de mestrado, especialmente quando o foco está no desenvolvimento de práticas inovadoras no ensino. Neste contexto específico, em que se propõe ensinar conceitos iniciais de Termologia na cozinha, a fundamentação teórica é crucial por várias razões.

O referencial teórico fornece uma base conceitual sólida para a pesquisa. Ao ancorar a dissertação em teorias consolidadas, como a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, os pesquisadores podem ter confiança na robustez e validade das estratégias pedagógicas propostas, indo ao encontro a essa consideração, um referencial teórico que trata a respeito das unidades de ensino de Moreira serve como guia para a criação de uma abordagem pedagógica que visa à compreensão profunda dos conceitos a serem trabalhados.

Estas teorias têm sido amplamente estudadas e validadas em diversos contextos educacionais, proporcionando uma estrutura confiável para embasar o trabalho de modo a evitar abordagens desconexas ou contraditórias, garantindo que a pesquisa siga uma linha lógica e coesa dotada de ferramentas que possam estimular a uma aprendizagem significativa.

Neste capítulo, também abordaremos os pressupostos teóricos ligados aos conceitos específicos de Temperatura e Calor a fim de que possamos trazer à notoriedade de maneira mais aprofundada os fundamentos que sustentam esses conceitos na Física.

2.1 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS DA APRENDIZAGEM

A compreensão da aprendizagem ao longo do tempo tem sido moldada por diversas correntes psicológicas, refletindo uma evolução na percepção do papel do indivíduo no processo educacional. O cognitivismo marca uma mudança significativa na abordagem psicológica da aprendizagem, destacando a importância dos processos mentais e cognitivos.

Previamente ao cognitivismo, a Teoria Behaviorista, desenvolvido por pesquisadores como John B. Watson e B.F. Skinner, dominou a psicologia no início do Século XX. Essa abordagem centrava-se no estudo do comportamento observável e mensurável, considerando estímulos externos como impulsionadores de respostas comportamentais. A aprendizagem era vista como uma mudança no comportamento resultante de estímulos específicos e o condicionamento operante tornou-se uma base metodológica fundamental.

Apesar de suas contribuições significativas, o Behaviorismo foi criticado por sua limitação em explicar processos mentais subjacentes à aprendizagem (Maslow, 1954). A ausência de consideração pelos aspectos cognitivos e internos da mente humana levou à busca por abordagens mais abrangentes.

O Cognitivismo surgiu, então, como uma resposta a essas críticas, ganhando destaque nas décadas de 1950 e 1960. Pesquisadores como Jean Piaget, Levy Vygotsky e David Ausubel deslocaram o foco da aprendizagem para os processos mentais internos, ou seja, esta abordagem reconhece a mente como um organismo ativo na construção do conhecimento, destacando a importância da compreensão, da interpretação, da resolução de problemas, da memória, ou seja, do processamento interno das informações.

A evolução dessas teorias teve um impacto direto no campo da educação, uma vez que as práticas educacionais foram enriquecidas com estratégias que visam não apenas a modificação de comportamentos, mas também o desenvolvimento de habilidades cognitivas essenciais para a aprendizagem significativa.

2.1.1 A Teoria Clássica da Aprendizagem Significativa de David Ausubel

Proposta por David Ausubel originalmente em seu trabalho *The psychology of meaningful verbal learning* (AUSUBEL, 1963) e reiterada posteriormente no trabalho *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view* (AUSUBEL, 2000), a Teoria da Aprendizagem Significativa busca trazer uma explicação teórica a respeito da aprendizagem cognitiva procurando descrever, em sua visão, o processo pelo qual uma pessoa adquire e incorpora novos significados à sua estrutura cognitiva. Nas palavras do próprio autor:

O conhecimento é significativo por definição. É o produto significativo de um processo psicológico cognitivo (“saber”) que envolve a interação entre ideias “logicamente” (culturalmente) significativas, ideias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o “mecanismo” mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos. (AUSUBEL, 2000).

Antes de trazermos aqui uma descrição a respeito da natureza da aprendizagem significativa, precisamos compreender o que Ausubel entende como ‘estrutura cognitiva’. Segundo Ausubel (1963), “...variáveis da estrutura cognitiva (a disponibilidade, a especificidade, a clareza, a estabilidade e a capacidade de discriminação destas ideias relevantes), reflexo daquilo que os aprendizes já sabem e da forma como o sabem”.

Em linhas gerais, estrutura cognitiva é compreendida como sendo o apanhado de todo conhecimento acumulado por um indivíduo ao longo de sua vida, na qual cada subconjunto de saberes acerca de determinada área do conhecimento, por exemplo a Termologia, caracteriza os subsunçores de tal pessoa em relação à essa mesma área do conhecimento.

Ausubel traz um esclarecimento acerca do conceito da natureza da aprendizagem significativa quando afirma que:

A ‘aprendizagem significativa’, por definição, envolve a aquisição de novos significados. Estes são, por sua vez, os produtos da aprendizagem significativa. Ou seja, o surgimento de novos significados no aprendiz reflete a ação e a finalização anteriores do processo de aprendizagem significativa. (AUSUBEL, 2000)

Segundo Ausubel:

“a essência do processo de aprendizagem significativa é que ideias simbolicamente expressas sejam relacionadas de maneira substantiva (não literal) e não arbitrárias ao que o aprendiz já sabe, ou seja, a algum aspecto de sua estrutura cognitiva especificamente relevante para a aprendizagem dessas ideias. Este aspecto especificamente relevante pode ser, por exemplo, uma imagem, um símbolo, um conceito, uma proposição, já significativo.” (AUSUBEL, 1978, p. 41).

Na perspectiva de Ausubel, a não-arbitrariedade da aprendizagem significativa refere-se a um processo pelo qual algo novo se conecta a um elemento específico e relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo, esse elemento específico é denominado por ele de “conceito subsunçor” ou simplesmente de “subsunçor”. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação se integra de forma relevante a esse componente específico – subsunçor, enriquecendo e ampliando o entendimento do aprendiz sobre o tema em questão.

Ausubel faz referência à interação substantiva entre a nova informação e o subsunçor que o estudante já possui. Ele sugere que essa interação não será alterada se a nova informação for apresentada ao indivíduo em outro momento, de maneira distinta, porém equivalente. Em outras palavras, o estudante que verdadeiramente aprendeu significativamente algum conceito ou proposição será capaz de aplicar esse conhecimento mesmo em uma situação diferente. Entende-se como situações diferentes aquelas expressas em outros termos que possuam um significado equivalente, ou seja, quando estão envolvidas pelo conceito ancorado.

Deste modo, ao falarmos a respeito do estudo da Termologia, em específico dos conceitos de Temperatura e Calor, percebemos que todo indivíduo tem, em alguma medida, em

sua experiência de vida, subsunçores relacionados a esta área do saber. A compreensão de um processo culinário deve, então, evocar tais conceitos expressos por seus subsunçores a fim de que possamos trabalhá-los.

Além da presença dos subsunçores com os quais uma nova informação possa se relacionar, outros subterfúgios devem existir de tal forma que se promovam condições necessárias à aprendizagem significativa. Neste contexto, Ausubel destaca a importância nos materiais de ensino os quais podem ser categorizados como materiais potencialmente significativos.

Os materiais potencialmente significativos são caracterizados por sua capacidade de se conectar de forma relevante com os conhecimentos preexistentes dos alunos. Esses materiais são apresentados de maneira clara, organizada e relacionada ao conhecimento anterior do aprendiz, facilitando a incorporação e compreensão do novo conteúdo.

Ao tratarmos da natureza de tal material percebemos que ele pode possuir duas classes de significados, o significado lógico e o significado psicológico. Ausubel (2000, p. 77-78) explica que “em suma, o significado lógico depende apenas da ‘natureza do material’ per se, independentemente das relações do mesmo para com a estrutura cognitiva do aprendiz (mesmo que façam sentido)”. Dessa forma, é possível inferir que os conteúdos conforme são apresentados em nosso currículo possuem, de certa forma, um significado lógico, uma vez que esta proposta advém de uma extensa colaboração de anos entre pesquisadores e professores de tal modo que o conteúdo ensinado seja apresentado de forma compreensível logicamente.

Por outro lado, nas palavras do próprio Ausubel (2000, p. 78), “o significado psicológico (verdadeiro) é um fenómeno cognitivo completamente idiossincrático”. Nesse contexto, a idiossincrasia é um termo que se refere às características peculiares, singulares e pessoais de cada indivíduo ao interagir com o material, ou seja, cada estudante pode atribuir um significado diferente, porém, equivalente, ao conceito apresentado, dependendo das suas experiências de vida.

Aqui vale uma ressalva, quando estamos falando de conceitos científicos, como é o caso dos conceitos da Temperatura e do Calor, a natureza idiossincrática do significado psicológico não exclui a necessidade de que significados sejam compartilhados e aceitos por um grupo como acontece no meio científico, ou seja, a temperatura e o calor continuarão tendo suas definições conforme a comunidade científica as descrevem independente das maneiras individuais de compreendê-las, tendo em vista que a percepção pessoal deve se ajustar à coletiva a fim de que se mantenha um diálogo interpessoal.

Há ainda um outro requisito para que se ocorra a aprendizagem significativa. Na teoria de Ausubel, a pré-disposição em aprender de maneira significativa emerge como um dos pilares fundamentais para o processo educacional. Ausubel destaca a importância de os alunos estarem predispostos a engajar-se ativamente no processo de aprendizagem, buscando relacionar e assimilar os novos conhecimentos aos seus esquemas cognitivos preexistentes. Segundo o autor:

A aprendizagem significativa exige que os aprendizes manifestem um mecanismo de aprendizagem significativa (ou seja, uma disposição para relacionarem o novo material a ser apreendido, de forma não arbitrária e não literal, à própria estrutura de conhecimentos) ... (AUSUBEL, 2000, p. 72).

Ainda sobre a disposição em aprender, Ausubel afirma:

O termo 'postura de aprendizagem' refere-se à disposição atual para se aprender ou desempenhar de uma determinada forma. Logo, no seu sentido mais lato, também inclui a disposição do aprendiz para aprender de uma forma memorizada ou significativa. A postura de aprendizagem significativa, como um dos principais pré-requisitos para a aprendizagem significativa, é obviamente uma condição geral importante da prática... (AUSUBEL, 2000. p. 191).

Na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, a pré-disposição para aprender significativamente refere-se à disposição ou atitude do aprendiz em se envolver ativamente no processo educacional, buscando estabelecer conexões entre novos conhecimentos e seu conhecimento prévio. Essa predisposição é crucial para o sucesso da aprendizagem significativa, pois implica uma abordagem proativa, reflexiva e comprometida por parte do aluno.

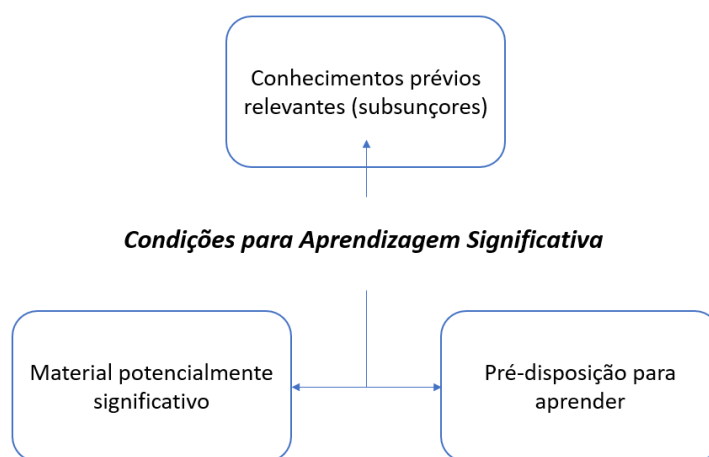
O papel da pré-disposição para aprender significativamente é central no processo de assimilação de novas informações. Ausubel enfatiza que, para ocorrer a aprendizagem significativa, o aprendiz deve estar motivado a relacionar o novo conhecimento de forma não-arbitrária e substancial com suas estruturas cognitivas existentes. Isso implica que o aprendiz deve estar disposto a buscar significados, identificar relações e entender a relevância do novo material em relação ao que já sabe.

A pré-disposição para aprender significativamente se demonstra essencial porque cria um ambiente mental propício para a construção ativa do conhecimento, permitindo que o

aprendiz não apenas acumule informações, mas as integre de maneira profunda e significativa em sua estrutura cognitiva preexistente.

As condições para aprendizagem significativa estão esquematizadas na Figura 2.1. Denominamos essas condições como tripé para aprendizagem significativa e a ausência de algum desses itens pode levar à ocorrência da aprendizagem mecânica, em que o novo conhecimento é integrado na estrutura cognitiva do indivíduo de forma arbitrária ou literal (AUSUBEL, 1968), fazendo com que esse novo saber seja incorporado de modo pouco estável pelo sujeito da cognição, o que facilita, assim, seu esquecimento.

Figura 2.1 - Tripé para Aprendizagem Significativa.



Fonte: Próprio autor.

2.1.1.1 Quais são os tipos? (Representacional, Conceitual, Proposicional)

Na perspectiva Teórica da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, os tipos de aprendizagem significativa dizem respeito a distintos modos pelos quais as novas informações podem ser assimiladas na estrutura cognitiva preexistente do aprendiz. Destacam-se, portanto, três categorias fundamentais: a aprendizagem representacional, a aprendizagem conceitual e a aprendizagem proposicional, das quais trataremos com mais detalhes a seguir.

Em relação à **aprendizagem significativa representacional**, Ausubel (2000, p. 1) afirma que “ocorre sempre que o significado dos símbolos arbitrários se equipara aos referentes (objetos, acontecimentos, conceitos) e tem para o aprendiz o significado, seja ele qual for, que os referentes possuem”, ou seja, na aprendizagem significativa representacional, o novo conhecimento é assimilado e integrado à estrutura cognitiva existente por meio de

representações simbólicas. Essas representações podem incluir imagens, símbolos, gráficos ou outros elementos visuais que auxiliam na compreensão e na ancoragem do novo conhecimento.

No contexto da Terminologia essa aprendizagem pode ser evidenciada quando o aluno começa associar a noção de Temperatura com o símbolo (T) ou a noção de Calor com o símbolo (Q) que o representa nas descrições teóricas e práticas. Também se desenvolve subterfúgios dessa aprendizagem quando são promovidas explorações visuais por meio das representações esquemáticas dos processos de transferência de calor em mapas mentais/conceituais, figuras e outras representações de tais conceitos aos aprendizes.

A respeito do segundo tipo de aprendizagem significativa, denominada **aprendizagem conceitual**, Ausubel (2000, p. 2) descreve “podem definir-se os conceitos como objetos, acontecimentos, situações ou propriedades que possuem atributos específicos comuns e são designados pelo mesmo signo ou símbolo”, ou seja, refere-se à aprendizagem em que o indivíduo identifica objetos, fenômenos ou eventos como pertencentes a uma classe comum, fundamentando-se em características compartilhadas. Essa categoria envolve o reconhecimento de padrões e a categorização de elementos com base em semelhanças.

Ausubel ainda descreve dois processos pelos quais a aprendizagem significativa de conceitos acontece, denominados de formação conceitual e assimilação conceitual. A formação conceitual ocorre predominantemente em crianças e jovens, pois os atributos específicos dos conceitos são adquiridos por meio da experiência direta do aprendiz, envolvendo a formulação de hipóteses, testes e generalização. Esse processo implica a construção gradual de conceitos por meio da interação ativa com o ambiente e a validação empírica das hipóteses elaboradas.

Ao abordar a terceira maneira de aprendizagem, a **aprendizagem proposicional**, Ausubel delibera que o indivíduo adquira compreensão acerca do significado subjacente a um conjunto de palavras ou conceitos, geralmente expresso em forma de sentença. Nesse contexto, reconhece-se que o significado resultante transcende a simples agregação dos significados individuais das palavras ou conceitos em questão (AUSUBEL, 1968). Isso implica uma compreensão mais profunda das relações semânticas e contextuais entre os elementos componentes da proposição, destacando a complexidade e a interconectividade conceitual envolvida na aprendizagem proposicional.

2.1.1.2 O processo de assimilação

Para proporcionar maior clareza e precisão ao processo de aquisição e organização de significados na estrutura cognitiva, Ausubel introduz a "teoria da assimilação". Essa teoria

focaliza o processo pelo qual conceitos ou proposições iniciais, potencialmente significativos, são integrados à estrutura cognitiva existente por meio de interações específicas.

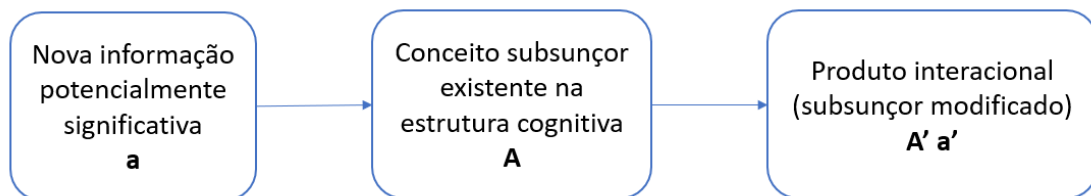
Segundo Ausubel (1978, p. 46): "Uma vez que significados iniciais são estabelecidos para signos ou símbolos de conceitos, através do processo de formação de conceitos, novas aprendizagens significativas darão significados adicionais a esses signos ou símbolos, e novas relações, entre os conceitos anteriormente adquiridos, serão estabelecidas".

A assimilação, conforme delineada por Ausubel, é um processo dinâmico em que um conceito ou proposição inicial, considerado potencialmente significativo, é assimilado sob um conceito mais inclusivo já existente na estrutura cognitiva. Esse processo pode se manifestar como uma forma de exemplo, extensão, elaboração ou qualificação do conceito existente, promovendo uma relação de dependência entre a nova informação e o conhecimento preexistente.

A singularidade da assimilação reside na modificação recíproca tanto da nova informação quanto do conceito subsunçor já presente na estrutura cognitiva. Ausubel destaca que a interação entre esses elementos resulta em modificações mútuas, contribuindo para uma adaptação e reestruturação dinâmicas da estrutura cognitiva do aprendiz.

O produto resultante desse processo interacional (Figura 2.2) é o conceito subsunçor modificado, que não apenas abarca a nova informação, mas também reflete as adaptações decorrentes da interação. Esse subsunçor modificado, por sua vez, mantém uma relação interdependente com as novas informações geradas, formando uma configuração mais rica e integrada na estrutura cognitiva.

Figura 2.2 - Representação esquemática da assimilação.



Fonte: MOREIRA (2013).

Na aplicação da teoria da assimilação de Ausubel ao ensino dos conceitos de Temperatura e Calor, é possível estabelecer uma ponte entre a teoria cognitiva e a prática pedagógica, especialmente ao considerar o ambiente da cozinha como um contexto significativo. Ao abordar a temperatura e o calor na cozinha, os educadores podem aproveitar

as vivências cotidianas das crianças nesse ambiente familiar, por exemplo, explorar como a temperatura afeta a preparação dos alimentos ou como o “calor” é transferido durante o cozimento e o preparo de receitas.

No âmbito das teorias de Aprendizagem Significativa de David Ausubel, as modalidades de aprendizagem significativa dizem respeito as distintas estratégias cognitivas pelas quais novos conhecimentos podem ser assimilados na estrutura cognitiva preexistente dos aprendizes. Nesse contexto, são delineadas três formas fundamentais: a aprendizagem subordinada, a aprendizagem superordenada e a aprendizagem combinatória. Trataremos com mais detalhes a respeito das formas de aprendizagem significativa a seguir.

Segundo Ausubel,

Uma vez que a própria estrutura cognitiva tem tendência a ser organizada, em termos hierárquicos, no que toca ao nível de abstração, generalidade e inclusão de ideias, a emergência de novos significados proposicionais reflete, de um modo geral, uma relação subordinada do novo material a ideias mais subordinantes existentes na estrutura cognitiva. (AUSUBEL, 2000, p. 93)

A modalidade predominante de integração cognitiva é a subordinada, também denominada por Ausubel como *subsunção*, caracterizada pelo ancoramento de novas ideias na estrutura cognitiva em uma relação hierárquica inferior aos subsunçores preexistentes, que são conceitos mais abrangentes e inclusivos. Sendo assim, o novo conhecimento é compreendido como um componente específico de algum conceito já familiar ao aprendiz ou como uma extensão desse, proporcionando complementação ou subdivisão desse conceito.

Ainda a respeito da aprendizagem significativa subordinada, Moreira (1989, p. 158) propõe a distinção entre duas classes de subordinação, que são nominalmente identificadas por aprendizagem significativa subordinada derivativa ou correlativa.

A forma de subordinação denominada derivativa é aquela em que o significativo emerge do novo material de maneira rápida e relativamente sem esforço, uma vez que é diretamente derivado de, ou está implicitamente contido em, um conceito ou proposição mais abrangente já presente na estrutura cognitiva. Por outro lado, a subordinação correlativa ocorre quando o novo conhecimento não está completamente expresso pelo subsunçor e então é subordinada à estrutura cognitiva como uma extensão daquilo que já se sabia; essa é o processo mais comum pelo qual um novo conteúdo é aprendido pelo estudante.

Por exemplo, imagine um estudante que já compreende o conceito de expansão térmica de materiais devido ao aumento da temperatura. Ao aprender sobre o fenômeno da dilatação

térmica em diferentes substâncias, como metais e líquidos, o estudante utiliza seu conhecimento prévio para derivar a compreensão de que a variação de temperatura pode causar alterações nas dimensões dos materiais. Esse processo de derivação envolve a aplicação do conhecimento anterior sobre expansão térmica para compreender novos contextos específicos.

Por outro lado, suponha que um estudante já tenha conhecimento sobre a relação entre a temperatura e o estado físico da água. Ao aprender sobre os pontos de fusão e ebulição da água em diferentes condições de temperatura, o estudante correlaciona esse conhecimento prévio. Ele entende que a água passa do estado sólido para o líquido quando aquecida a uma temperatura específica (ponto de fusão) e do líquido para o gasoso quando atinge outra temperatura específica (ponto de ebulição). Nesse caso, a correlação ocorre ao associar a mudança de estado da água com variações de temperatura.

Ainda nos referindo sobre a assimilação no processo da aprendizagem significativa, a superordenação – ou também chamada por Ausubel (2000) de *aprendizagem subordinante* – refere-se ao processo no qual um conceito ou proposição potencialmente significativo é caracterizado por uma abrangência mais geral e inclusiva em comparação com as ideias ou conceitos já incorporados na estrutura cognitiva do aprendiz. Nessa dinâmica, as ideias iniciais são discernidas como instâncias mais específicas de uma nova ideia superordenada, cuja definição é delineada por um conjunto renovado de atributos essenciais que engloba as ideias subordinadas.

Suponha que um estudante já tenha compreendido os conceitos básicos de temperatura, calor e mudanças de estado da água. Durante uma nova atividade instrucional de aprendizagem, ele é apresentado ao conceito mais amplo de energia térmica. Neste contexto, a aprendizagem significativa por superordenação ocorre quando o estudante reconhece que a energia térmica é um conceito mais abrangente que engloba temperatura e calor. Ele compreende que a temperatura se refere à medida da energia cinética média das partículas em um sistema, o calor é a transferência de energia térmica entre sistemas com diferentes temperaturas, e ambos estão relacionados à energia térmica total do sistema.

Essa superordenação permite ao estudante integrar seus conhecimentos prévios sobre temperatura e calor em um contexto mais amplo da energia térmica. Ele percebe que esses conceitos estão interconectados e contribuem para uma compreensão mais abrangente do comportamento térmico dos materiais e sistemas. Essa compreensão mais profunda facilita a aplicação desses conceitos em diferentes contextos e situações.

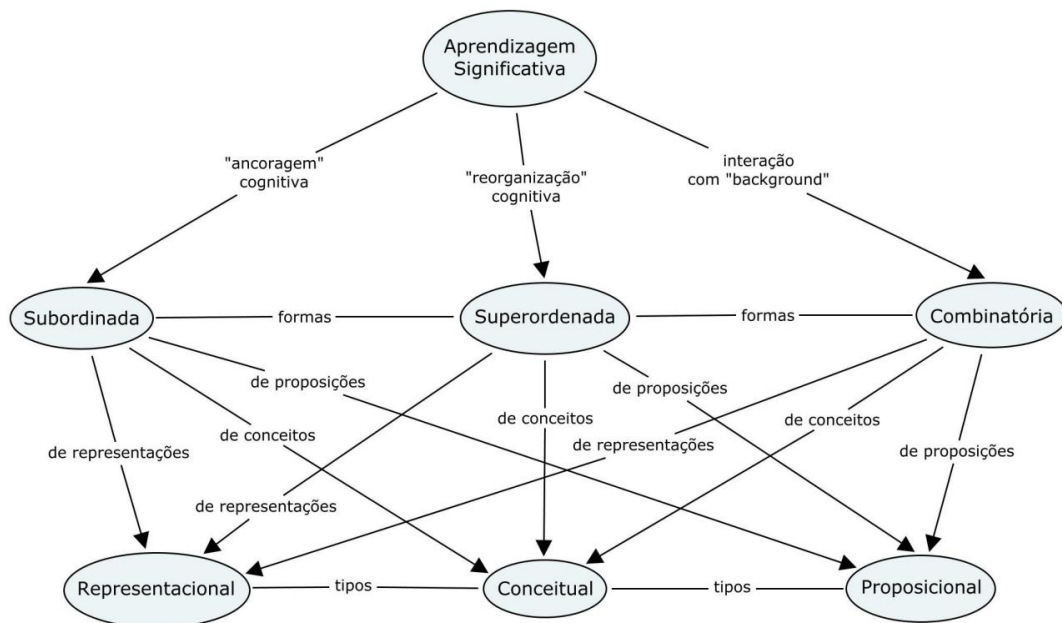
A respeito da aprendizagem significativa combinatória, Ausubel afirma que “aprendizagem significativa de novas proposições que não gera nem uma relação subordinada,

nem uma subordinante, com ideias relevantes particulares na estrutura cognitiva dá origem a significados combinatórios” (AUSUBEL, 2000, p. 95). Moreira elucida que na aprendizagem significativa combinatória, o significado não é adquirido pela interação do novo conhecimento com uma estrutura cognitiva específica preexistente no aprendiz, de outro modo, ele é captado e construído por meio de uma ampla combinação e integração com um extenso conjunto de conhecimentos prévios, formando assim um *background* diversificado.

Imagine um estudante que, ao longo de sua educação, adquiriu conhecimentos sobre os conceitos de temperatura, calor específico de materiais, condução térmica e propriedades dos diferentes estados da matéria. Diante de uma nova situação, ele é desafiado a aplicar esses conhecimentos de maneira a compreender um fenômeno mais complexo, como a regulação térmica em um processo culinário.

Nesse contexto, a aprendizagem significativa combinatória ocorre quando o estudante utiliza sua bagagem de conhecimentos prévios de maneira sinérgica. Ele integra conceitos como a influência da temperatura na atividade molecular, a transferência de calor por condução em diferentes materiais e as propriedades térmicas específicas de cada substância. Ao combinar esses conhecimentos, o estudante consegue compreender como ocorre a regulação térmica nos processos industriais que envolvem os alimentos. Essas formas e tipos de aprendizagem significativa estão esquematizados na Figura 2.3.

Figura 2.3 - Um mapa conceitual das formas e tipos de aprendizagem significativa.



Fonte: MOREIRA (2013).

Aqui, devemos fazer um breve comentário a respeito de um processo que Ausubel denomina de diferenciação progressiva. Segundo ele,

“O processo de assimilação sequencial de novos significados, a partir de sucessivas exposições a novos materiais potencialmente significativos, resulta na diferenciação progressiva de conceitos ou proposições, no conseqüente aperfeiçoamento dos significados e numa potencialidade melhorada para se fornecer ancoragem a aprendizagens significativas posteriores.” (AUSUBEL, 2000, p. 106).

A diferenciação progressiva, no contexto da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, refere-se ao processo pelo qual conceitos ou proposições iniciais, apresentados de maneira geral e abrangente, são gradualmente desdobrados e detalhados ao longo do aprendizado. Esse processo ocorre por meio de sucessivas exposições a novos materiais potencialmente significativos.

O princípio da diferenciação progressiva resulta da assimilação sequencial de novos significados. Inicialmente, conceitos mais amplos e gerais são apresentados, proporcionando uma visão abrangente da matéria de ensino. Com o tempo e a exposição a novos materiais, esses conceitos são aperfeiçoados e detalhados, permitindo uma compreensão mais refinada e específica. A estratégia de diferenciação progressiva sugere que o material de ensino deve seguir uma progressão lógica, apresentando os conceitos mais gerais primeiro e, em seguida, desenvolvendo gradualmente detalhes mais específicos.

Enquanto a diferenciação progressiva está mais ligada à aprendizagem significativa subordinada, para processos mentais vinculados à aprendizagem subordinante ou combinatória, Ausubel sinaliza a existência de um processo denominado de reconciliação integradora.

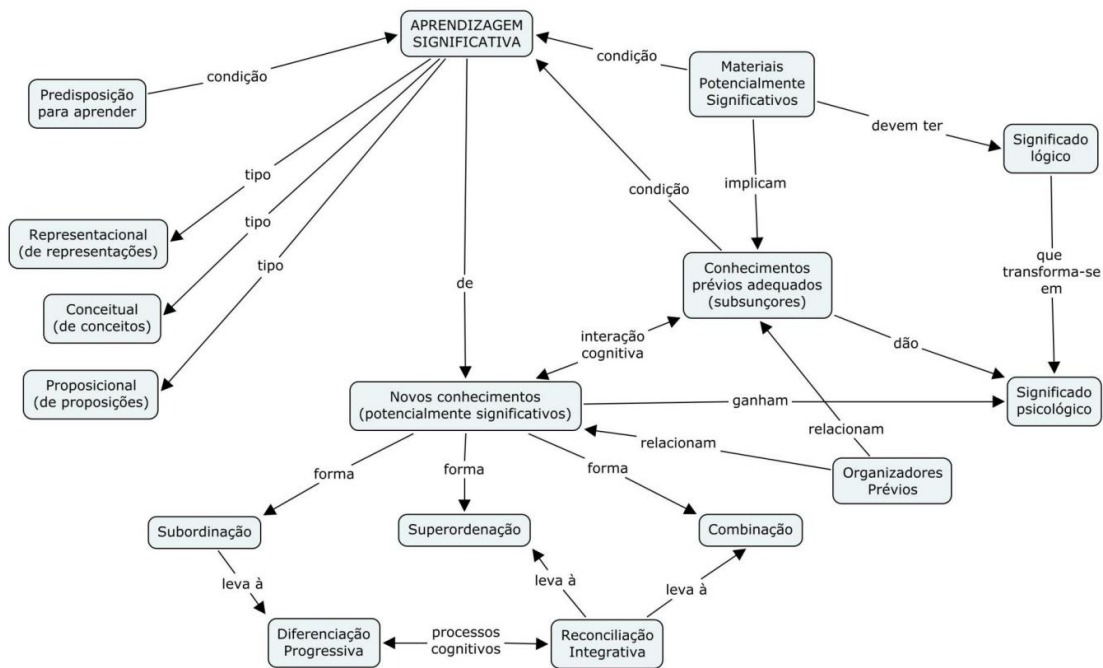
Do ponto de vista teórico, a reconciliação se dá quando ideias já estabelecidas na estrutura cognitiva podem ser reconhecidas como relacionáveis e, portanto, se reorganizam e adquirem novos significados. De outro modo, da perspectiva instrucional, a reconciliação integradora é vista como um momento oportuno para que tanto as similaridades quanto as diferenças entre diferentes conceitos sejam trabalhadas, além de abordar e reconciliar inconsistências reais ou aparentes entre os tópicos apresentados aos estudantes (AUSUBEL, 1968).

Em síntese, a Teoria da Aprendizagem Significativa, desenvolvida por David Ausubel, destaca-se como uma abordagem essencial para o processo educacional, enfatizando a integração do novo conhecimento às estruturas cognitivas existentes do aprendiz. Elementos como diferenciação progressiva, reconciliação integrativa e as formas de aprendizagem

representacional, conceitual e proposicional compõem os pilares dessa abordagem, proporcionando uma compreensão abrangente do processo de assimilação de conhecimento. Conectar o material de ensino aos conhecimentos preexistentes do aprendiz é crucial para garantir uma aprendizagem mais significativa, conforme preconizado por Ausubel.

A fim de explorar visualmente essas relações complexas, a Figura 2.4 apresenta um mapa conceitual sobre a aprendizagem significativa. Esse recurso gráfico oferece uma representação visual das interações entre os conceitos-chave, facilitando a compreensão e proporcionando uma visão abrangente das complexas relações envolvidas no processo educacional.

Figura 2.4 - Um mapa conceitual para a aprendizagem significativa de Ausubel.



Fonte: MOREIRA (2013).

2.1.2. As contribuições de Novak para a Teoria da Aprendizagem Significativa

As contribuições pioneiras de David Ausubel ao desenvolver a Teoria Clássica da Aprendizagem Significativa estabeleceram um alicerce robusto que têm servido de plataforma para diversos pesquisadores sobre o processo da aquisição do conhecimento pelo ser humano. Ao lançar os fundamentos dessa teoria, Ausubel enfatizou a importância da conexão do novo conhecimento com as estruturas cognitivas preexistentes do aprendiz, visando uma aprendizagem mais profunda e duradoura.

Esse arcabouço teórico abriu caminho para uma multiplicidade de perspectivas e abordagens dentro do campo da aprendizagem significativa. Diferentes pesquisadores trouxeram suas próprias interpretações e nuances, contribuindo para uma compreensão mais rica do processo. Essa diversidade de abordagens permite uma exploração mais abrangente dos detalhes envolvidos na aprendizagem significativa, enriquecendo o campo e promovendo discussões substantivas sobre as melhores práticas educacionais.

Joseph D. Novak foi um renomado educador e pesquisador norte-americano, conhecido por suas significativas contribuições para a área da Educação e da Psicologia Cognitiva. Ele é mais conhecido por seu trabalho no desenvolvimento da Teoria da Aprendizagem Significativa, em colaboração com David Ausubel. Novak expandiu os conceitos fundamentais de Ausubel e os aplicou de maneira prática, especialmente na área da Educação, desenvolvendo técnicas de aprendizagem baseadas em mapas conceituais.

Suas contribuições incluem a elaboração de estratégias instrucionais e a promoção de métodos de ensino que enfatizam a construção ativa do conhecimento pelo aprendiz. Os mapas conceituais, uma de suas principais ferramentas, são recursos visuais que ajudam os alunos a organizarem e conectar conceitos de forma significativa, facilitando a compreensão e a retenção do conhecimento.

Joseph D. Novak também contribuiu significativamente para a Teoria da Aprendizagem Significativa ao introduzir uma perspectiva humanista em sua abordagem. Ele enfatizou a importância do aluno como um agente ativo na construção do conhecimento e defendeu uma abordagem centrada no aprendiz. Novak destacou a necessidade de criar ambientes de aprendizagem que promovam a autonomia, a autodeterminação e o engajamento do aluno, reconhecendo que o significado do conhecimento é construído individualmente pelo aprendiz.

Sua abordagem humanista enfatizou a valorização das experiências e perspectivas dos alunos, promovendo uma aprendizagem mais significativa e contextualizada. Além disso, Novak enfatizou a importância da colaboração e da construção social do conhecimento, encorajando interações entre os alunos e a construção de significados por meio do diálogo e da troca de ideias. Essa abordagem humanista da TAS proposta por Novak ampliou ainda mais o alcance e a aplicabilidade da teoria de Ausubel, enriquecendo o campo da educação com uma visão mais holística e centrada no aluno.

A premissa fundamental da teoria de Novak é que os seres humanos estão envolvidos em três processos inter-relacionados: pensar, sentir e agir. Ele argumenta que uma teoria educacional completa deve levar em consideração cada um desses elementos e fornecer um

arcabouço conceitual para entender e aprimorar a forma como os indivíduos pensam, sentem e se comportam.

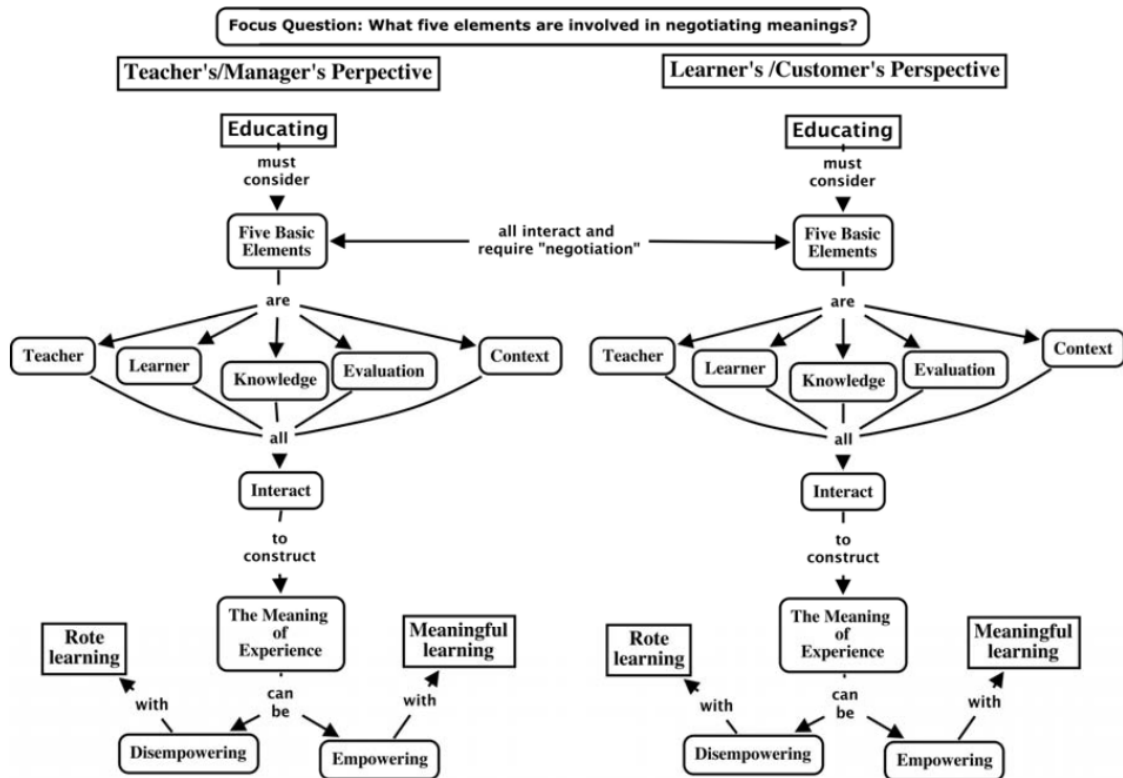
Segundo Novak (2011), *“it is important to recognize that ideally, teachers are also learners and they ‘negotiate meanings’ with their students”*, ou seja, todo evento educacional pode ser entendido como uma troca de significados e emoções entre o aprendiz e o educador. Isso significa que o objetivo principal da educação é facilitar a interação entre esses dois protagonistas, com o intuito de promover a construção ativa de conhecimento e o desenvolvimento integral do aluno.

Nesse contexto, o processo educativo é visto como uma oportunidade para a criação de significados compartilhados e o cultivo de uma relação dialógica e colaborativa entre professor e aluno. Portanto, a teoria de Novak enfatiza a importância de abordagens educacionais que promovam o pensamento crítico, a reflexão metacognitiva e o desenvolvimento emocional, visando uma aprendizagem mais profunda e significativa.

Na perspectiva de Joseph Novak, um fenômeno educativo refere-se a qualquer evento, situação ou experiência que ocorre no contexto educacional e que envolve a interação entre o aprendiz e o ambiente de aprendizagem. Esse fenômeno pode abranger uma ampla gama de atividades, desde uma simples aula até projetos de pesquisa complexos.

O termo "fenômeno" destaca a complexidade e a multidimensionalidade das interações educativas, reconhecendo que o aprendizado não se limita apenas à transmissão de informações, mas envolve uma variedade de processos cognitivos, emocionais e sociais. Para Novak, entender os fenômenos educativos significa analisar como o conhecimento é construído, compartilhado e aplicado em diferentes contextos de aprendizagem, levando em consideração as percepções, interpretações e experiências únicas de cada indivíduo; além de acrescentar um elemento muito importante nos eventos educacionais, a avaliação. A figura 2.5 apresenta os cinco elementos considerados fundamentais na perspectiva de Novak e suas relações.

Figura 2.5 - Elementos educativos envolvidos no processo de negociação de significados.



Fonte: NOVAK (2011).

Na execução de uma receita culinária, como é nossa proposta, podemos identificar um fenômeno educativo em ação. O aprendiz, que pode ser o cozinheiro ou alguém que está aprendendo a cozinhar, interage com diferentes elementos do ambiente educacional, como a receita, os ingredientes, os utensílios de cozinha e até mesmo com outras pessoas envolvidas no processo, como um instrutor ou um colega.

Durante essa interação, o aprendiz adquire conhecimento sobre o preparo de um prato específico, incluindo os conceitos de Temperatura e Calor necessários para cozinhar os alimentos corretamente. Por exemplo, ao seguir uma receita para preparar o iogurte natural (receita escolhida na proposta deste trabalho), o aprendiz precisa entender a importância de se medir corretamente a temperatura, compreender os processos pelos quais o calor se propaga ou mesmo pré-aquecer o forno a fim de que o processo de fermentação ocorra de forma satisfatória. Essa interação com os elementos da receita e do ambiente de cozinha proporciona ao aprendiz a oportunidade de trocar significados com o professor e demais colegas e adquirir conhecimento prático sobre os conceitos de Temperatura e Calor, demonstrando assim um fenômeno educativo em ação.

A troca de significados é um conceito fundamental na perspectiva de Joseph Novak sobre a aprendizagem significativa. Para Novak, a aprendizagem não ocorre de forma isolada,

mas por meio de um processo contínuo de interação social e negociação de significados. Essa abordagem está em consonância com o Construtivismo, que vê a aprendizagem como uma construção ativa do aluno, na qual o conhecimento é, de fato, criado e organizado ao longo de interações com os outros e com o ambiente.

Na visão de Novak, a troca de significados é uma característica intrínseca ao processo educacional. A interação social entre os alunos, mediada pela linguagem, desempenha um papel central na construção do conhecimento. Ele argumenta que a aprendizagem significativa ocorre quando os alunos têm a oportunidade de discutir, refletir e compartilhar suas ideias com os outros. Durante essas interações, os estudantes não apenas comunicam o que sabem, mas também confrontam suas ideias com as de seus colegas, ajustando e refinando sua compreensão dos conceitos.

A linguagem, nesse contexto, é vista não apenas como um meio de comunicação, mas como um instrumento cognitivo fundamental. De acordo com Novak, a linguagem possibilita a organização do pensamento e a construção de significados de maneira mais estruturada. A utilização da linguagem, portanto, facilita a articulação dos conceitos e as relações entre eles, permitindo aos alunos externalizar suas representações mentais e colaborar na construção de um entendimento comum. Como Novak (1977) explica, "a troca de significados ocorre por meio da linguagem, e é nela que se dá a mediação do conhecimento entre os participantes".

Além disso, a troca de significados também é vista como um processo dinâmico e contínuo. Os alunos constroem e reorganizam seus conhecimentos de acordo com as interações que têm, seja com o professor, seja com outros colegas. Para Novak, essa interação constante entre os participantes, em que significados são negociados, é essencial para que a aprendizagem se torne significativa. A aprendizagem não se limita à internalização de conceitos de forma passiva, mas envolve um diálogo constante, que possibilita a negociação e apropriação de novos conhecimentos.

Esse processo de troca de significados também está relacionado à ideia de que a aprendizagem é sempre contextualizada e depende das experiências prévias dos alunos. A interação social, mediada pela troca de significados, ajuda os alunos a contextualizarem e aplicarem os novos conhecimentos de forma que esses conhecimentos façam sentido dentro do seu universo cognitivo. Como Novak (2002) afirma, "a aprendizagem significativa é construída a partir da interação social e da reflexão conjunta sobre o conteúdo, criando uma rede de significados compartilhados".

2.2 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS DA FÍSICA

Apresentaremos nesta seção alguns pressupostos teóricos dos conceitos físicos envolvidos na elaboração desta dissertação.

2.2.1 Introdução à Temperatura e ao Calor

O estudo dos conceitos de Temperatura e Calor desempenha um papel fundamental não apenas na Física, mas também em nossas vidas cotidianas. Desde os processos naturais que moldam nosso ambiente até as tecnologias que impulsionam nossa sociedade, a compreensão desses conceitos é essencial para uma variedade de aplicações práticas e científicas.

No âmbito da Física, a temperatura é uma medida da energia cinética média das partículas em um sistema, enquanto o calor é a energia transferida entre dois corpos devido a uma diferença de temperatura. Esses conceitos estão intimamente ligados e são fundamentais para compreendermos uma ampla gama de fenômenos físicos e químicos.

Na vida cotidiana, encontramos inúmeros exemplos que ilustram a importância da Temperatura e do Calor. Um desses exemplos está intrinsecamente ligado a culinária. Na cozinha, a temperatura desempenha um papel vital em uma série de processos, desde o cozimento de alimentos até o derretimento de ingredientes. Por exemplo, ao fritar um ovo em uma frigideira quente, observamos a transformação da clara líquida em uma substância sólida devido à transferência de calor do óleo quente para o ovo.

Além disso, a precisão na medição da temperatura é crucial em muitas atividades culinárias. Desde a temperatura exata necessária para caramelizar o açúcar até a temperatura ideal para assar um bolo, cada etapa do processo culinário exige atenção cuidadosa à temperatura. Por exemplo, ao fazer um brigadeiro, a temperatura do doce deve atingir um ponto específico para alcançar a consistência desejada.

Esses exemplos simples do cotidiano destacam a importância prática e a relevância dos conceitos de Temperatura e Calor. Ao explorar esses fenômenos, podemos não apenas aprimorar nossas habilidades culinárias, mas também aprofundar nossa compreensão dos princípios fundamentais da Física. Neste referencial, iremos explorar mais a fundo esses conceitos, sua relevância e suas aplicações em diversos contextos científicos e tecnológicos.

2.2.2 Histórico da Termometria

O conceito de Temperatura, assim como o de força, teve sua origem nas percepções sensoriais da humanidade ao longo do tempo. Desde os primórdios, os seres humanos foram capazes de discernir diferenças de temperatura por meio de sensações de quente e frio. Porém,

a necessidade de quantificar e medir essas sensações levou ao desenvolvimento de uma ciência específica, denominada Termometria.

A Termometria, portanto, surgiu da necessidade de criar instrumentos capazes de quantificar e comparar as diferenças de temperatura percebidas pelos sentidos humanos. Os primeiros termômetros foram desenvolvidos utilizando-se substâncias que se expandiam ou contraíam de forma regular com a variação de temperatura. Um exemplo notável é o Termoscópio, atribuído a Galileu Galilei no início do Século XVII, que consistia em um tubo vertical com uma bolha de ar e água colorida. A expansão e contração do ar dentro do tubo causavam movimentos na água, indicando mudanças de temperatura.

Posteriormente, o físico alemão Daniel Gabriel Fahrenheit desenvolveu um termômetro de mercúrio em 1714, introduzindo a escala Fahrenheit. Nesta escala, o ponto de congelamento da água foi definido como 32 graus e o ponto de ebulição como 212 graus, com base em pontos de referência facilmente reproduzíveis.

No entanto, foi o cientista sueco Anders Celsius que propôs uma escala mais intuitiva e uniforme, estabelecendo o ponto de congelamento da água como 0 graus e o ponto de ebulição como 100 graus, na escala que hoje leva seu nome.

Com o avanço da Ciência e da Tecnologia, surgiram diversas outras escalas de temperatura, como a escala Kelvin, baseada na temperatura absoluta, onde zero Kelvin representa o zero absoluto, a temperatura mais baixa possível. A Termometria evoluiu ao longo dos séculos, tornando-se uma ciência fundamental não apenas para a Física, mas também para áreas como a Meteorologia, a Medicina e a Indústria entre tantas outras que usufruem dessa descrição da natureza.

Assim, a Termometria não apenas possibilitou a medição precisa da temperatura, mas também impulsionou o avanço do conhecimento científico e tecnológico em inúmeras áreas, demonstrando sua importância e relevância ao longo da história. Surge então duas simples perguntas: o que é temperatura e como podemos medi-la? São questões às quais buscaremos responder detalhadamente a seguir.

Iniciaremos nossa exploração desses tópicos abordando o método de medição da temperatura. Para tanto, podemos começar estabelecendo um critério de 'igualdade' de temperatura. Suponhamos dois blocos, A e B, feitos do mesmo material. Apesar disso, de acordo com nossa percepção de temperatura, identificamos diferenças de temperatura entre eles.

$$\theta_A > \theta_B \quad (1)$$

2.2.3 Conceito de Temperatura e Equilíbrio Térmico

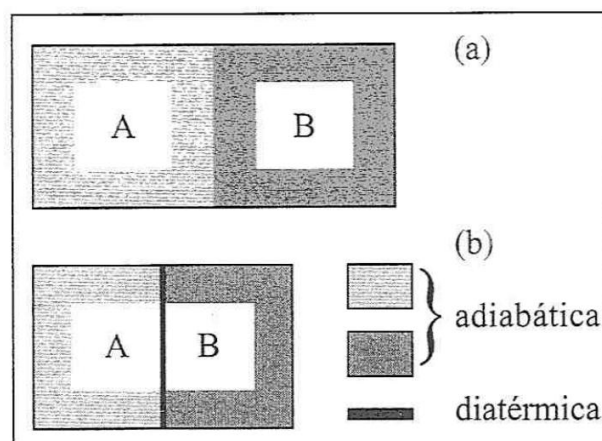
Após isolá-los dentro de uma barreira térmica, assim como representado na figura 2.6, e deixá-los em contato por algum tempo, os corpos parecem estar igualmente quentes, sem apresentar variação em qualquer outra propriedade, como volume, resistência elétrica, densidade ou qualquer outra característica.

$$\theta'_A = \theta'_B \quad (2)$$

Considere agora dois corpos feitos de materiais diferentes. Após colocá-los em contato, observa-se que, após um período suficientemente longo, suas propriedades mensuráveis deixaram de mudar. No entanto, agora os corpos não parecem estar igualmente quentes, o que é resultado da diferença em suas condutividades térmicas.

Em todo caso, a característica comum, seja para corpos feitos do mesmo material ou não, é que um estado final é alcançado. Nesse estado, as propriedades mensuráveis dos corpos deixam de sofrer mudanças observáveis. Define-se este estado, então, como um estado de equilíbrio térmico. A existência desse estado nos leva a inferir sobre a existência de uma propriedade física: a Temperatura. Isso ocorre porque o equilíbrio térmico corresponde ao estado em que não há diferença de temperatura em um sistema.

Figura 2.6 - Sistemas A e B em contato térmico.



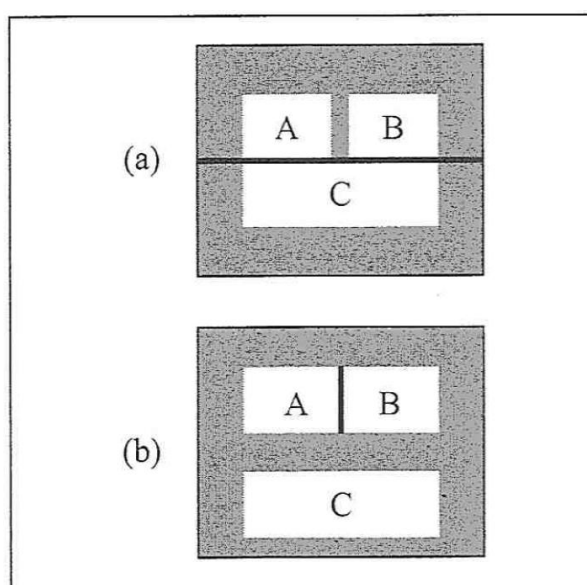
Fonte: NUSSENZVEIG (2018).

Suponha que um corpo A esteja em equilíbrio térmico com um corpo B, conforme definido pela Equação 2. Além disso, considere que o bloco A esteja também em equilíbrio

térmico com um terceiro bloco, C, implicando que as temperaturas de B e C também são iguais. No entanto, surge a questão: o que ocorrerá quando colocarmos os corpos B e C em contato térmico?

Experimentalmente, podemos comprovar que eles estão em equilíbrio térmico. Esse resultado nos permite enunciar a Lei Zero da Termodinâmica, a saber: “Quando dois corpos quaisquer estão, separadamente, em equilíbrio térmico com um terceiro, eles também estão em equilíbrio térmico entre si”. Veja representação na Figura 2.7.

Figura 2.7 - Lei zero da Termodinâmica.



Fonte: NUSSENZVEIG (2018).

Observe que se queremos saber se dois jarros de água estão à mesma temperatura, é desnecessário colocá-los em contato e ver se suas propriedades variam com o tempo. Mergulhamos um termômetro (corpo A) em um dos jarros de água (corpo B) e aguardamos até que alguma propriedade do termômetro se torne constante. Então, por definição, o termômetro terá a mesma temperatura que a água desse jarro. Em seguida, repetimos o procedimento com outro jarro de água (corpo C). Se o termômetro adquirir a mesma configuração em ambos os jarros, as temperaturas de B e C são iguais.

Note que a diferença entre um Termoscópio e um termômetro reside na capacidade de medição precisa da temperatura. Enquanto o Termoscópio é um dispositivo mais rudimentar que apenas indica mudanças de temperatura qualitativamente, através do movimento de uma esfera ou bulbo em resposta à expansão ou contração de um líquido, o termômetro é uma versão mais avançada que permite medições quantitativas precisas da temperatura. Isso é alcançado

através de uma escala graduada associada a um líquido, como mercúrio ou álcool, que se expande ou contrai de acordo com a temperatura, proporcionando uma leitura numérica exata da temperatura atual ou de alguma outra propriedade como veremos mais adiante.

2.2.4 Medição da Temperatura e Escalas Termométricas

O segundo passo para aferirmos a temperatura de um objeto é atribuir valores à temperatura, sendo que essa atribuição é realizada através de um termômetro, pois este relaciona a temperatura com a variação de alguma propriedade termométrica mensurável, conforme está apresentado no quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Tipos de termômetros e suas propriedades térmicas mensuráveis.

Tipo de Termômetro	Propriedade Térmica Mensurável
Termômetro de Mercúrio / Álcool	Expansão volumétrica do líquido
Termômetro de Gás	Pressão do gás em um volume constante
Termômetro de Lâmina Bimetálica	Curvatura de uma lâmina bimetálica
Termopar	Diferença de potencial elétrico entre dois metais
Termorresistência	Variação da resistência elétrica com a temperatura
Termômetro de Infravermelho	Medição da radiação infravermelha emitida por um objeto

Fonte: Próprio autor.

Para que um termômetro seja construído, é necessário associar para cada valor de temperatura um valor da propriedade termométrica medida. Assim, representamos por X o valor de uma propriedade termométrica qualquer, como a altura de uma coluna de mercúrio em um capilar que o contenha, e θ a temperatura empírica do termômetro. A razão entre duas temperaturas quaisquer θ_1 e θ_2 é definida com a razão das propriedades termométricas nessas temperaturas.

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{X_1}{X_2} \quad (3)$$

A partir da Equação 3, precisamos de um ponto de referência para construir o termômetro. A definição da escala de temperatura Celsius empírica foi associada a escolha arbitrária do ponto de fusão e ebulição da água. Teremos:

$$\frac{T - T_f}{T_e - T_f} = \frac{X - X_f}{X_e - X_f} \quad (4)$$

Considerando que:

$$\text{Ponto de fusão: } T_f = 0 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5)$$

$$\text{Ponto de ebulição: } T_e = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Então:

$$T = \frac{X - X_f}{X_e - X_f} \quad (6)$$

Outra escala termométrica ainda comumente utilizada em alguns países é a escala Fahrenheit. A escala Fahrenheit de temperatura foi criada pelo físico e engenheiro alemão Daniel Gabriel Fahrenheit no início do Século XVIII. Fahrenheit desenvolveu sua escala de temperatura em 1724, baseando-se inicialmente em três pontos de referência: o ponto de congelamento de uma mistura de gelo, água e sal (que ele definiu como 0 graus Fahrenheit), o ponto de congelamento da água pura (definido como 32 graus Fahrenheit) e a temperatura do corpo humano (definida como 96 graus Fahrenheit). (YOUNG; FREEDMAN, 2015)

Mais tarde, Fahrenheit ajustou sua escala, invertendo os pontos de congelamento e ebulição da água, resultando nos valores que conhecemos hoje: 32 graus Fahrenheit para o ponto de congelamento e 212 graus Fahrenheit para o ponto de ebulição da água ao nível do mar. A escala Fahrenheit é amplamente utilizada nos Estados Unidos e em alguns outros países, embora a maioria dos países use a escala Celsius como padrão para medição de temperatura.

De maneira análoga à Equação 4, a relação entre as escalas de Celsius e Fahrenheit pode ser construída da seguinte maneira:

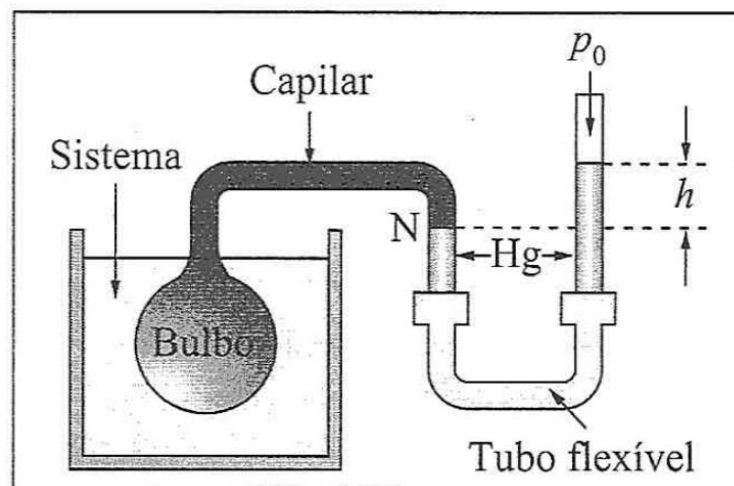
$$\frac{T_C - T_f}{T_e - T_f} = \frac{T_F - T_f}{T_e - T_f} \quad (7)$$

$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_F - 32}{212 - 32} \quad (8)$$

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

Geralmente, quando desejamos calibrar um termômetro, recorremos a materiais que são fáceis de se manipular, como o mercúrio que, apesar de ser líquido à temperatura ambiente, é um metal e possui característica de bom condutor, ou o álcool. As leituras desses termômetros calibrados podem ser precisas para os pontos de referência, como o ponto de fusão e ebulição da água, porém o problema dessa calibração reside em que as leituras podem não coincidir precisamente para valores intermediários. O ideal é que pudéssemos calibrar um termômetro sem a dependência de materiais específicos. Um tipo de termômetro que apresenta um comportamento próximo ao ideal é o Termômetro de Gás a Volume Constante (Figura 2.8).

Figura 2.8 - Termômetro a gás a volume constante.



Fonte: NUSSENZVEIG (2018).

O termômetro a gás a volume constante é um dispositivo de medição de temperatura baseado nos princípios fundamentais da Termodinâmica e na Lei dos Gases Ideais. Funciona com um gás confinado em um recipiente fechado, mantendo seu volume constante. Quando a temperatura ao redor do termômetro muda, a energia térmica é transferida para o gás, aumentando sua pressão. Esse aumento de pressão é medido por um dispositivo sensível à pressão, como um manômetro, e está diretamente relacionado à temperatura do ambiente, conforme estabelecido pela Lei dos Gases Ideais.

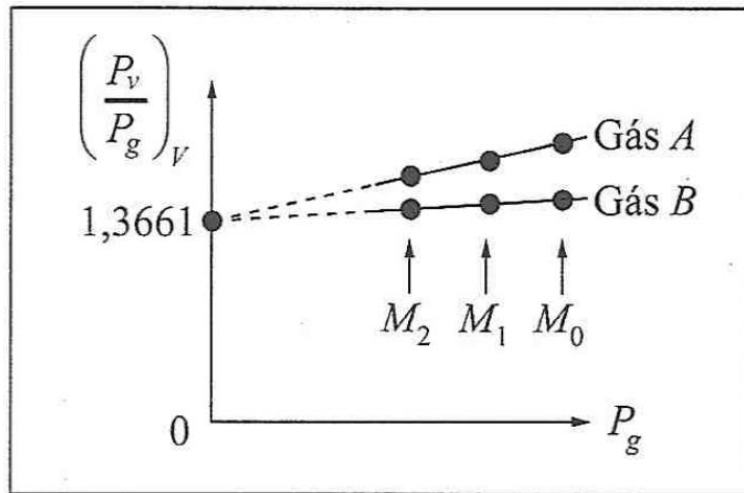
Assim, ao calibrar o termômetro e conhecer as relações entre a pressão do gás e a temperatura, é possível determinar a temperatura ambiente com precisão e estabilidade, mesmo em amplas faixas de temperatura. Essa característica faz do termômetro a gás a volume

constante uma ferramenta valiosa em diversas aplicações, proporcionando medições confiáveis e consistentes.

Imaginemos que P_{0v} e P_{0g} os valores da pressão P no ponto de fusão e ebulição de uma certa massa de gás M_0 que ocupa um determinado volume V . Caso venhamos a reduzir o valor da massa de gás contida no bulbo, de forma que $M_1 < M_0$, conseqüentemente os valores das pressões também sofrerão uma redução proporcional de modo que $P_{1v} < P_{0v}$ e $P_{1g} < P_{0g}$ e assim novamente sejam reduzidos para o caso de $M_2 < M_1$ – note que o volume V ocupado pelo gás é sempre o mesmo.

Dessa experiência, podemos elaborar um gráfico da razão $\left(\frac{P_v}{P_g}\right)_V$ em função de P_e (Figura 2.9). A partir do gráfico mostrado percebemos que à medida que P_g vai baixando, os pontos tendem a cair sobre uma reta.

Figura 2.9 - Relação experimental entre P_f e P_e a volume constante para diferentes gases.



Fonte: NUSSENZVEIG (2018).

Mesmo para gases diferentes, se extrapolarmos ao limite em que $P_g \rightarrow 0$, o resultado nos informa que todas as retas interceptação o eixo das ordenadas no mesmo ponto, ou seja, aproximadamente 1,3661. Logo,

$$\lim_{P_g \rightarrow 0} \left(\frac{P_v}{P_g}\right)_V \equiv \frac{T_v}{T_g} \approx 1,3661 \quad (10)$$

Essa é a definição das chamadas temperaturas absolutas T_v e T_g correspondendo aos valores das temperaturas no ponto de vapor e de gelo, respectivamente. A fim de trazer uma caracterização mais prática ao enunciado, definiu-se a condição de que a diferença entre tais temperaturas, assim como na escala Celsius, deve ser centígrado, ou seja:

$$T_v - T_g \approx 100 K \quad (11)$$

Logo teremos a seguinte solução:

$$\frac{P_v}{P_g} = \frac{T_v}{T_g} \rightarrow T_v P_g = P_v T_g \quad (12)$$

$$-T_g P_g + T_v P_g = P_v T_g - T_g P_g \rightarrow P_g (T_v - T_g) = T_g (P_v - P_g) \quad (13)$$

Utilizando a Equação 11 na Equação 13, obtemos:

$$T_g (P_v - P_g) = 100 P_g \rightarrow T_g = \frac{100}{\left(\frac{P_v}{P_g}\right) - 1} \quad (14)$$

Utilizando o resultado experimental expresso na Equação 10, obtemos:

$$T_g = \frac{100}{1,3661 - 1} \rightarrow T_g = 273,15 K \quad (15)$$

e, conseqüentemente,

$$T_v = 373,15 K \quad (16)$$

A escala que acabamos de definir é denominada de escala Kelvin, em homenagem ao físico britânico William Thomson, mais conhecido como Lord Kelvin. Sua relação com a escala termométrica de Celsius pode ser expressa pela Equação 17.

$$T_K = T_C + 273,15 \quad (17)$$

2.2.5 Descrição Microscópica da Temperatura

A temperatura é uma grandeza fundamental da Termodinâmica, intimamente relacionada à energia térmica e ao movimento das partículas constituintes de um sistema físico. No contexto microscópico, a temperatura pode ser compreendida a partir da Teoria Cinética dos Gases e da Mecânica Estatística, as quais fornecem uma interpretação quantitativa baseada no comportamento coletivo de átomos e moléculas (NUSSENZVEIG, 2018). Dessa forma, a temperatura não é uma propriedade intrínseca de partículas individuais, mas sim uma medida estatística da energia média associada aos graus de liberdade do sistema.

Do ponto de vista da Teoria Cinética, um gás ideal é composto por um grande número de moléculas que se movem aleatoriamente em todas as direções e interagem por meio de colisões elásticas. A energia cinética média translacional das moléculas está diretamente relacionada à temperatura absoluta do sistema por meio da Equação Fundamental da Teoria Cinética dos Gases (YOUNG; FREEDMAN, 2015):

$$\langle K \rangle = \frac{3}{2}k_B T, \quad (18)$$

onde $\langle K \rangle$ representa a energia cinética média por molécula, k_B a constante de Boltzmann e T a temperatura absoluta medida em kelvins.

Essa relação (Equação 18) expressa que a temperatura é, em essência, uma medida da agitação térmica das partículas e que um aumento na temperatura corresponde a um incremento na energia cinética média das moléculas (Reif, 1965).

A formulação da Mecânica Estatística permite estender essa descrição microscópica da temperatura para sistemas mais complexos, nos quais diferentes graus de liberdade devem ser considerados. Para sistemas poliatômicos, por exemplo, além da energia cinética translacional, é necessário levar em conta contribuições de energia rotacional e vibracional (NUSSENZVEIG, 2018). Para um gás ideal diatômico, por exemplo, o Princípio da Equipartição da Energia prevê que cada grau de liberdade quadrático contribui com uma parcela de $\frac{1}{2}k_B T$ à energia média da molécula. Assim, para um gás diatômico a altas temperaturas, onde os modos vibracionais também estão excitados, a energia interna total por molécula pode ser descrita pela Equação 19, a saber:

$$U = \left(\frac{5}{2} + f_v\right) N k_B T, \quad (19)$$

onde f_v representa o número de graus de liberdade vibracionais significativamente excitados a uma determinada temperatura, N o número total de moléculas (YOUNG; FREEDMAN, 2015).

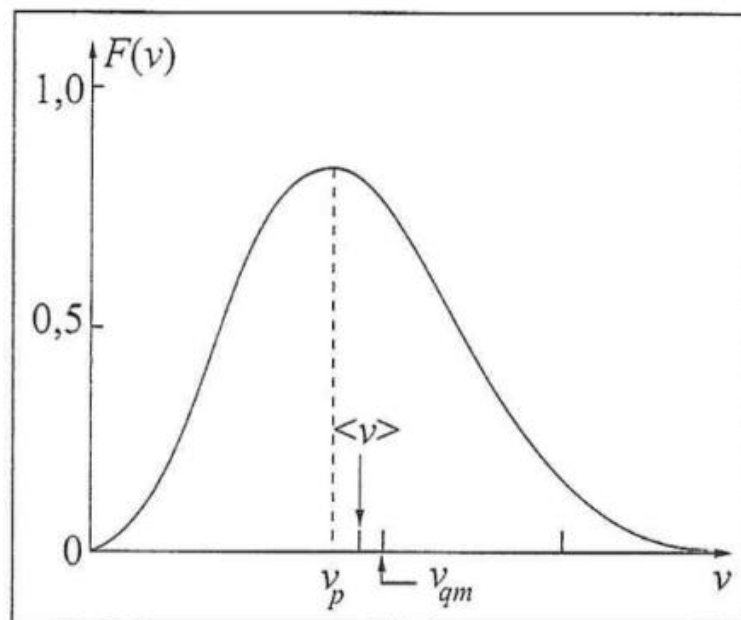
Além da abordagem cinética, a temperatura pode ser compreendida no contexto da distribuição de Maxwell-Boltzmann, que descreve a distribuição das velocidades das moléculas em um gás ideal. Essa distribuição pode ser descrita pela Equação 20 (Reif, 1965):

$$F(v) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{3/2} v^2 e^{-\frac{mv^2}{2k_B T}}, \quad (20)$$

onde m é a massa da molécula e v a velocidade.

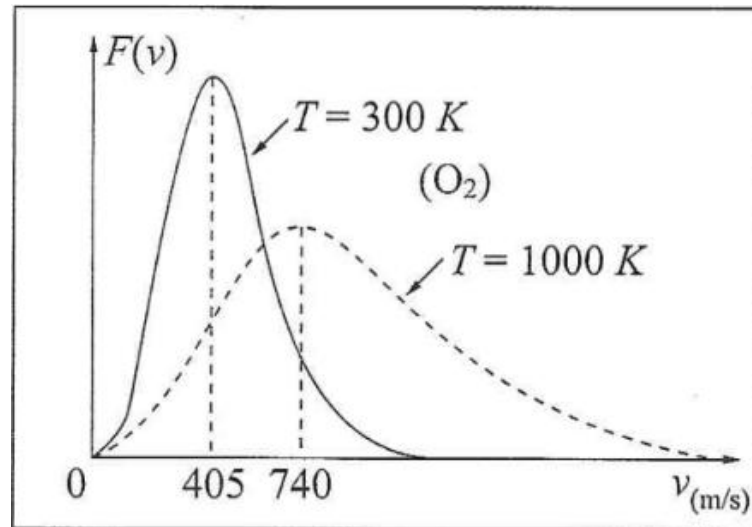
A forma dessa distribuição (Equação 20) mostra que, à medida que a temperatura aumenta, há um deslocamento do pico da distribuição para velocidades maiores, o que significa que, em média, as moléculas se movem mais rapidamente a temperaturas mais elevadas (NUSSENZVEIG, 2018). A figura 2.10, a seguir, demonstra a função característica de $F(v)$ e a Figura 2.11 expressa a mudança característica dessa função com a mudança de temperatura.

Figura 2.10 - Função de distribuição $F(v)$.



Fonte: NUSSENZVEIG (2018).

Figura 2.11 - Relação entre $F(v)$ e a Temperatura.



Fonte: NUSSENZVEIG (2018).

Outro aspecto fundamental da descrição microscópica da temperatura está associado à Entropia e à Segunda Lei da Termodinâmica. A Entropia S é definida estatisticamente pela Equação de Boltzmann (FERMI, 1956):

$$S = k_B \ln(\Omega), \quad (21)$$

onde Ω é o número de microestados acessíveis ao sistema para uma determinada energia, que estabelece uma ligação direta entre a temperatura e a distribuição probabilística da energia entre os constituintes microscópicos do sistema. Assim, temperaturas mais altas correspondem a estados de maior desordem e maior número de configurações possíveis para as partículas (YOUNG; FREEDMAN, 2015).

A relação entre temperatura e energia interna também pode ser vista na formulação da Capacidade Térmica, que mede a variação da energia interna com a temperatura. Para um gás ideal monoatômico, a Capacidade Térmica Molar a Volume Constante é dada por (NUSSENZVEIG, 2018):

$$C_V = \frac{3}{2}R, \quad (22)$$

onde R é a Constante Universal dos Gases. Para gases poliatômicos, a Capacidade Térmica é maior devido à contribuição dos graus de liberdade adicionais (FERMI, 1956).

Do ponto de vista quântico, a temperatura também pode ser interpretada em termos da distribuição de ocupação dos estados de energia, conforme descrito pelas estatísticas de Bose-Einstein e Fermi-Dirac, dependendo da natureza das partículas. Em baixas temperaturas, os efeitos quânticos tornam-se mais pronunciados, levando ao fenômeno da Condensação de Bose-Einstein em certos sistemas bosônicos (YOUNG; FREEDMAN, 2015).

Portanto, a temperatura, na perspectiva microscópica, pode ser vista como um parâmetro emergente associado à distribuição estatística da energia entre os constituintes microscópicos de um sistema. Sua interpretação vai além da mera concepção macroscópica e permite compreender uma ampla gama de fenômenos físicos, desde os movimentos térmicos das moléculas em um gás até efeitos quânticos em temperaturas próximas do zero absoluto (FERMI, 1956).

2.2.6 O Conceito de Calor e Transferência de Energia

O conceito de calor, no contexto da Termodinâmica e da Física Clássica, refere-se à energia transferida entre sistemas devido a uma diferença de temperatura. Diferente da energia interna de um sistema, que está associada ao movimento das partículas constituintes, o calor é um processo e não uma propriedade armazenada. Conforme estabelecido pela Segunda Lei da Termodinâmica, o calor flui espontaneamente de um corpo de maior temperatura para um de menor temperatura até que se atinja o equilíbrio térmico (NUSSENZVEIG, 2018). Esse princípio fundamenta a operação de sistemas térmicos naturais e artificiais, como a regulação da temperatura corporal em seres vivos e o funcionamento de motores térmicos.

A formulação matemática do calor pode ser compreendida por meio da Equação Fundamental, dada por:

$$Q = mc\Delta t, \quad (23)$$

onde Q representa a quantidade de calor trocada, m a massa do corpo, c o Calor Específico da substância e Δt a variação de temperatura.

O Calor Específico é uma propriedade característica de cada material e indica a quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de uma unidade de massa em um grau de temperatura (YOUNG; FREEDMAN, 2015). A Capacidade Térmica de um corpo, expressa como $C = mc$, é outro conceito essencial na quantificação do calor trocado.

Além do calor sensível, que altera a temperatura de um corpo, existe o Calor Latente, que está relacionado às mudanças de fase da matéria. A energia necessária para mudar o estado físico de uma substância sem alterar sua temperatura é dada pela expressão:

$$Q = mL, \quad (24)$$

onde L representa o Calor Latente, cuja magnitude depende do tipo de transformação (fusão, vaporização, condensação ou solidificação).

Essa relação explica, por exemplo, o alto consumo energético envolvido na vaporização da água, um fenômeno crucial em diversos processos naturais e industriais (NUSSENZVEIG, 2018). O calor latente de fusão e o de vaporização são amplamente utilizados em tecnologias de armazenamento térmico e na previsão de fenômenos meteorológicos.

O calor pode ser medido em calorias (cal) ou joules (J), sendo que 1 cal equivale a aproximadamente 4,186 J. Essa equivalência foi estabelecida por James Prescott Joule em experimentos que evidenciaram a conversão entre trabalho mecânico e calor, consolidando o conceito de Conservação da Energia. Esse princípio fundamental mostra que o calor é uma forma de energia que pode ser convertida em trabalho sob certas condições termodinâmicas (YOUNG; FREEDMAN, 2015). Esse aspecto é explorado em máquinas térmicas e motores a combustão, nos quais a energia térmica é transformada em energia mecânica útil.

2.2.7 Primeira Lei da Termodinâmica e Conservação de Energia

A relação entre calor e trabalho é descrita pela Primeira Lei da Termodinâmica, expressa como:

$$\Delta U = Q - W, \quad (25)$$

onde ΔU representa a variação da energia interna do sistema, Q o calor adicionado e W o trabalho realizado pelo sistema.

Esse princípio demonstra que a energia interna pode ser alterada tanto pelo calor quanto pelo trabalho mecânico, sendo essencial para a compreensão de sistemas térmicos e máquinas térmicas (NUSSENZVEIG, 2018). Um exemplo prático dessa aplicação é encontrado nos ciclos termodinâmicos, como o ciclo de Carnot, que define a eficiência máxima teórica de uma máquina térmica.

Outro aspecto importante é o Calor Específico Molar, definido como a quantidade de calor necessária para elevar a temperatura de um mol de substância em um grau de temperatura. Esse conceito se torna particularmente relevante para gases, onde a capacidade térmica pode variar conforme o processo ocorre a volume ou a pressão constante. Para um gás ideal, a relação entre os calores específicos é descrita pelo coeficiente adiabático γ , crucial para a análise de processos isotérmicos, adiabáticos e politrópicos.

Além disso, a propagação do calor pode ser analisada sob a ótica da Equação da Difusão térmica, dada por:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \nabla^2 T, \quad (26)$$

onde α representa a difusividade térmica do material. Essa equação é fundamental para entender a transferência de calor em sólidos e líquidos em regimes estacionários e transitórios.

2.2.8 Mecanismos de Transferência de Calor

A transferência de calor é um fenômeno físico fundamental que ocorre sempre que há uma diferença de temperatura entre sistemas ou regiões dentro de um mesmo sistema (NUSSENZVEIG, 2018). Esse processo pode ser descrito e analisado a partir de três mecanismos principais: Condução, Convecção e Radiação (YOUNG; FREEDMAN, 2015). Cada um desses mecanismos possui características distintas e depende de diferentes propriedades termodinâmicas e estruturais do meio envolvido. A compreensão detalhada desses processos é essencial para diversas áreas da Engenharia, Física Aplicada e Ciências dos Materiais, sendo fundamental para o desenvolvimento de tecnologias voltadas para eficiência energética, refrigeração, climatização e otimização de sistemas térmicos (INCROPERA; DEWITT, 2011).

A condução térmica ocorre devido ao transporte de energia interna entre partículas adjacentes dentro de um meio sólido, líquido ou gasoso, sem deslocamento macroscópico de massa (NUSSENZVEIG, 2018). Esse mecanismo é descrito quantitativamente pela Lei de Fourier, expressa na forma diferencial como:

$$q = -k \nabla T, \quad (27)$$

onde q representa o fluxo de calor por unidade de área, k a condutividade térmica do material e ∇T o gradiente de temperatura.

A Condutividade Térmica varia significativamente entre diferentes substâncias, sendo elevada em metais, devido à alta mobilidade dos elétrons livres, e baixa em materiais isolantes, que possuem estrutura molecular que restringe a transferência de energia térmica (YOUNG; FREEDMAN, 2015).

A equação geral da condução de calor em regime estacionário unidimensional é amplamente utilizada na engenharia térmica para modelagem de processos de isolamento térmico e dissipação de calor (NUSSENZVEIG, 2018) e pode ser escrita como:

$$Q = \frac{kA\Delta T}{L} \quad (28)$$

onde Q é a taxa de transferência de calor, A a área da seção transversal, ΔT a diferença de temperatura e L a espessura do material.

A Convecção Térmica é o mecanismo pelo qual o calor é transportado devido ao movimento macroscópico de um fluido (YOUNG; FREEDMAN, 2015). Esse fenômeno pode ocorrer de maneira natural, devido a diferenças de densidade induzidas por variações térmicas, ou ser forçado por meios mecânicos, como ventiladores ou bombas. A Taxa de Transferência de Calor por convecção é descrita pela equação:

$$Q = hA(T_s - T_f), \quad (29)$$

onde h é o coeficiente de transferência de calor por convecção, A a área de contato entre o fluido e a superfície, T_s a temperatura da superfície e T_f a temperatura do fluido.

O coeficiente h depende de fatores como a natureza do fluxo (laminar ou turbulento), a geometria do sistema e as propriedades do fluido envolvido, como viscosidade e condutividade térmica (NUSSENZVEIG, 2018).

A convecção forçada é frequentemente utilizada em aplicações industriais, como trocadores de calor e sistemas de refrigeração, onde o controle da temperatura é essencial para a eficiência operacional (YOUNG; FREEDMAN, 2015). Já a convecção natural desempenha um papel crucial em fenômenos atmosféricos e processos geotérmicos (INCROPERA; DEWITT, 2011).

Diferente da condução e convecção, a Radiação Térmica não necessita de um meio material para ocorrer. Esse mecanismo de transferência de calor ocorre através da emissão de ondas eletromagnéticas, sendo regido pela Lei de Stefan-Boltzmann (NUSSENZVEIG, 2018):

$$Q = \sigma \varepsilon A T^4, \quad (30)$$

onde σ é a constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$), ε a emissividade do material, A a área da superfície emissora e T a temperatura absoluta do corpo.

Superfícies com alta emissividade, como corpos negros, são excelentes radiadores, enquanto superfícies refletivas, como metais polidos, possuem baixa emissividade e tendem a minimizar a troca de calor por radiação (YOUNG; FREEDMAN, 2015).

A radiação térmica é predominante em sistemas onde o meio é rarefeito ou inexistente, como o espaço sideral. Em aplicações tecnológicas, esse mecanismo é empregado em sistemas de energia solar, isolamentos térmicos e processos de aquecimento e resfriamento radiativo (NUSSENZVEIG, 2018).

Na maioria das situações práticas, os três mecanismos de transferência de calor atuam simultaneamente (YOUNG; FREEDMAN, 2015). Em sistemas térmicos complexos, como motores de combustão interna, fornos industriais e edifícios climatizados, a modelagem precisa da condução, convecção e radiação é essencial para otimizar o desempenho energético e garantir condições operacionais adequadas. Métodos numéricos, como o Método dos Elementos Finitos (FEM) e o Método de Diferenças Finitas (FDM), são amplamente utilizados para simular e prever o comportamento térmico desses sistemas (NUSSENZVEIG, 2018).

A compreensão aprofundada da transferência de calor permite o desenvolvimento de soluções inovadoras para desafios térmicos contemporâneos, desde a melhoria da eficiência de sistemas energéticos até o aprimoramento de tecnologias aeroespaciais. A aplicação desses conceitos abrange múltiplos setores, incluindo Engenharia Mecânica, Engenharia Civil, Ciências Atmosféricas e Tecnologia de Materiais (YOUNG; FREEDMAN, 2015).

2.2.9 O Termômetro Digital

Os termômetros digitais são dispositivos eletrônicos projetados para medir a temperatura com alta precisão e rapidez. Eles utilizam sensores eletrônicos para captar variações térmicas e converter essas informações em sinais elétricos, que são posteriormente processados e exibidos em um visor digital. Diferentemente dos termômetros de mercúrio ou de álcool, que dependem da expansão térmica de líquidos, os termômetros digitais operam por meio de sensores semicondutores, termistores ou termopares, proporcionando medições mais seguras e rápidas (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2014). Um exemplo de termômetro digital está representado na Figura 2.12.

Figura 2.12 - Termômetro culinário digital.



Fonte: Próprio autor.

O funcionamento do termômetro digital está fundamentado em princípios físicos relacionados à variação da resistência elétrica em materiais semicondutores. Os sensores térmicos utilizados nesse tipo de dispositivo podem ser divididos em três categorias principais: Termistores, Termopares e Sensores de Temperatura por Semicondutores. Os termistores, por exemplo, são resistores sensíveis à temperatura que apresentam uma variação significativa da resistência elétrica em função da temperatura, podendo ser de coeficiente de temperatura positivo (PTC) ou negativo (NTC) (SERWAY; JEWETT, 2017).

No caso dos Termistores NTC, a resistência diminui conforme a temperatura aumenta. Isso ocorre porque o aumento da temperatura provoca uma excitação dos elétrons na banda de condução do material semicondutor, reduzindo a resistência do componente. Essa relação pode ser descrita matematicamente pela equação Steinhart-Hart, dada por:

$$\frac{1}{T} = A + B \ln(R) + C(\ln R)^3 \quad (31)$$

onde T é a temperatura em Kelvin (K), R a resistência elétrica do termistor em ohms (Ω) e A, B e C são os coeficientes empíricos determinados experimentalmente (STEINHART; HART, 1968).

Para pequenos intervalos de temperatura, essa equação pode ser simplificada pela relação exponencial:

$$R(t) = R_0 e^{\beta\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0}\right)} \quad (32)$$

onde $R(t)$ é a resistência na temperatura T , R_0 a resistência a uma temperatura de referência T_0 e β uma constante característica do material do termistor (SERWAY; JEWETT, 2017).

Os termopares são outro tipo comum de sensor de temperatura utilizado em termômetros digitais. Eles são compostos por dois metais diferentes unidos em uma junção. Quando essa junção é exposta a uma diferença de temperatura, ocorre a geração de uma força eletromotriz (fem), conhecida como efeito Seebeck. A tensão gerada é proporcional à diferença de temperatura entre as junções do termopar e pode ser medida eletronicamente e convertida para uma leitura de temperatura e é descrita pela Equação 33. (TIPLER; MOSCA, 2015).

$$V = S(T_1 - T_2) \quad (33)$$

onde V é a tensão gerada (em Volts), S o Coeficiente de Seebeck, específico para cada par de metais (em V/K), T_1 e T_2 as temperaturas das junções quente e fria, respectivamente.

Para uma modelagem mais precisa, um polinômio de ajuste é frequentemente utilizado:

$$V = a_0 + a_1T + a_2T^2 + a_3T^3 + \dots + a_nT^n \quad (34)$$

onde os Coeficientes a_n são tabelados conforme o tipo de termopar (ASTM E230, 2018).

Os sensores de temperatura semicondutores, por sua vez, utilizam a variação da corrente elétrica ou da tensão em componentes eletrônicos sensíveis ao calor. Um exemplo desse tipo de sensor é o circuito integrado LM35, que fornece uma saída de tensão linearmente proporcional à temperatura. O grande diferencial desses sensores é sua precisão e estabilidade a longo prazo, tornando-os ideais para aplicações industriais e científicas (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2014).

Os RTDs (*Resistance Temperatura Detectors*) utilizam a variação linear da resistência elétrica de metais (como a platina) com a temperatura. A equação básica de um RTD é dada por:

$$R(T) = R_0(1 + \alpha(T - T_0)) \quad (35)$$

onde $R(T)$ é a resistência do sensor a uma temperatura T , R_0 a resistência de referência a uma temperatura T_0 (geralmente a 0 °C) e α o Coeficiente de Temperatura do material (para platina $\alpha \approx 0,00385 \text{ K}^{-1}$).

Para converter os sinais elétricos gerados pelos sensores em valores de temperatura compreensíveis, os termômetros digitais contam com circuitos eletrônicos de amplificação e conversão analógico-digital (ADC). Um microcontrolador interno processa os dados e os exibe no visor digital. A calibração desses dispositivos é essencial para garantir medições precisas, sendo frequentemente realizada com referência a padrões de temperatura conhecidos (SERWAY; JEWETT, 2017). O ADC opera segundo a equação:

$$V_{digital} = \frac{V_{in}}{V_{ref}} 2^N \quad (36)$$

onde $V_{digital}$ é o valor digital obtido, V_{in} a tensão de entrada do sensor, V_{ref} a tensão de referência do ADC e N o número de bits do conversor.

Os termômetros digitais apresentam diversas vantagens em relação aos modelos tradicionais. Além da rapidez na obtenção dos valores de temperatura, esses dispositivos possuem maior segurança, já que eliminam o risco de contaminação por mercúrio presente em termômetros analógicos. Além disso, a possibilidade de integração com sistemas eletrônicos e microcontroladores permite aplicações avançadas, como monitoramento remoto e automação de processos industriais (TIPLER; MOSCA, 2015).

Contudo, os termômetros digitais também apresentam desafios. A necessidade de alimentação elétrica, a possibilidade de falhas eletrônicas e a dependência de calibração são fatores que podem comprometer seu desempenho em determinadas condições. Além disso, a qualidade dos sensores e dos componentes eletrônicos impacta diretamente na precisão e durabilidade do dispositivo (SERWAY; JEWETT, 2017).

Diante da crescente demanda por medições precisas e confiáveis de temperatura, os termômetros digitais continuam a evoluir tecnologicamente. Novos materiais semicondutores e avanços na miniaturização dos componentes eletrônicos têm permitido o desenvolvimento de dispositivos mais precisos, acessíveis e eficientes. Assim, é possível prever um aumento no uso desses termômetros em diversas áreas, desde a Saúde até a Indústria e a Pesquisa Científica (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2014).

2.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SOBRE O ENSINO DE TERMOLOGIA

Tendo em vista o objetivo deste trabalho nos propomos a trazer o contexto mais amplo das investigações já realizadas sobre o ensino de Física, especialmente no campo da Termologia; para isso, fez-se necessário a apresentação de uma revisão bibliográfica que traga à luz o estado da arte do que tange a pesquisa referente ao ensino de Física e apresente os principais estudos relacionados ao tema. Essa revisão busca evidenciar os trabalhos já produzidos, destacando os desafios e lacunas que ainda persistem no processo de ensino-aprendizagem de conceitos de temperatura, calor e processos de transferência de energia, apontando como tais dificuldades têm sido enfrentadas em diferentes propostas metodológicas.

2.3.1 Procedimento de busca bibliográfica

Para a realização da revisão bibliográfica, elaborou-se uma *string* de busca combinando descritores em português relacionados ao ensino de Física, à aprendizagem significativa e à Termologia. A *string* final utilizada é apresentada no Quadro 2.2. Essa construção buscou contemplar tanto os conceitos centrais da pesquisa (aprendizagem significativa e ensino de Termologia) quanto os aspectos metodológicos (prática experimental e sequência didática), ampliando o escopo dos resultados.

Quadro 2.2 - *String* de busca da revisão bibliográfica.

("ensino de Física" OR "aprendizagem significativa") AND (termologia OR "calor" OR "temperatura") AND (experimento OR prática OR "sequência didática" OR UEPS)

Fonte: Próprio autor.

A aplicação da string foi realizada em bases acadêmicas de referência como a Scielo (<https://scielo.org/>), o Google Acadêmico (<https://scholar.google.com.br/>), o Portal de Periódicos da CAPES (<https://www.periodicos.capes.gov.br/>), o Caderno Brasileiro de Ensino de Física (<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/index>), a Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (<https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/index>) e o repositório de dissertações do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (<https://www1.fisica.org.br/mnpef/dissertacoes>), levando em consideração o período entre os anos de 2020 a 2025.

A revisão bibliográfica que fundamenta este trabalho foi conduzida por meio de uma estratégia de busca progressiva, estruturada em camadas, a fim de garantir maior abrangência e profundidade na identificação de produções relevantes. Inicialmente, foram utilizados descritores amplos – apenas uma parte da *string* completa – relacionados ao ensino de Física e à aprendizagem significativa, com o objetivo de mapear o panorama geral de pesquisas que dialogam com essas duas temáticas centrais. Em seguida, a busca foi refinada mediante a adição de termos específicos da área de Termologia (tais como calor, temperatura e termologia), permitindo delimitar o corpus de análise para trabalhos que se aproximassem mais diretamente do objeto deste estudo. Por fim, acrescentaram-se descritores metodológicos vinculados a práticas didáticas, como experimento, prática, sequência didática e UEPS, a fim de localizar investigações que associassem a aprendizagem significativa a abordagens experimentais no ensino de Física.

Essa metodologia de busca escalonada possibilita evidenciar tanto a amplitude quanto a especificidade do tema deste trabalho, assim como, contribuir para identificar lacunas na literatura, justificando a pertinência e a relevância do produto educacional desenvolvido nesta pesquisa. A utilização da mesma *string* em diferentes bases garantiu maior abrangência na coleta dos trabalhos, permitindo identificar pesquisas nacionais que tratam de estratégias de ensino da Termologia fundamentadas na teoria da aprendizagem significativa e que dialogam com espaços de ensino formais, como laboratórios, e não formais, como a cozinha.

2.3.2 O Ensino de Física e a Aprendizagem Significativa

A primeira busca, utilizando os descritores (“ensino de Física” OR “aprendizagem significativa”), foi conduzida nas bases acadêmicas nacionais supracitadas. Esse levantamento resultou em um número expressivo de trabalhos, ultrapassando a marca de 10.000 registros quando considerados todos os filtros possíveis o que inclui o idioma português e o lapso temporal escolhido.

Entre as publicações encontradas, foi possível identificar que a aprendizagem significativa de Ausubel figura como uma das teorias mais recorrentes nas pesquisas sobre ensino de Física, aparecendo tanto em análises conceituais quanto em relatos de experiências práticas. De modo geral, esses estudos enfatizam a importância da mobilização dos conhecimentos prévios dos estudantes e da contextualização do ensino como elementos-chave para a construção de significados. Além disso, observou-se a predominância de trabalhos que discutem a dificuldade de aprendizagem dos conceitos físicos e apontam a necessidade de metodologias inovadoras que promovam maior engajamento dos alunos. Embora esse primeiro

recorte tenha revelado uma literatura vasta e diversificada, percebeu-se que muitos estudos permanecem em um nível mais geral, sem direcionamento específico para a área da Termologia, o que reforça a necessidade de avançar para etapas subsequentes de busca com maior delimitação temática.

2.3.3 A relação entre Ensino de Física, Aprendizagem Significativa e a Termologia

Na segunda etapa da busca bibliográfica, a string foi refinada para ("ensino de Física" OR "aprendizagem significativa") AND (termologia OR "calor" OR "temperatura"), restringindo os resultados a publicações que tratassem especificamente dos conceitos de calor e temperatura ou da área de Termologia. Como resultado, obteve-se um conjunto mais reduzido de trabalhos, na ordem de centenas de registros, com predominância de artigos publicados em periódicos de educação científica e anais de eventos na área de ensino de Ciências.

A análise preliminar desses estudos evidenciou que a Termologia é um dos tópicos da Física em que os estudantes apresentam maiores dificuldades conceituais, em especial na distinção entre os conceitos de calor e temperatura e na compreensão dos mecanismos de propagação térmica. Vários trabalhos destacam que essas dificuldades estão associadas tanto à natureza abstrata dos conceitos quanto à abordagem predominantemente expositiva encontrada nas salas de aula. Nesse contexto, os autores convergem ao defender a adoção de estratégias de ensino mais contextualizadas, que permitam relacionar o conteúdo com situações do cotidiano dos alunos, além da valorização de atividades experimentais que reforcem a dimensão prática do aprendizado.

Ainda que a literatura identificada nessa etapa revele iniciativas significativas de inovação pedagógica, observou-se que muitos estudos permanecem fragmentados, tratando de conceitos isolados sem a articulação em sequências didáticas estruturadas. Esse achado reforça a pertinência do presente trabalho, que busca integrar os conceitos fundamentais da Termologia em uma proposta didática potencialmente significativa, tomando a cozinha como espaço alternativo de experimentação e contextualização do conhecimento físico.

2.3.4 Unidades de ensino potencialmente significativas sobre o ensino de termologia

Na terceira etapa, a *string* de busca foi ampliada para incorporar termos relacionados às estratégias metodológicas de ensino, assumindo a seguinte configuração: ("ensino de Física" OR "aprendizagem significativa") AND (termologia OR "calor" OR "temperatura") AND ("experimento" OR "prática" OR "sequência didática" OR "UEPS").

Essa formulação teve como objetivo localizar trabalhos que, além de abordarem os conceitos centrais da Termologia, apresentassem propostas concretas de intervenção pedagógica, como sequências didáticas, atividades práticas ou unidades de ensino potencialmente significativas.

A aplicação desta string nas bases mencionadas resultou em um número mais restrito de publicações, com destaque para artigos em periódicos especializados no ensino de Ciências e Física, dissertações e teses da área de Ensino de Ciências. Os estudos encontrados mostraram um direcionamento mais próximo ao escopo do presente trabalho, pois descrevem experimentos de baixo custo, atividades de laboratório adaptadas e sequências didáticas estruturadas aplicadas em contextos reais de sala de aula.

De maneira geral, esses trabalhos apontam para a eficácia das práticas experimentais contextualizadas no ensino de Termologia, relatando maior engajamento dos alunos, melhor compreensão conceitual e maior capacidade de aplicar os conhecimentos em situações cotidianas. Além disso, parte da literatura identificada destaca explicitamente o uso das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) como referencial metodológico, confirmando sua pertinência para a promoção da aprendizagem significativa na área de Física.

Entretanto, a análise dos resultados também revelou que, embora existam iniciativas relevantes, muitas delas ainda carecem de avaliações sistemáticas de impacto e de maior articulação interdisciplinar, restringindo-se a experiências pontuais. Nesse sentido, o presente estudo se insere como uma contribuição original ao propor uma sequência didática baseada em UEPS, integrando teoria e prática em um espaço cotidiano — a cozinha — e buscando avaliar de forma mais estruturada seus efeitos sobre a aprendizagem dos alunos.

Em suma, a presente revisão bibliográfica evidencia tanto os desafios presentes no ensino de Termologia quanto as possibilidades de superação por meio de metodologias inovadoras que favoreçam a aprendizagem significativa. Ao considerar as contribuições da literatura, observa-se a relevância da proposta deste trabalho acadêmico, tendo em vista que ele concilia experimentação, contextualização e diálogo com os conhecimentos prévios dos alunos. No capítulo seguinte será feita a descrição dos procedimentos adotados para a criação da sequência didática bem como os caminhos metodológicos que orientam a coleta e análise dos dados desta pesquisa.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA E DESENVOLVIMENTO

Este capítulo dedica-se à apresentação detalhada dos caminhos metodológicos que nortearam a presente pesquisa e o desenvolvimento do produto educacional. A estrutura aqui adotada foi organizada em três eixos principais que se complementam: a metodologia da pesquisa, a metodologia de criação do produto e a metodologia de aplicação.

A primeira seção abordará os aspectos teóricos e práticos da investigação, incluindo a abordagem, a motivação e os procedimentos de coleta e análise de dados. Em seguida, será detalhado o processo de concepção e estruturação do produto educacional, fundamentando suas bases pedagógicas. Por fim, a terceira seção descreverá o contexto, o público-alvo e os procedimentos para a implementação da sequência didática em ambiente real de ensino. Juntas, estas seções fornecem uma visão abrangente do rigor e das etapas que constituem este trabalho.

3.1. METODOLOGIA DA PESQUISA

A presente seção descreve os fundamentos e procedimentos que caracterizam a metodologia desta pesquisa. O percurso investigativo adotado parte de uma abordagem qualitativa, detalhando inicialmente a motivação que impulsionou este estudo, centrada na busca por estratégias didáticas que superem as dificuldades tradicionais no ensino de Termologia. Em seguida, são apresentados os pressupostos metodológicos teóricos que alicerçam a pesquisa, com destaque para a Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) como o principal referencial para a estruturação da intervenção pedagógica. Finalmente, são explicitados os procedimentos de coleta e análise de dados, que envolveram a aplicação de questionários diagnósticos, a observação da participação dos estudantes e a análise de suas produções, permitindo uma avaliação aprofundada da eficácia da proposta didática.

3.1.1. Abordagem e Motivação da Pesquisa

Esta pesquisa foi pensada a partir de uma abordagem qualitativa na qual o pesquisador está imerso no contexto investigado. A motivação para este estudo é profundamente pessoal e, ao mesmo tempo, profissional, nascida de uma dupla inquietação: a de professor e a de um indivíduo cuja curiosidade científica foi despertada em um ambiente cotidiano.

Ao longo de treze anos de carreira docente, a percepção de que muitos alunos enfrentam dificuldades para compreender conceitos abstratos de Física tornou-se uma constante, particularmente em relação a temas da Termologia, como Temperatura e Calor. A abordagem

tradicionalmente abstrata desta área frequentemente falha em conectar a teoria à prática, distanciando os fenômenos térmicos do dia a dia dos estudantes.

Essa percepção profissional vai ao encontro de minhas memórias afetivas da infância, quando, ao ajudar a família na cozinha, observava os alimentos cozinharem e se questionava sobre os fenômenos ali envolvidos. A motivação para este trabalho, portanto, transcende a mera constatação de uma lacuna pedagógica; ela reside no desejo de replicar essa ponte entre o vivido e o aprendido, transformando o ensino de Física em uma experiência mais concreta e significativa.

A materialização dessa visão pedagógica se dá na escolha da cozinha como ambiente de aprendizagem, decisão que se justifica pelo seu caráter cotidiano e familiar, repleto de fenômenos térmicos que podem ser explorados de forma didática. Esse espaço favorece a integração entre teoria e prática, permitindo que conceitos como temperatura, calor e propagação térmica sejam vivenciados em situações concretas e significativas. A familiaridade dos alunos com a cozinha contribui para a ancoragem de novos conhecimentos, despertando curiosidade, interesse e maior engajamento no processo de aprendizagem.

Além disso, a cozinha oferece grande diversidade de experimentos simples, acessíveis e adaptáveis, o que possibilita a aplicação em contextos escolares com pouca infraestrutura e até mesmo em casa, fortalecendo a participação da família e aproximando a ciência da realidade cotidiana dos estudantes. A adoção de uma pesquisa-ação, portanto, reflete diretamente essa motivação de intervir ativamente na sala de aula, utilizando um espaço não convencional para investigar e fomentar uma aprendizagem mais palpável e duradoura.

Todo o percurso percorrido até aqui, perpassando as inquietações nascidas da prática docente e das memórias pessoais até a fundamentação da cozinha como um ambiente pedagógico potente, converge para a seguinte pergunta norteadora que orienta este trabalho: Como o uso da cozinha como espaço didático, aliado à Teoria da Aprendizagem Significativa, pode contribuir para o ensino dos conceitos iniciais de Termologia de forma significativa para alunos do Ensino Médio? A busca pelas respostas para essa questão constitui o centro da presente investigação e justifica as escolhas metodológicas, a criação do produto educacional e a análise dos resultados que serão apresentados a seguir.

3.1.2. Pressupostos Metodológicos Teóricos (UEPS)

Com base no que foi analisado até o presente momento, torna-se evidente que a teoria de Ausubel e seus colaboradores sucessores assume predominantemente uma natureza descritiva. Efetivamente, ela delinea um método pelo qual o conhecimento é assimilado pelo

indivíduo, condicionado ao cumprimento de requisitos específicos, tais como a disponibilidade de subsunçores apropriados e a disposição do estudante para a aprendizagem. Após a delimitação abrangente do panorama da aprendizagem significativa, torna-se imperioso investigar o processo instrucional mediante a perspectiva Ausubeliana.

Seguindo as premissas fundamentais estabelecidas por David Ausubel, o processo instrucional destaca a importância da estrutura cognitiva do aprendiz e seu papel central na aprendizagem significativa. Conforme Ausubel (1978), "o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe". Nesse contexto, cabe ao professor desempenhar um papel fundamental ao considerar a estrutura cognitiva preexistente do aluno e planejar a instrução de acordo com seus princípios.

Em primeiro lugar, é essencial considerar a estrutura cognitiva do aprendiz, tanto em termos de conteúdo quanto de organização, como o principal fator influenciador da aprendizagem significativa. Isso implica em identificar os conceitos básicos da matéria de ensino e organizá-los hierarquicamente, abrangendo desde os mais inclusivos até os exemplos específicos.

Além disso, o professor deve identificar os subsunçores relevantes à aprendizagem do conteúdo e diagnosticar o conhecimento prévio do aluno. A partir disso, é possível planejar uma instrução significativa, utilizando recursos e princípios que facilitem a aquisição da estrutura conceitual da matéria de ensino.

Ausubel destaca a importância de maximizar a disponibilidade dos subsunçores para a aprendizagem significativa, aproveitando as dependências sequenciais naturais existentes na disciplina. Além disso, ele ressalta a necessidade de consolidar ou dominar o conteúdo antes da introdução de novos materiais, garantindo assim a prontidão na matéria de ensino e o sucesso na aprendizagem sequencialmente organizada.

As Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), propostas por Marco Antônio Moreira (Moreira, 2006, 2011), surgem nesse contexto e são elaboradas com base em princípios instrucionais embasados na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel. Essas unidades representam uma abordagem educacional que visa promover a aprendizagem significativa dos alunos, diferenciando-se do modelo tradicional centrado na mera transmissão de informações.

Na prática, as UEPS são estruturadas de forma a considerar que não há ensino sem aprendizagem, sendo esta última o objetivo final. Isso implica em uma mudança de foco, onde o ensino é compreendido como o meio para alcançar a aprendizagem significativa. Assim, as

UEPS são desenhadas de modo a envolver os alunos de forma ativa em seu próprio processo de aprendizagem, buscando tornar o conteúdo mais relevante e significativo para eles.

Desse modo, as UEPS têm como objetivo proporcionar uma experiência educacional que estimule o pensamento crítico, a resolução de problemas e a construção do conhecimento pelos alunos, uma vez que, ao invés de simplesmente transmitir informações, essas unidades de ensino buscam fornecer subterfúgios para se criar um ambiente propício para que os alunos possam desenvolver uma compreensão mais profunda e integrada dos conceitos abordados.

Segundo Moreira (2006), podemos elencar os aspectos sequenciais na elaboração de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS), pois, ao elaborá-la é crucial seguir uma sequência de passos organizados de modo a fomentar a aprendizagem significativa dos alunos; esses passos são fundamentais para garantir uma abordagem estruturada e eficaz no processo de ensino-aprendizagem.

O primeiro passo na construção de uma UEPS é a definição do tópico específico a ser abordado. Isso envolve identificar o tema central da unidade de ensino, considerando tanto os aspectos declarativos (conceitos e informações) quanto os procedimentais (habilidades e processos).

Em seguida, é necessário criar situações iniciais que permitam aos alunos compartilharem seu conhecimento prévio sobre o tema. Essas situações podem ser apresentadas na forma de problemas, questionários ou atividades que despertem a curiosidade e incentivem a reflexão.

Após a introdução do tema, ocorre a apresentação do conhecimento a ser ensinado. Nesta etapa, os conceitos são expostos de forma progressiva, começando por aspectos gerais e avançando para exemplos específicos. Como afirma Ausubel (2000), “por outras palavras, o principal princípio organizacional é o da diferenciação progressiva de sistemas de vestígios de uma determinada esfera de conhecimentos, partindo de regiões de maior inclusão para as de menor, cada uma delas ligada ao degrau mais acima na hierarquia, através de um processo de subsunção”.

Ao longo da UEPS, é importante revisar e aprofundar os conceitos apresentados. Isso envolve a retomada dos aspectos mais relevantes do conteúdo, enfatizando a reconciliação integrativa entre os novos conhecimentos e o conhecimento prévio dos alunos.

A proposição de atividades colaborativas também desempenha um papel crucial na UEPS. Essas atividades permitem que os alunos compartilhem significados e construam conhecimento de forma coletiva, promovendo uma aprendizagem mais interativa e socialmente

construtiva e tenham a oportunidade de trocar significados e os relacionar de maneira não arbitrária e não literal à sua estrutura cognitiva.

Por fim, a avaliação da aprendizagem ao longo da implementação da UEPS é realizada em dois momentos. Ela possui um caráter formativo e contínuo, na qual se busca perceber elementos indicadores do progresso dos alunos e evidências de aprendizagem significativa por meio da expressão dos significados compartilhados e assimilados pelo aluno e que são contextualmente aceitos. Em complementação a este processo, uma avaliação somativa final também é realizada para verificar a compreensão e a aplicação dos conhecimentos adquiridos em novas situações, mesmo que hipotéticas, mas que também dialogam com o tema abordado ao longo da unidade.

O quadro 2.1 apresenta, de forma sucinta e organizada, como cada etapa na elaboração de uma UEPS está alinhada com os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa, fornecendo uma estrutura sólida para o desenvolvimento de unidades de ensino eficazes.

Quadro 3.1 – Relação entre os aspectos sequenciais de elaboração de uma UEPS e os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa.

Etapa	Aspectos sequenciais UEPS	Princípios TAS
1	Definir o tópico específico a ser abordado.	Problema organizacional substantivo (o quê ensinar) e programático (apresentação e organização sequencial das unidades componentes).
2	Criar/propor situações.	Conhecimento prévio é a variável mais influente na aprendizagem significativa. Pensamentos, sentimentos e ações estão integrados no processo de aprendizagem.
3	Propor situações-problema.	Aprendizagem é um processo ativo, construtivo.
4	Apresentar o conhecimento.	Subsunçores mostram a relação e os novos conhecimentos e aqueles que se pretende ensinar/aprender.
5	Retomar os aspectos mais gerais.	Situações-problema promovem a reconciliação integradora.

6	Propor novas atividades.	Avaliação deve ser feita em busca de evidências.
7	Concluir a unidade.	O papel do professor é mediar a troca dos significados na relação triádica (professor, aluno, material).
8	Avaliar a aprendizagem.	A interação social e a linguagem são fundamentais para a aprendizagem.

Fonte: Próprio autor.

3.1.3. Procedimentos de Coleta e Análise de Dados

Os procedimentos de coleta de dados adotados neste estudo foram planejados de modo a captar, de forma ampla, o processo de aprendizagem dos alunos ao longo da implementação da sequência didática. Para tanto, foram utilizados diferentes instrumentos, combinando observações diretas, registros de áudio, produções escritas dos estudantes e avaliações finais, permitindo a interconexão das informações e maior confiabilidade na análise dos resultados.

Durante a aplicação das aulas, foram realizadas observações sistemáticas da participação dos estudantes, com ênfase na interação durante os experimentos, na formulação de hipóteses e na capacidade de relacionar conceitos científicos ao contexto prático da cozinha. Essas observações foram complementadas por registros em áudio, realizados ao longo das atividades experimentais e discussões coletivas. Os áudios possibilitaram resgatar falas espontâneas dos alunos, fundamentais para identificar indícios de negociação de significados e construção conceitual em tempo real.

Além disso, foram analisadas as produções escritas realizadas pelos estudantes ao longo da sequência, como os mapas mentais, os exercícios resolvidos em grupo e as respostas à avaliação final. Esse conjunto de produções permitiu verificar o nível de compreensão dos conceitos trabalhados, bem como a evolução da argumentação científica dos alunos entre o início e o término do processo.

A análise dos dados seguiu uma abordagem qualitativa interpretativa, alinhada ao referencial da aprendizagem significativa de Ausubel. Buscou-se identificar indícios de ancoragem de novos conhecimentos aos subsunçores já existentes, evidenciados tanto nas falas quanto nos registros escritos dos estudantes. Para as questões discursivas da avaliação final, foi realizada uma análise de conteúdo, categorizando as respostas em níveis de compreensão de acordo com os indícios de aprendizagem significativa.

Dessa forma, os dados coletados foram tratados de forma integrada, considerando não apenas os produtos finais, mas também os processos de interação, reflexão e construção coletiva do conhecimento. Essa perspectiva possibilitou compreender em que medida a sequência didática favoreceu a aprendizagem significativa dos conceitos de Termologia e em quais aspectos os alunos apresentaram maiores avanços ou dificuldades.

3.2. METODOLOGIA DE CRIAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A criação do produto educacional partiu de uma preocupação em alinhar a prática pedagógica às bases teóricas da aprendizagem significativa propostas por Ausubel (1968, 2000) e aprofundadas por Moreira (2011, 2013). Nesse sentido, o processo de concepção não se restringiu apenas ao desenvolvimento de atividades práticas, mas buscou articular uma fundamentação teórica consistente com a realidade escolar, de modo a garantir que os conceitos de Termologia pudessem ser compreendidos de forma contextualizada e duradoura.

3.2.1. Concepção e Fundamentação do Produto

A concepção do produto educacional surgiu da necessidade de enfrentar um desafio recorrente no ensino de Física: a dificuldade dos alunos em compreender conceitos abstratos e diferenciá-los em situações concretas. A escolha da cozinha como espaço de aprendizagem foi fundamentada em dois aspectos principais. Primeiro, pela familiaridade do ambiente, capaz de despertar o interesse e reduzir a distância entre o conhecimento científico e o cotidiano dos estudantes. Segundo, pelo seu potencial experimental, visto que nela se manifestam diversos fenômenos físicos, como transferência de calor, mudanças de estado físico e variação de temperatura.

Além disso, a fundamentação teórica da proposta está centrada nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), conforme Moreira (2011), que preveem a organização de situações de aprendizagem em etapas sequenciais e articuladas. Assim, cada atividade da sequência didática foi planejada para mobilizar conhecimentos prévios dos alunos, propor desafios conceituais e favorecer a construção de significados a partir da interação entre teoria e prática.

3.2.2. Estrutura e Componentes do Produto Educacional

O produto educacional foi estruturado como uma sequência didática composta por quatro aulas de 1h40 cada, desenvolvidas de forma progressiva, envolvendo tanto momentos

teóricos quanto atividades práticas. A sequência inclui a socialização de experiências iniciais, a introdução e exploração dos conceitos de temperatura, calor e propagação térmica, a execução prática da receita de iogurte natural e, por fim, a socialização de resultados e avaliação final.

Cada aula foi sistematizada em um plano contendo os seguintes componentes: identificação, problematização central, objetivos gerais e específicos, conhecimentos prévios relevantes, metodologia e estratégias didáticas, recursos necessários e proposta de avaliação. Além disso, as atividades foram organizadas de modo a estimular o trabalho colaborativo, a participação ativa e a conexão entre conteúdos formais da Física e vivências cotidianas dos alunos.

Outro componente importante da estrutura foi a proposição de instrumentos de avaliação diversificados, como observações em sala, registros em áudio, mapas mentais, resolução de exercícios e prova discursiva. Essa diversidade permitiu captar diferentes dimensões do processo de aprendizagem, tanto cognitivas quanto atitudinais, possibilitando ao professor identificar avanços, dificuldades e indícios de aprendizagem significativa ao longo de toda a sequência.

Assim, a metodologia de criação do produto educacional fundamentou-se em uma articulação entre teoria e prática, unindo a perspectiva da aprendizagem significativa ao uso de contextos reais do cotidiano, de forma a tornar o ensino da Termologia mais acessível, engajador e efetivo.

3.3. METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A metodologia de aplicação do produto educacional foi concebida de modo a articular teoria e prática em um processo investigativo que favorecesse a aprendizagem significativa dos conceitos de Termologia. Para tanto, considerou-se tanto o contexto escolar e o perfil dos estudantes envolvidos quanto as condições estruturais disponíveis na instituição. A implementação ocorreu por meio de uma sequência didática composta por quatro encontros presenciais, planejados de forma progressiva e integradora, em que atividades experimentais, discussões coletivas e registros avaliativos foram organizados de maneira a possibilitar a negociação de significados e a construção de conhecimentos. Nesta seção, apresenta-se inicialmente o contexto de aplicação e a caracterização do público-alvo, seguido pela descrição do processo de implementação da sequência didática.

3.3.1. Contexto e Caracterização do Público-alvo

O produto educacional foi aplicado em um grupo de sete estudantes do 2º ano do Ensino Médio, com idades variando entre 15 e 17 anos, no Colégio Estadual Jardim Europa, localizado em Goiânia-GO. Trata-se de uma instituição pública estadual de período parcial, cujo perfil discente é marcado pela diversidade socioeconômica e cultural, característica comum às escolas públicas da região metropolitana. O grupo de participantes foi formado a partir da manifestação voluntária dos alunos em integrar a proposta, garantindo, dessa forma, maior disposição e envolvimento no processo de aprendizagem, em consonância com os princípios da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (2000), que destaca a importância da predisposição para aprender de maneira não arbitrária e não literal.

Os estudantes apresentavam diferentes estilos e ritmos de aprendizagem, o que demandou a elaboração de estratégias didáticas capazes de contemplar tanto os alunos mais engajados quanto aqueles que demonstravam maiores dificuldades de atenção e interesse. Em sua maioria, pertenciam a famílias de baixa renda e possuíam algum nível de familiaridade com atividades culinárias em suas próprias casas, aspecto que contribuiu positivamente para o desenvolvimento da proposta, uma vez que a cozinha foi utilizada como espaço integrador entre teoria e prática.

Assim, o público-alvo caracterizou-se por um grupo pequeno, heterogêneo e motivado, cujas experiências prévias puderam ser mobilizadas como subsunçores relevantes, promovendo a construção de significados mais profundos e contextualizados no estudo da Termologia.

3.3.2. Implementação da Sequência Didática

A sequência didática foi desenvolvida ao longo de quatro encontros, cada um com duração de 1h40min, realizados no contraturno escolar (período vespertino). Cada aula foi planejada para explorar um aspecto específico dos conceitos de Termologia, de modo progressivo e articulado, conforme detalhado nos planos de aula constantes no produto educacional (Anexo A).

Diante das limitações estruturais da escola, que não dispõe de um laboratório de Ciências totalmente equipado e cujo espaço da cozinha é restrito ao uso dos servidores, a implementação da proposta demandou adaptações criativas. O ambiente utilizado para a realização das atividades práticas foi a sala dos professores, improvisada como laboratório/cozinha, com ênfase no uso de utensílios simples e de baixo custo, como panelas, colheres, chama de fogo e termômetros. Essa escolha reforçou a viabilidade do produto educacional, permitindo que os experimentos pudessem ser replicados tanto no ambiente

escolar quanto nas cozinhas domésticas dos alunos, possibilitando inclusive a participação familiar no processo educativo.

As atividades foram estruturadas em uma lógica que alternava momentos de investigação prática, resolução de exercícios, discussões coletivas e sistematização dos conceitos. O ponto alto da implementação foi a produção do iogurte caseiro, atividade experimental que serviu como fio condutor para a exploração dos conceitos de temperatura, escalas termométricas e propagação do calor. Ao longo da execução, o professor mediu a negociação de significados, buscando identificar concepções prévias e reorientá-las em direção ao conhecimento cientificamente aceito.

Essa metodologia de aplicação evidenciou não apenas a viabilidade da proposta em contextos escolares com recursos limitados, mas também sua capacidade de engajar os estudantes em um processo ativo de construção de conhecimento. Além disso, mostrou-se adequada para estimular habilidades cognitivas, procedimentais e atitudinais, promovendo uma aprendizagem mais significativa e conectada ao cotidiano dos alunos.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo se dedica à análise e discussão dos resultados obtidos após aplicação da sequência didática proposta – a proposta completa se encontra no Anexo A, que é o Produto Educacional. Serão analisados os dados qualitativos e quantitativos coletados durante as aulas, os quais incluem as observações de sala de aula, as expressões orais e escritas dos alunos, bem como a avaliação final. Essa análise será realizada tendo em vista os objetivos gerais e específicos doravante apresentados no início deste trabalho.

O propósito maior deste capítulo é identificar em que medida a proposta pedagógica fomentou a apropriação dos conceitos de temperatura e calor, bem como a construção de significados científicos por meio do diálogo entre a fundamentação teórica e metodológica tendo em vista as evidências empíricas produzidas pelos estudantes. Ao final deste capítulo, discutiremos os desafios enfrentados, as nuances do processo e as possibilidades de desdobramentos e futuras aplicações desta proposta para o ensino de Física em ambientes semelhantes.

4.1 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS DA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A presente seção tem como objetivo apresentar e discutir os resultados obtidos a partir da aplicação do produto educacional desenvolvido, estruturado em quatro encontros. A análise é realizada a partir dos dados coletados durante as atividades, que incluem gravações de áudio das falas dos alunos, produções como mapas mentais e listas de exercícios, a confecção prática de iogurte e uma avaliação final escrita.

Esses resultados são analisados à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, que enfatiza a importância de conectar novos conhecimentos aos saberes prévios dos alunos de forma não arbitrária e não literal. Para cada encontro, são apresentados os resultados observados e discutidos, conectando-os aos princípios teóricos que fundamentam este trabalho, a fim de compreender o impacto do produto educacional na construção do conhecimento dos alunos.

A fim de elucidar a notação utilizada, a abreviação P se refere ao professor, enquanto as demais abreviações são as letras do primeiro nome dos estudantes. Essa notação foi escolhida

a fim de manter em sigilo a identidade dos alunos. De tal forma, também hachuramos a face dos alunos para que suas identidades sejam preservadas íntegras conforme preconiza a lei.

4.2 AULA 1: CAFÉ DA MANHÃ E RODA DE CONVERSA

A primeira aula teve como principal objetivo identificar os conhecimentos prévios dos alunos acerca dos conceitos envolvendo Temperatura, Termômetros e Escalas Termométricas, além de estabelecer um ambiente acolhedor para o desenvolvimento da sequência didática. Para isso, foram planejados dois momentos principais, a saber: i) O café da manhã, criado para promover uma interação informal entre professor e alunos, estabelecendo um ambiente favorável ao aprendizado significativo; ii) A roda de conversa: momento em que o professor guiou o diálogo com perguntas-chave para mapear o conhecimento prévio dos alunos e introduzir os conceitos que seriam trabalhados ao longo da sequência didática. Confira a seguir (Figuras 4.13 e 4.14) algumas fotos do desenvolvimento da Aula 1.

Figura 4.13 – Registro 1 da aplicação da Aula 1 - café da manhã e roda de conversa.



Fonte: Próprio autor.

Figura 4.14 – Registro 2 da aplicação da Aula 1 - café da manhã e roda de conversa.



Fonte: Próprio autor.

A proposta metodológica desta aula está diretamente relacionada à Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, uma vez que busca ativar os subsunçores (conhecimentos prévios relevantes dos alunos) e incentivar a negociação de significados, processos essenciais para a construção de novos conhecimentos de forma não arbitrária e não literal.

Os dados coletados para análise incluem a gravação de áudio transcrita, na qual os alunos discutem espontaneamente sobre seus conhecimentos prévios, interagem com a degustação dos iogurtes e refletem sobre o conceito de Temperatura. A seguir, destacam-se trechos relevantes da transcrição, categorizados segundo sua relação com a Aprendizagem Significativa.

Os alunos demonstraram familiaridade com o consumo de iogurte e algumas práticas relacionadas à sua conservação e fabricação caseira:

P: “Todo mundo aqui já tomou iogurte né?”

Todos: “Sim.”

C: “Minha tia faz iogurte, mas é pra comer de colher. Eu gosto de comer com coco.”

Essa fala revela que alguns alunos já possuíam experiências prévias com a produção artesanal de iogurte, o que cria uma base cognitiva para conectar novos conceitos sobre temperatura e conservação de alimentos.

Quando questionados sobre a importância da temperatura na preservação do iogurte, um aluno prontamente respondeu:

M: “A temperatura. Ele tem que ficar resfriado de 1 a 10 °C”.

Esse trecho mostra que o aluno já possuía um subsunçor sobre a relação entre temperatura e conservação de alimentos, que pode ser expandido e aprofundado ao longo da sequência didática.

A partir do diálogo orientado, os alunos começaram a desenvolver uma compreensão mais estruturada sobre os conceitos de Temperatura e Calor, diferenciando-os progressivamente:

P: “Alguém sabe me dizer o que é temperatura?”

O: “É o grau de calor de um corpo.”

A: “É a medida do grau de agitação das moléculas de um corpo. Era o tema da minha equipe na feira de ciências.”

P: “Excelente. Mas eu quero que todos me ajudem a elaborar esses conceitos, de temperatura e calor.”

A resposta de “O” reflete um entendimento intuitivo, enquanto a de “A” já demonstra um conhecimento mais técnico. Essa interação evidencia a diferenciação progressiva, um dos pilares da aprendizagem significativa segundo Ausubel. A mediação do professor foi essencial para que os alunos percebessem as nuances entre os conceitos.

Outro momento significativo foi a reflexão sobre a expressão "hoje está fazendo calor", levando os alunos a repensarem como se referem à temperatura no cotidiano:

P: “Mas vem cá pessoal, é correto falar que ‘hoje está fazendo calor’?”

A, M, C: “Não.”

A: “Quando a gente fala que ‘tá calor’ a gente quer se referir à temperatura.”

P: “Então como seria a forma correta da gente se expressar?”

A: “Hoje a temperatura está elevada.”

Esse exemplo demonstra um processo de reconciliação integrativa, no qual os alunos ajustam sua compreensão à luz do novo conhecimento, reorganizando conceitos já existentes para torná-los mais precisos.

Ao final da conversa, os alunos foram convidados a refletir sobre a importância da medição da temperatura, conectando-a a diversas situações do cotidiano:

P: “Alguém conseguiria me dizer em que outra situação seria importante a gente medir a temperatura de alguma coisa?”

M: “Medir a temperatura do clima, às vezes está um dia muito frio e a gente vai precisar mais blusas para proteção e não ficar doente.”

C: “Quando você está com febre. Porque nosso corpo tem uma temperatura ideal de funcionamento que é de 37 graus.”

As respostas evidenciam que os alunos já possuíam subsunçores relevantes, mas ainda precisavam de um refinamento conceitual para compreender a relação entre temperatura e a troca de calor, que seria aprofundada nas aulas seguintes.

Com base na análise dos dados coletados, podemos identificar vários Princípios da Aprendizagem Significativa ocorrendo nesta aula, os quais são listados a seguir.

1. Identificação e ativação dos subsunçores:

A atividade inicial do café da manhã e da roda de conversa permitiu que os alunos expressassem seus conhecimentos prévios, preparando o terreno para a introdução dos novos conceitos de forma contextualizada;

2. Diferenciação progressiva:

À medida que os alunos discutiam temperatura e calor, alguns demonstraram compreensões mais sofisticadas, enquanto outros ainda tinham noções intuitivas. A mediação do professor ajudou a esclarecer essas diferenças e aprofundar os conceitos;

3. Reconciliação integrativa:

O diálogo sobre a forma correta de se referir à temperatura mostrou um momento em que os alunos ajustaram sua linguagem e entendimento, um indicativo de que estavam reorganizando suas estruturas cognitivas;

4. Significatividade do conteúdo:

O uso de exemplos cotidianos (fritura de batatas, conservação do iogurte, febre) facilitou a assimilação dos conceitos, garantindo que o aprendizado fosse não arbitrário (os alunos compreenderam os conceitos dentro de um contexto real) e não literal (não apenas memorizaram, mas discutiram e aplicaram as ideias).

Sendo assim, a primeira aula cumpriu seu papel ao criar um ambiente favorável à aprendizagem e levantar os conhecimentos prévios dos alunos. O diálogo mostrou que os alunos já possuíam algumas noções sobre temperatura e calor, mas ainda precisavam refinar e diferenciar os conceitos. A interação entre planejamento e prática evidenciou que os princípios de Ausubel estavam sendo aplicados com êxito, preparando o caminho para o aprofundamento nas aulas seguintes.

4.3 AULA 2: ATIVIDADE EXPERIMENTAL E MAPA MENTAL

A segunda aula teve como objetivo principal levar os alunos a refletirem sobre a diferença entre os conceitos de Temperatura e Calor, além de compreenderem como ocorre a propagação térmica e a necessidade de medir a temperatura com precisão. Para isso, foram realizadas duas atividades principais, a saber: i) Experimento "Enganando os Sentidos" (Mão na Água), no qual os alunos colocaram uma mão em água quente e outra em água fria, depois ambas em água à temperatura ambiente, cujo objetivo era perceber como os sentidos podem "enganar" a percepção da temperatura, ressaltando a necessidade de um instrumento de medição confiável; ii) A construção do mapa mental, no qual os alunos registraram suas compreensões sobre temperatura, calor e propagação térmica. Os registros da aplicação desta aula estão apresentados nas Figuras 4.15 a 4.18.

Figura 4.15 – Registro 1 da aplicação da Aula 2 - experimento "enganando os sentidos".



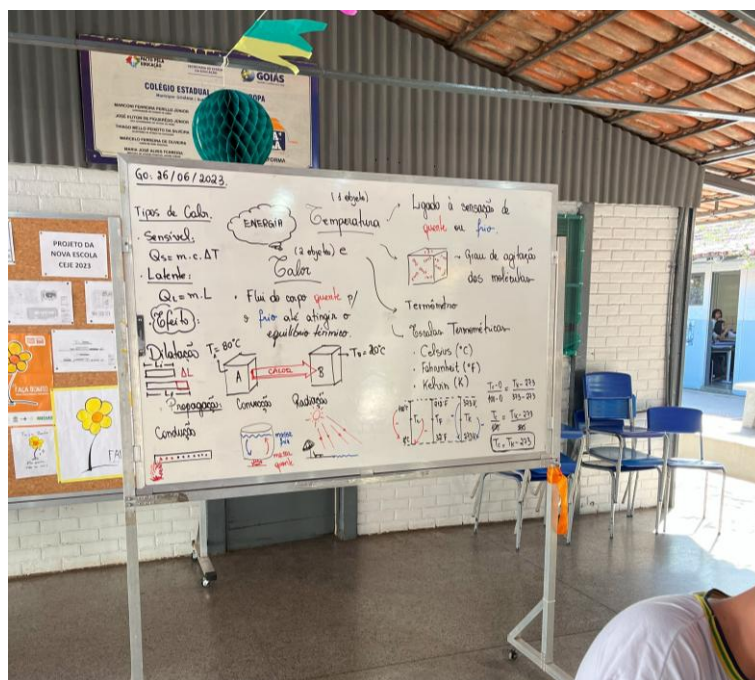
Fonte: Próprio autor.

Figura 4.16 - Registro 2 da aplicação da Aula 2 - experimento "enganando os sentidos".



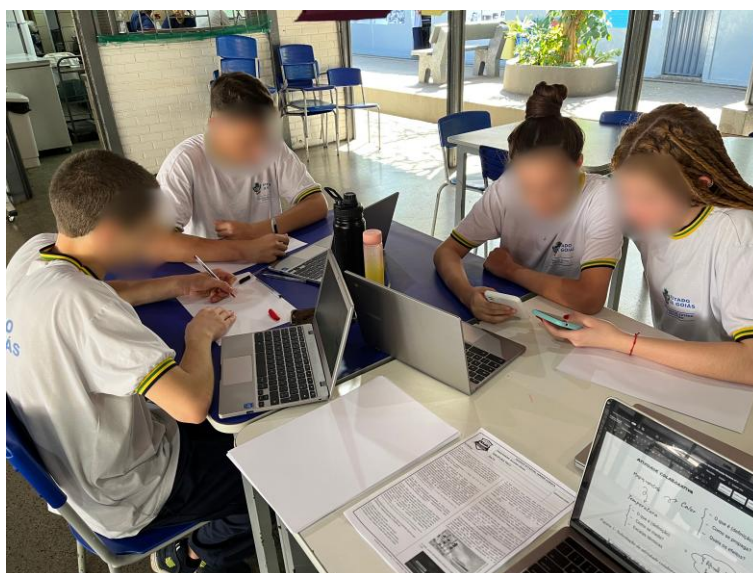
Fonte: Próprio autor.

Figura 4.17 – Registro 1 da aplicação da Aula 2 - Proposta de criação de mapa mental.



Fonte: Próprio autor.

Figura 4.18 – Registro 2 da aplicação da Aula 2 - Proposta de criação de mapa mental.



Fonte: Próprio autor.

A abordagem dessa aula está fundamentada nos Princípios da Aprendizagem Significativa de Ausubel, especialmente no uso de subsunçores (conhecimentos prévios), na diferenciação progressiva (construção gradual do conceito de Temperatura e Calor) e na reconciliação integrativa (ajuste de conceitos à luz das novas experiências).

Os dados coletados incluem transcrições dos áudios, que registraram as interações dos alunos durante o experimento, suas respostas às perguntas do professor e a forma como negociaram significados ao longo da aula. A seguir, analisamos trechos significativos da transcrição.

Antes do experimento, os alunos demonstraram intuições sobre temperatura e calor:

P: “O que vocês acham que vai acontecer com a temperatura do vidro quando eu colocar essa tigela no micro-ondas?”

Todos: “Vai aumentar.”

Esse trecho mostra que os alunos já possuem uma noção intuitiva da transferência de calor, mas ainda sem formalização conceitual. A seguir, o professor aprofunda essa intuição ao perguntar:

P: “Por que aqui embaixo está mais quente que em cima?”

G: “Porque tinha um pouco de água.”

P: “Correto, a água recebe o calor. E com quem a água está em contato?”

Todos: “O vidro.”

Aqui, os alunos começam a perceber que o calor é transferido por contato, um conceito fundamental para compreender os processos de condução térmica. Durante o experimento, os alunos foram incentivados a estimar a temperatura da água apenas pelo tato, o que levou a reflexões sobre a falta de precisão da sensação térmica:

P: “O desafio de vocês é o seguinte, cada um vai colocar a mão na tigela com água fria e tentar adivinhar a temperatura.”

(Os alunos fazem suas estimativas variando entre 4 e 12 graus Celsius.)

P: “Agora vamos ver? Quando eu ligo o termômetro, ele está medindo uma certa temperatura, 27,6°C. Mas do que ele está medindo a temperatura?”

C: “Do ambiente.”

O: “Do ar.”

Aqui, os alunos começaram a reconhecer que um instrumento de medição pode fornecer uma leitura precisa da temperatura, diferente da percepção subjetiva. Isso ilustra um processo

de diferenciação progressiva, pois a partir da experiência concreta, os conceitos vão sendo refinados.

Em seguida, ao medir a temperatura da água fria com um termômetro, os alunos se surpreendem:

P: “Agora, observem: quando eu coloco o termômetro na água, essa temperatura é medida imediatamente?”

Todos: “Não.”

G: “Ela vai diminuindo aos poucos.”

P: “Quais corpos estão interagindo aqui?”

O, S: “O ferro e a água.”

P: “E o que está acontecendo entre esses corpos?”

C: “Eles estão trocando calor.”

Esse trecho ilustra como os alunos passaram a reconhecer o calor como um processo de transferência de energia entre corpos com temperaturas diferentes. Isso evidencia a reconciliação integrativa, pois ajustaram sua compreensão inicial e passaram a enxergar o calor como um fenômeno dinâmico, e não apenas como "sensação térmica".

Ao realizarem o experimento "Mão na Água", os alunos experimentaram na prática o efeito da adaptação sensorial térmica. A troca de sensações foi destacada por vários estudantes:

P: “Agora coloquem uma mão na água quente e outra na água fria. Depois coloquem ambas na água à temperatura ambiente.”

A: “Com essa mão eu senti muito frio e com a outra não senti tanta diferença.”

P: “Mas essa mão que você sentiu muito frio estava em qual tigela?”

A: “Na tigela de água quente.”

P: “E a mão que estava na água fria?”

A: “Eu a senti mais quente.”

Aqui, os alunos percebem que a percepção da temperatura depende do estado anterior da pele, o que reforça a ideia de que o tato não é um sensor térmico confiável. A mesma reflexão se repete com outro aluno:

G: “Realmente professor, essa daqui esquentou e a outra esfriou. Parece que inverteu a sensação que eu tinha.”

O professor então leva a discussão para a necessidade de instrumentos de medição precisos, promovendo a generalização do conceito:

P: “Pessoal, então dá pra dizer que a pele é um bom sensor térmico?”

C: “Não.”

P: “É confiável?”

Todos: “Não.”

Essa sequência demonstra como os alunos saíram de uma concepção inicial intuitiva (o tato pode medir temperatura) para uma compreensão mais formal, alinhada à Física. Esse processo evidencia aprendizagem significativa, pois o novo conhecimento foi conectado com experiências concretas e reelaborado de forma não arbitrária.

A segunda aula exemplificou vários aspectos da aprendizagem significativa, conforme proposto por Ausubel, os quais são listados a seguir:

1. Ativação dos subsunçores:

A aula partiu do conhecimento prévio dos alunos sobre sensação térmica para introduzir conceitos científicos mais formais;

2. Diferenciação progressiva:

Inicialmente, os alunos tratavam temperatura e sensação térmica como sinônimos, mas com a experiência, passaram a diferenciá-los, compreendendo que o calor é a energia transferida entre corpos e não apenas "sensação de quente e frio";

3. Reconciliação integrativa:

Ao final da aula, os alunos foram capazes de reformular sua compreensão inicial, percebendo que a medição precisa da temperatura exige um termômetro e que a troca de calor entre corpos ocorre de maneira previsível;

4. Uso de experiências concretas:

O experimento físico permitiu que os alunos vivenciassem os conceitos na prática, favorecendo um aprendizado não literal e conectado à realidade cotidiana.

Sendo assim, a segunda aula cumpriu seu papel ao promover a revisão e diferenciação dos conceitos de Temperatura e Calor. O experimento "Mão na Água" foi essencial para que os alunos percebessem as limitações da sensação térmica e a importância da medição objetiva da temperatura. Com isso, a base foi preparada para o aprofundamento do conceito de Propagação do Calor, que será explorado nas próximas aulas.

4.4 AULA 3: DESENVOLVIMENTO DE CONHECIMENTO PROCEDIMENTAL

Na terceira aula, os alunos tiveram a oportunidade de investigar, na prática, conceitos fundamentais sobre Temperatura, Propagação do Calor e Equilíbrio Térmico enquanto preparavam iogurte caseiro. Durante a atividade, aprenderam a utilizar corretamente o termômetro para aferir a temperatura do leite, identificaram os processos de condução na panela e de convecção no leite e compreenderam a importância do equilíbrio térmico para o sucesso da fermentação. Além disso, discutiram as propriedades térmicas dos materiais, analisando como o tipo de panela pode influenciar a retenção de calor. A seguir, Figuras 3.19 – 3.23, apresentamos os registros da aula, que incluem observações, medições e reflexões dos alunos sobre os fenômenos envolvidos no processo.

Figura 4.19 – Registro 1 da aplicação da Aula 3 - Execução da receita de iogurte caseiro.



Fonte: Próprio autor.

Figura 4.20 – Registro 2 da aplicação da Aula 3 - Execução da receita de iogurte caseiro.



Fonte: Próprio autor.

Figura 4.21 – Registro 3 da aplicação da Aula 3 - Execução da receita de iogurte caseiro.



Fonte: Próprio autor.

Figura 4.22 – Registro 4 da aplicação da Aula 3 - Execução da receita de iogurte caseiro.



Fonte: Próprio autor.

Figura 4.23 – Registro 5 da aplicação da Aula 3 - Execução da receita de iogurte caseiro.



Fonte: Próprio autor.

A aula foi estruturada de forma que os alunos trabalhassem em duplas, alternando entre execução prática e observação, enquanto o professor guiava a negociação de significados por meio de perguntas estratégicas. Esse formato é diretamente fundamentado nos Princípios da Aprendizagem Significativa de Ausubel, que defende que o aprendizado ocorre quando novos conceitos são ancorados aos conhecimentos prévios de maneira não arbitrária e não literal.

Os dados coletados incluem transcrições dos áudios, que registram as interações dos alunos durante a aula, suas reflexões e a forma como negociaram significados ao longo da experiência prática. A seguir, analisamos os trechos mais relevantes, categorizados de acordo com os Princípios da Teoria de Ausubel.

Desde o início da aula, os alunos foram estimulados a conectar o que aprenderam nas aulas anteriores com o que estavam prestes a experimentar na prática. Um exemplo disso foi a discussão sobre equilíbrio térmico ao adicionar o iogurte ao leite morno:

P: “Agora você está climatizando o iogurte, porque se você coloca aquele leite todo de uma vez, você mata os probióticos. Aqui nesse caso não, você ativa o iogurte para quando você colocar na panela ele já está ambientado, o que você falou: o equilíbrio térmico.”

Aqui, o professor reforça um conceito-chave trabalhado anteriormente e aplica-o diretamente à prática, permitindo que os alunos compreendam o papel da temperatura na fermentação do iogurte. Outro exemplo da ativação de conhecimentos prévios ocorreu quando os alunos foram questionados sobre a propagação do calor na panela e no leite:

P: “Quando você mexe, o que você está fazendo com essa mistura?”

O: “Estou deixando homogêneo.”

P: “Quando você fala homogêneo, você está querendo dizer o quê?”

O: “Que está igual.”

P: “A temperatura uniformizada, né?”

Essa interação demonstra um momento de diferenciação progressiva, onde o aluno começa a construir um conceito mais detalhado sobre distribuição térmica em fluidos. A negociação de significados foi um elemento central da aula. Os alunos, ao longo da prática, foram desafiados a relacionar suas ações com conceitos físicos, como a propagação do calor e o uso do termômetro. Um exemplo importante foi a discussão sobre os diferentes materiais das panelas e sua influência na retenção do calor:

P: “Gente, qual é a posição ideal pra gente colocar o termômetro? É mais embaixo, mais em cima ou no meio?”

G: “Acho que mais em cima.”

C: “No meio.”

P: “Por que no meio?”

C: “Se você colocar no fundo, a panela vai estar muito quente porque ela está em pleno contato com o fogo, e se você colocar em cima vai estar em contato com o ar e daí vai estar mais frio.”

P: “Então nesse sentido, por que é importante mexer o leite?”

C: “Para a temperatura ficar homogênea.”

Aqui, os alunos começaram a compreender que a temperatura no interior do leite não é uniforme, e que a convecção térmica tem um papel fundamental na distribuição do calor. A negociação de significados também ficou evidente quando o professor estimulou os alunos a pensarem sobre a diferença na condução térmica de materiais:

P: “Vocês estão usando duas colheres diferentes, uma de metal e a outra de silicone. Se a gente as deixar paradas aqui no leite de molho, as duas esquentam?”

Todos: “Sim.”

P: “Tecnicamente sim, mas qual delas esquenta mais rápido?”

G: “A de ferro.”

P: “Por quê?”

S: “Porque ela é melhor condutora de calor.”

Nesse momento, os alunos começaram a associar as propriedades térmicas dos materiais com o que estavam observando na prática, uma aplicação direta da diferenciação progressiva. A experimentação prática possibilitou que os alunos aplicassem conceitos teóricos de forma concreta. Durante a aula, o professor aproveitou cada etapa para reforçar a relação entre teoria e prática. Um exemplo disso ocorreu quando os alunos discutiram formas de resfriar o leite de maneira eficiente:

P: “O que vocês poderiam fazer para que o leite esfrie mais rápido?”

G: “Colocar na geladeira?”

O: “Soprar!”

P: “Mas por que soprar?”

O: “Porque daí ia vir o vento da temperatura ambiente para algo quente.”

P: “Certo, e daí o que iria acontecer entre o vento e o leite?”

O: “Eles entrariam em equilíbrio térmico porque teriam uma troca de calor.”

G: “Daí o leite iria esfriar e o ar do ambiente ia esquentar.”

Aqui, os alunos aplicaram o conceito de equilíbrio térmico de maneira espontânea, demonstrando que a negociação de significados foi bem-sucedida e agora, professor e alunos, compartilham do mesmo significado para o conceito de equilíbrio térmico, temperatura e calor – o que ainda será avaliado em situações posteriores a fim de que subterfúgios dessa aprendizagem sejam identificados.

Diante do exposto, verificamos que a terceira aula cumpriu seu propósito, pois foi essencial para o processo de negociação e consolidação dos conceitos de propagação do calor e equilíbrio térmico de forma aplicada. A execução da receita do iogurte proporcionou aprendizado prático, permitindo que os alunos fizessem conexões diretas entre a Física e o cotidiano, fortalecendo a construção do conhecimento de forma significativa e interativa.

4.5 AULA 4: AVALIAÇÃO FINAL

Para avaliar a aprendizagem dos alunos ao longo da sequência didática, foi aplicada uma avaliação final composta por questões discursivas. Essa avaliação teve como objetivo verificar a apropriação dos conceitos de Temperatura, Calor e Propagação Térmica, bem como a capacidade dos alunos de relacioná-los ao processo prático de fabricação do iogurte. Além disso, a avaliação permitiu analisar a presença de indícios de aprendizagem significativa, conforme preconizado pela Teoria de Ausubel, uma vez que os alunos foram instigados a mobilizar seus conhecimentos adquiridos ao longo das aulas para resolver novas situações-problema.

A avaliação foi estruturada com cinco questões, abordando desde o relato da experiência vivida na confecção do iogurte até a aplicação dos conceitos físicos em diferentes contextos. A Questão 1 solicitava que os alunos descrevessem o processo seguido, os resultados obtidos e os principais aprendizados adquiridos. As Questões 2, 3 e 4 exigiam a aplicação conceitual dos temas estudados em situações cotidianas, como a sensação térmica após um banho, a variação de temperatura ao abrir a porta do forno e a eficiência térmica da caixa de isopor, ou seja, um contexto diferente daquele que foi trabalho ao longo da sequência didática a fim de buscar

subterfúgios elucidadores da aprendizagem significativa. Por fim, a Questão 5 exigia a aplicação matemática da conversão de escalas termométricas. As questões podem se encontram descritas na íntegra no quadro a seguir.

Quadro 4.1 - Questões da Avaliação Final Proposta.

Questões da Avaliação Final Proposta	
1	Como foi a experiência de fazer iogurte natural caseiro durante a aula de Física sobre temperatura e calor? Descreva o processo que vocês seguiram, os resultados obtidos e o que vocês aprenderam com essa experiência; destaque aquilo que foi mais interessante para você.
2	Imagine que você está participando de uma aula de física sobre transferência de calor e vocês estão discutindo os diferentes mecanismos de resfriamento do corpo humano. Durante a aula, um colega faz a pergunta: "Assim que você sai do chuveiro, você sente frio. Quando você se enxuga, contudo, deixa de sentir frio, embora a temperatura externa não sofra nenhuma variação. Por quê?". Você que é um estudante perspicaz, pense e explique o motivo pelo qual esse fenômeno acontece.
3	Uma das quitandas mais consumidas no Brasil são os bolos. Existem várias receitas, sabores, formatos, coberturas, recheios, mas o que todas essas receitas têm em comum é a temperatura de preparo. Geralmente é recomendado que o forno seja pré-aquecido a 180 °C por 10 minutos a fim de garantir o correto processo de cozimento da massa. Quando o bolo fica pronto devemos aguardar um certo tempo com a porta do forno fechada de modo a evitar que o bolo murche. Utilizando os conceitos de temperatura e calor, explique o que acontece quando abrimos a tampa do forno antes da hora correta.
4	Uma prática muito comum dos brasileiros quando vão à praia é a utilização das caixas térmicas. Uma caixa térmica é composta basicamente por uma camada grossa de isopor e é utilizada a fim de manter as bebidas frias e evitar que elas sejam aquecidas pelo sol. Erick é um estudante e se lembrou de suas aulas de termologia, mas ainda está um pouco em dúvida sobre como poder aumentar a eficiência da caixa térmica. O que é necessário para aumentar a eficiência térmica da caixa? Pense nos fatores que podem influenciar essa situação e ajude Erick e manter sua bebida gelada por mais tempo.

5	<p>Carlos é um brasileiro que está fazendo uma viagem turística aos Estados Unidos. Durante a viagem Carlos necessitou levar seu filho ao médico para investigar uma febre repentina, mas antes de levá-lo passou na farmácia e pediu para que sua temperatura fosse aferida. O farmacêutico disse a ele que a temperatura de seu filho era de $100^{\circ}F$. Carlos sabe que uma temperatura acima de $38^{\circ}C$ já pode ser considerada febre, mas não soube interpretar a resposta do farmacêutico porque está acostumado a escala térmica Celsius utilizada aqui no Brasil. O celular de Carlos havia descarregado e não poderia consultar seu aplicativo de conversão de medidas, porém ele se lembrou das aulas de Física e da relação matemática entre as escalas. Aplicando a equação que relaciona a escala Celsius e Fahrenheit, qual o valor de temperatura Carlos encontrou? Seu filho estava com febre?</p>
---	--

Fonte: Próprio autor.

A seguir, serão apresentadas as respostas dos alunos e uma análise detalhada de cada questão, evidenciando as conexões entre as respostas e os pressupostos da Teoria da Aprendizagem Significativa, a presença de indícios de compreensão conceitual e aplicação prática dos conteúdos estudados bem como algumas sugestões elucidadas pela reflexão sobre as respostas dos estudantes e a percepção do professor.

4.5.1 Avaliação da Questão 1:

As respostas de alguns alunos(as) à Questão 1 da Avaliação Final estão apresentadas nas Figuras 4.24 – 4.30.

Figura 4.24 - Resposta da aluna A à questão 1.

1- A experiência foi muito interessante, começamos recebendo um papel com a receita e os ingredientes, após todos nos lermos e conversarmos para tirar as dúvidas, começamos a fazer, colocando um litro na panela e levando ao fogo até que atingisse $90^{\circ}C$, depois que chegou (conseguimos saber pelo termômetro que usamos), deixamos esfriar até atingir $45^{\circ}C$, colocamos um pouco de leite e misturamos com 170 gramas de leite condensado natural, temperamos a gosto e colocamos no forno por uma noite, e depois levamos à geladeira por algumas horas, depois servimos com frutas e leite condensado. O mais interessante foi usar o termômetro para saber a temperatura.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.25 - Resposta da aluna C à questão 1.

01. Foi uma experiência enriquecedora, compreendemos a presença da física dentro da gastronomia. A partir da produção de um iogurte natural, estudamos os conceitos de calor e temperatura, vendo suas propriedades, etc. Para mim, o mais interessante foi perceber o quão próximo é a física nas nossas vidas.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.26 - Resposta da aluna M à questão 1.

1- A experiência foi muito legal. O processo começou com a gente fervendo o leite e mexendo o tempo todo até chegar em 90°C , depois disse desligamos o fogo e ficamos mexendo para chegar até 45°C , depois colocamos a panela dentro de um forno desligado e esperamos até o outro dia, e quando chegamos no outro dia o nosso iogurte estava pronto, ao todo foram 4 jarros de iogurte dois deles ficaram naturais, um ficou com morangos e outro com leite de coco. A parte mais interessante foi saber que a física está tão próxima da gente, até na culinária.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.27 - Resposta da aluna S à questão 1.

1. A experiência foi muito boa e legal. Seguimos a receita que foi passada para nós, onde explicava o passo a passo de como fazer o iogurte caseiro. Fizemos a receita em dupla e com o auxílio do professor. Foi muito interessante todo o processo, pois aprendemos muitas coisas e principalmente como fazer um iogurte. Além de ver que a física está diretamente ligada à gastronomia.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.28 - Resposta da aluna Y à questão 1.

1. A experiencia foi muito Legal, tivemos que vir 4 dias de tarde, primeiro dia conversamos, no segundo tivemos uma aula teorica e fizemos um mapa mental, no terceiro dia fizemos o iogurte em duplas seguindo a receita do professor Eduardo, no quarto dia degustamos o iogurte com frutinhas. E foi maravilhoso participar disso tudo além de ter aprendido coisas novas e fazer um iogurte. Eu amei,

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.29 - Resposta do aluno G à questão 1.

① O início do projeto foi muito interessante pois além de aprender ~~uma~~ uma receita culinária, tivemos a oportunidade de aprender muito mais sobre temperatura e calor com aulas mais avançadas sobre o tema, enfim podemos ter noção que a física está próxima da gente e no nosso cotidiano. O que foi mais interessante foi perceber que a física está em "tudo" que fazemos como exemplo uma receita culinária.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.30 - Resposta do aluno O à questão 1.

Q1: Foi uma experiência bastante agradável, aprendemos várias coisas sobre o assunto. No processo para a realização do iogurte, seguimos a receita passo a passo. Iniciamos colocando o leite no panela e ~~aquecendo~~ aquecendo-o a 30°. Desligamos o fogo e deixamos o leite aquecer a 45°. Num recipiente separado, colocamos o iogurte pronto e junto mais uma colher de leite, para deixar o iogurte homogêneo e numa temperatura adequada para misturar no leite já aquecido a 45°. Depois de bem misturado, fechamos bem o recipiente e colocamos em um forno já aquecido. No outro dia, o iogurte foi colocado no geladeira para ganhar consistência. O iogurte ficou com uma ótima textura e bem grosso. O que achei mais interessante foi as explicações e ensinamentos que o professor deu durante o processo de realização do iogurte. // ...ti mis guate em relação à água

Fonte: Próprio autor.

A primeira questão da avaliação final da sequência didática solicitou aos alunos que descrevessem o processo de fabricação do iogurte, os resultados obtidos e os aspectos mais interessantes da experiência. A análise das respostas (conforme apresentadas nas Figuras 4.24 a 4.30) evidencia a construção do conhecimento e a forma como os conceitos de Temperatura e Calor foram assimilados pelos estudantes.

As respostas indicam que todos os alunos foram capazes de relatar corretamente as etapas seguidas na fabricação do iogurte, demonstrando compreensão sobre a necessidade do aquecimento do leite até 90°C e seu resfriamento posterior até 45°C antes da adição do iogurte natural. Alguns alunos enfatizaram a importância do controle de temperatura, relacionando-o diretamente ao sucesso da fermentação bacteriana.

A presença de termos técnicos nas respostas, como "temperatura", "fermentação", "calor" e "propagação térmica", indica um avanço conceitual em relação ao conhecimento inicial dos alunos. No entanto, observou-se que apenas uma parcela deles discutiu com profundidade o conceito de equilíbrio térmico, fundamental para o entendimento do processo.

Segundo Ausubel (2000), a aprendizagem significativa ocorre quando novos conhecimentos são integrados à estrutura cognitiva do estudante de forma não arbitrária e não literal. A atividade proposta possibilitou essa aprendizagem ao permitir que os alunos relacionassem conceitos abstratos da Física com uma experiência concreta e cotidiana.

A diferenciação progressiva é perceptível nas respostas, uma vez que os alunos passaram de uma compreensão genérica sobre temperatura para uma visão mais elaborada, diferenciando processos como condução e convecção no aquecimento do leite. A reconciliação integradora também se fez presente, com alunos reconhecendo a Física como parte essencial do processo culinário, o que indica uma ressignificação dos conceitos estudados.

Os alunos demonstraram grande envolvimento com a atividade, destacando como aspecto mais interessante a percepção da Física no cotidiano. Comentários como "foi legal ver como a temperatura influencia na cozinha" e "a física está presente em tudo, até no iogurte" evidenciam um aumento na motivação e um despertar para o significado da Física além do ambiente escolar. Outro ponto relevante foi a menção à utilização do termômetro como ferramenta fundamental no controle de temperatura, o que indica que os alunos reconheceram a necessidade de medição precisa para garantir o sucesso da receita.

Apesar do avanço conceitual observado, algumas respostas revelaram dificuldades na articulação entre teoria e prática. A ausência da discussão sobre equilíbrio térmico e a diferença entre temperatura e calor em algumas respostas sugere a necessidade de reforçar esses conceitos por meio de estratégias como uma revisão explícita dos conceitos e a utilização de analogias mais acessíveis.

A análise das respostas da Questão 1 demonstra que os alunos foram capazes de relatar o processo experimental de maneira estruturada, evidenciando compreensão sobre os conceitos abordados. O envolvimento dos alunos foi significativo, reforçando o potencial de atividades práticas para a aprendizagem significativa. Contudo, observou-se a necessidade de reforço

conceitual em alguns pontos, especialmente na distinção entre os conceitos de Temperatura e Calor e na compreensão do Equilíbrio Térmico. A continuidade da abordagem metodológica sugerida pode contribuir para que a aprendizagem seja ainda mais efetiva, consolidando o conhecimento dos alunos sobre Termologia e sua aplicação na vida cotidiana.

4.5.2 Avaliação da Questão 2:

As respostas de alguns alunos(as) à Questão 2 da Avaliação Final estão apresentadas nas Figuras 4.31 a 4.37.

Figura 4.31 - Resposta da aluna A à questão 2.

2- Porque quando saímos do banho o nosso corpo que estava quente (pois estava em contato com a água), perde calor tanto para o ar quanto para a água, e com essa perda de calor vem a sensação de frio.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.32 - Resposta da aluna C à questão 2.

02. Quando entramos, aquecemos nosso corpo, entretanto, quando saímos do banho, entramos em contato com a água que ficou no corpo e com o ar que está mais frio que nós. Então nosso corpo passa a perder calor, que é transferido para a água e para o ar, tendo a sensação de frio. Mas quando nos secamos, deixamos de trocar calor com a água, acabando a sensação de frio.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.33 - Resposta da aluna M à questão 2.

2- Quando estamos embaixo da água quente do chuveiro a nossa fonte de calor é essa água quente, aí quando desligamos o chuveiro perdemos essa fonte de calor, aí no caso a nova fonte de calor é o nosso corpo, mas o nosso corpo vai perder calor para o ar por isso sentimos frio.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.34 - Resposta da aluna S à questão 2.

2. Quando a pessoa está tomando banho em água quente ela fica na mesma temperatura que a água, ao desligar o chuveiro perde-se a fonte de calor para o ar e a água que ficou no corpo. Assim, tem a sensação de frio e quando a pessoa vai embora essa ~~situação~~ ^{sensação} ~~para~~ ^{reminisção}

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.35 - Resposta da aluna Y à questão 2.

2. Porque quando banhamos, esquentamos nosso corpo então quando saímos do banho, entramos em contato com a água que ficou no corpo e com o ar que estão mais frios que nós. Então nosso corpo passa a perder calor, que é transferido para a água e para o ar, tendo a sensação de frio. Mas quando secamos deixamos de trocar calor com a água.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.36 - Resposta do aluno G à questão 2.

2) Pois quando saímos do banho nós estamos quentes, logo perdemos calor ao entrar em contato com o ar e a água que está presente ajuda nesse processo de resfriamento, sendo assim quando nos secamos o corpo ~~se~~ ^{se} estabiliza mais com o ambiente e paramos de ter a sensação de frio.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.37 - Resposta do aluno O à questão 2.

durante o processo de resfriamento do corpo.

02. Quando se desliga o chuveiro, o nosso corpo e o ^{que está mais quente em relação à água} ar e o ar. Portanto, por estarmos mais quente, o nosso corpo vai perder calor, tanto pro água, quanto pro ar. E nesse perda de calor iremos sentir frio, pois nosso corpo irá do quente para frio. E o calor que havia em nosso corpo, será transferido para o ar e a água, entrando assim em um equilíbrio térmico.

Fonte: Próprio autor.

A Questão 2 da Avaliação Final teve como objetivo verificar se os alunos foram capazes de compreender e aplicar o conceito de transferência de calor e a sensação térmica associada ao resfriamento da pele pela evaporação da água. O comando da questão apresentada aos alunos foi: *"Assim que você sai do chuveiro, você sente frio. Quando você se enxuga, contudo, deixa de sentir frio, embora a temperatura externa não sofra nenhuma variação. Por quê?"*

Essa questão demandava que os alunos identificassem e explicassem o fenômeno físico envolvido, relacionando-o ao calor latente de vaporização, ou seja, à energia necessária para que a água passe do estado líquido para o estado gasoso. Ao sair do chuveiro, o corpo molhado entra em contato com o ar, e a água presente na pele absorve calor do corpo para evaporar, provocando uma sensação de resfriamento. Quando a pessoa se enxuga, a evaporação diminui, reduzindo a perda de calor e, conseqüentemente, a sensação de frio.

As respostas apresentadas pelos alunos evidenciam um nível satisfatório de compreensão conceitual, com a maioria demonstrando que compreendeu o fenômeno físico da evaporação e sua relação com a sensação térmica. Todos os alunos destacaram que, ao sair do chuveiro, o corpo perde calor para o ambiente, e que esse processo provoca a sensação de frio. Além disso, a maioria conseguiu estabelecer corretamente a relação entre a transferência de calor da pele para a água e a sensação térmica resultante.

Contudo, algumas respostas ainda apresentaram uma explicação mais intuitiva do fenômeno, sem explicitar com precisão a relação entre a energia térmica necessária para a vaporização da água e a sensação de frio. Embora os alunos tenham identificado corretamente que ocorre uma perda de calor do corpo para o ambiente, nem todos utilizaram uma linguagem contextualmente aceita, ou seja, uma terminologia científica para descrever o fenômeno, como a menção ao calor latente de vaporização. Esse aspecto indica que, apesar de uma compreensão geral adequada, a formalização conceitual ainda pode ser aprimorada.

Do ponto de vista da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, as respostas demonstram que os alunos foram capazes de relacionar um fenômeno cotidiano com o conhecimento físico aprendido em sala de aula, ou seja, foram capazes de aplicar corretamente os conceitos em uma nova situação problema, o que nos dá indícios de uma aprendizagem não arbitrária e não literal, pois os conceitos foram conectados a experiências pessoais. Essa conexão evidencia que os alunos não apenas memorizaram definições, mas atribuíram significado ao conceito, associando-o a sua estrutura cognitiva.

Além disso, a capacidade de descrever o processo de perda de calor, ainda que de forma mais descritiva do que formal, sugere que os alunos possuem subsunçores desenvolvidos, isto é, estruturas cognitivas que permitem a assimilação progressiva de novos conhecimentos. Para

um aprimoramento dessa aprendizagem, estratégias como a reformulação conceitual guiada pelo professor e a utilização de exemplos adicionais contextualizados poderiam contribuir para uma formalização científica mais robusta dos conceitos abordados.

4.5.3 Avaliação da Questão 3:

As respostas de alguns alunos(as) à Questão 3 da Avaliação Final estão apresentadas nas Figuras 4.38 a 4.44.

Figura 4.38 - Resposta da aluna A à questão 3.

3- Ao abrimos o forno o ar frio entra e o quente sai, causando uma perda de calor e a diminuição da temperatura dentro do forno.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.39 - Resposta da aluna C à questão 3.

03. A porta do forno impede que o forno perca calor, quando se abrimos, ocorre a transferência de calor para o ambiente, causando um choque térmico e provocando que o dedo murche.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.40 - Resposta da aluna M à questão 3.

3- ~~A~~ Não devemos tirar o bolo na hora porque ele vai perder calor (e murchar), se abrimos a portinha o ar frio vai entrar e o quente vai sair, assim vai acontecer o choque térmico.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.41 - Resposta da aluna S à questão 3.

3. ~~De~~ Quando a tampa do forno é aberta o calor sai e entra ar frio no forno, assim causando uma variação na temperatura e um choque térmico. Fazendo que o dedo murche.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.42 - Resposta da aluna Y à questão 3.

3. A porta do forno impede que o forno perca calor, quando a abrimos, ocorre a transferência do calor para o ambiente, isso causa o choque térmico e o bolo acaba ficando mucho.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.43 - Resposta do aluno G à questão 3.

3) Devemos deixar a porta do forno fechada para evitar que o calor dentro do forno saia e entre o ar frio causando o choque térmico que faz o bolo murchar.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.44 - Resposta do aluno O à questão 3.

03. Ao abriremos a tampa do forno o ar quente irá escapar e entrar em contato com o ar ambiente, que está mais frio em relação ao mesmo, portanto haverá que ambos os ar irá entrar em equilíbrio térmico, causando assim um choque térmico neste bolo, fazendo ele murchar.

Fonte: Próprio autor.

A Questão 3 da Avaliação Final teve como objetivo verificar se os alunos compreenderam os conceitos de troca de calor, isolamento térmico e variação de temperatura em um sistema fechado. O comando da questão proposta foi: ***"Utilizando os conceitos de temperatura e calor, explique o que acontece quando abrimos a tampa do forno antes da hora correta"***.

Essa questão exigia que os alunos identificassem que, ao abrir a porta do forno, ocorre uma troca de calor entre o ambiente interno do forno e o meio externo, o que resulta em uma queda abrupta de temperatura dentro do forno. O ar quente presente no forno escapa para o ambiente, enquanto o ar mais frio do ambiente externo entra no forno, promovendo um choque térmico. Esse processo pode afetar, por exemplo, o crescimento adequado de um bolo, que depende de uma temperatura constante para manter sua estrutura.

As respostas indicam que a maioria dos alunos compreendeu o fenômeno da troca de calor e seus impactos na temperatura do sistema, reconhecendo que abrir a porta do forno

permite a saída do ar quente e a entrada do ar frio, o que influencia o equilíbrio térmico. Além disso, quase todos os alunos mencionaram corretamente que essa variação de temperatura pode levar a mudanças estruturais nos alimentos em cozimento, como o murchamento do bolo.

Um aspecto relevante é que nenhum aluno utilizou explicitamente a terminologia “isolamento térmico” ou “equilíbrio térmico”, embora suas explicações indiquem que compreenderam o fenômeno. Isso evidencia um nível de aprendizagem significativa em progresso, no qual os conceitos foram assimilados, e estão encaminhados para que os alunos possam desenvolver uma compreensão formal mais estruturada dos fenômenos ao tratá-los com uma abordagem matemática.

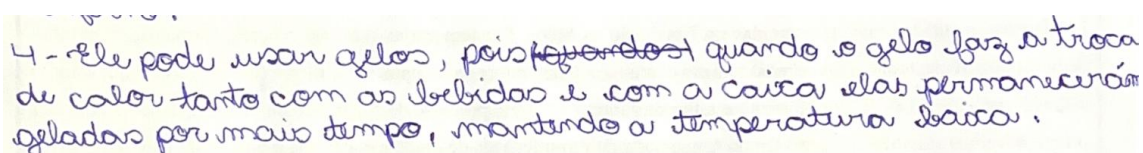
Sob a perspectiva da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, essa questão permitiu que os alunos conectassem um fenômeno físico do cotidiano** com os conceitos estudados em sala de aula, promovendo uma assimilação não arbitrária do conhecimento. A experiência prévia dos alunos ao lidar com fornos e o cozimento de alimentos funcionou como um subsunçor ancorador, possibilitando a construção do conhecimento de forma contextualizada.

Contudo, para que a aprendizagem seja plenamente significativa, é importante que os alunos consigam expressar as ideias utilizando a linguagem científica adequada. Nesse sentido, estratégias como a negociação de significados conduzida pelo professor e a diferenciação progressiva poderiam auxiliar no desenvolvimento da precisão conceitual esperada.

4.5.4 Avaliação da Questão 4:

As respostas de alguns alunos(as) à Questão 4 da Avaliação Final estão apresentadas nas Figuras 4.45 a 4.51.

Figura 4.45 - Resposta da aluna A à questão 4.



4 - Ele pode usar gelos, pois quando o gelo faz a troca de calor tanto com as bebidas e com a caixa elas permanecerão geladas por mais tempo, mantendo a temperatura baixa.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.46 - Resposta da aluna C à questão 4.

04. Erick pode colocar gelo dentro da caixa, pois assim o gelo irá ~~causar~~ causar o resfriamento da bebida e a caixa térmica manterá a temperatura um vez interior.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.47 - Resposta da aluna M à questão 4.

4- O Erick pode colocar gelo dentro da sua caixa térmica, assim o isopor vai manter a temperatura do gelo para que resfria o que estiver dentro da caixa.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.48 - Resposta da aluna S à questão 4.

4. Ele pode optar por colocar gelo na caixa, desse modo ^{o gelo} haveria uma troca de temperatura com as bebidas e deixariam elas geladas por mais tempo.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.49 - Resposta da aluna Y à questão 4.

4. Colocando o gelo na caixa de isopor melhoraria a eficiência do isopor mantendo as bebidas muito mais geladas.

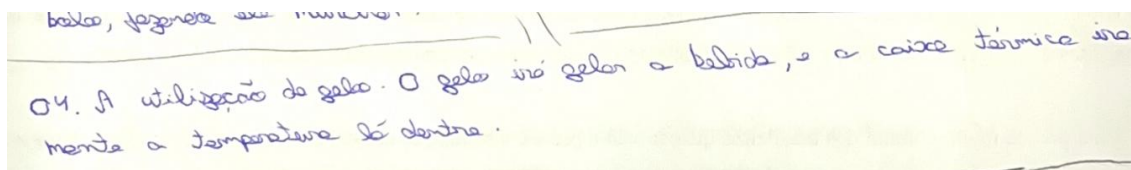
Fonte: Próprio autor.

Figura 4.50 - Resposta do aluno G à questão 4.

④ Ele pode usar o gelo pois quando o gelo transferir o calor para as bebidas e ~~para~~ para a caixa, a temperatura dela será mantida por ~~o~~ mais tempo.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.51 - Resposta do aluno O à questão 4.



Fonte: Próprio autor.

A Questão 4 da Avaliação Final teve como propósito verificar a compreensão dos alunos sobre isolamento térmico, transferência de calor e eficiência térmica. O comando da questão proposta foi: ***“O que é necessário para aumentar a eficiência térmica da caixa? Pense nos fatores que podem influenciar essa situação e ajude Erick a manter sua bebida gelada por mais tempo”***.

Esta questão exigia que os alunos relacionassem o conceito de troca de calor com estratégias de isolamento térmico, aplicando os conhecimentos sobre condução, convecção e radiação térmica para resolver um problema prático do cotidiano. Esperava-se que os alunos identificassem que o uso de materiais isolantes, a minimização da troca de calor com o ambiente e a presença de gelo ou outros elementos refrigerantes são fatores que aumentam a eficiência térmica da caixa e prolongam o resfriamento das bebidas.

As respostas dos alunos indicam que todos compreenderam a relação entre a presença do gelo e a manutenção da temperatura da bebida, demonstrando uma boa assimilação do conceito de troca de calor. A maioria dos alunos sugeriu corretamente que adicionar gelo dentro da caixa térmica seria uma estratégia eficaz para retardar o aquecimento das bebidas. Alguns alunos foram além e mencionaram que o gelo absorve o calor do ambiente, contribuindo para manter as bebidas frias por mais tempo.

Por outro lado, nem todos os alunos explicitaram a função do isolamento térmico da caixa em reduzir a troca de calor com o ambiente. Apenas alguns reconheceram que o isolamento da caixa térmica evita a entrada de calor externo e minimiza a troca de calor por condução, convecção e radiação, permitindo que a temperatura interna seja mantida por mais tempo. Esse ponto sugere que, embora os alunos compreendam o efeito prático da presença do gelo, o conceito de isolamento térmico como fator fundamental na manutenção da temperatura poderia ser mais bem explorado.

Além disso, a ausência de termos contextualmente aceitos pela Física em algumas respostas indica que os alunos assimilaram os conceitos de forma intuitiva, mas não os expressaram formalmente. O termo "eficiência térmica", por exemplo, foi pouco utilizado,

embora estivesse presente na questão. Isso sugere que, apesar de terem captado a ideia geral, os alunos podem precisar de maior familiaridade com o vocabulário científico adequado.

De acordo com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, os alunos demonstraram a capacidade de correlacionar conceitos teóricos com situações do cotidiano, o que indica um nível de aprendizagem que vai além da simples memorização. No entanto, para que essa aprendizagem seja plenamente significativa, os conceitos científicos precisam ser mais bem estruturados e integrados à linguagem formal da disciplina. A negociação de significados entre professor e aluno poderia ser um instrumento valioso para ajudar os estudantes a expressarem suas ideias de maneira mais rigorosa.

4.5.5 Avaliação da Questão 5:

As respostas de alguns alunos(as) à Questão 5 da Avaliação Final estão apresentadas nas Figuras 4.52 a 4.58.

Figura 4.52 - Resposta da aluna A à questão 5.

$$5 - \frac{T_c}{5} = \frac{T_f - 32}{9} \rightarrow \frac{T_c}{5} = \frac{100 - 32}{9} \rightarrow \frac{T_c}{5} = \frac{68}{9} \rightarrow 9T_c = 340 \rightarrow T_c = \frac{340}{9} \rightarrow T_c = 37,7$$

37,7°C, ele não estava com (febre) febre, pois a febre é apenas acima de 38°C.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.53 - Resposta da aluna C à questão 5.

05.

$$\frac{T_c}{5} = \frac{T_f - 32}{9} \rightarrow \frac{T_c}{5} = \frac{100 - 32}{9} \rightarrow 9T_c = 500 - 160$$

$$9T_c = 340$$

$$9T_c = 340$$

$$T_c = \frac{340}{9}$$

Carlos encontrou a temperatura de 37,7°C. Não, seu filho não estava com febre.

$$\begin{array}{r} 214 \\ 340 \overline{) 340} \\ \underline{-221} \\ 70 \end{array} \quad \begin{array}{l} 9 \\ 37,7 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 410 \\ -500 \\ \hline 340 \end{array}$$

$T_c = 37,7^\circ$

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.54 - Resposta da aluna M à questão 5.

$$5 - \frac{T_c}{5} = \frac{T_f - 32}{9}$$

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

$$\frac{T_c}{5} = \frac{68}{9}$$

$$T_c \cdot 9 = 340$$

$$T_c = \frac{340}{9}$$

$$T_c = 37,7^\circ\text{C}$$

O seu filho não estava com febre, por conta que o estado febril é a partir de 38°C .

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.55 - Resposta da aluna S à questão 5.

$$5. \frac{T_c}{5} = \frac{100 - 32}{9} \rightarrow \frac{T_c}{5} = \frac{68}{9}$$

$$9T_c = 340$$

$$T_c = \frac{340}{9}$$

$$T_c = 37,7$$

Seu filho estava com $37,7^\circ\text{C}$, ele não estava com febre, pois é considerado febre acima de 38°C .

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.56 - Resposta da aluna Y à questão 5.

$$5. \frac{T_c}{5} = \frac{T_f - 32}{9}$$

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

$$\frac{T_c}{5} = \frac{68}{9}$$

$$T_c \cdot 9 = 340$$

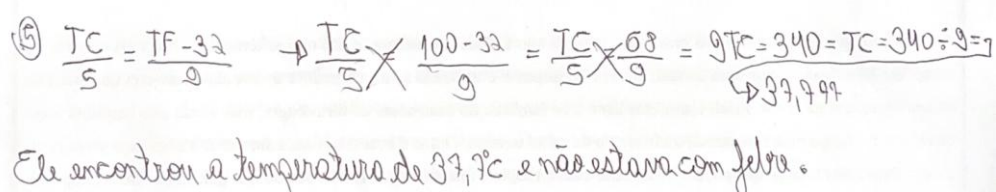
$$T_c = \frac{340}{9}$$

$$T_c = 37,7^\circ\text{C}$$

O seu filho não estava com febre, porque o estado febril é mais que 38°C .

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.57 - Resposta do aluno G à questão 5.

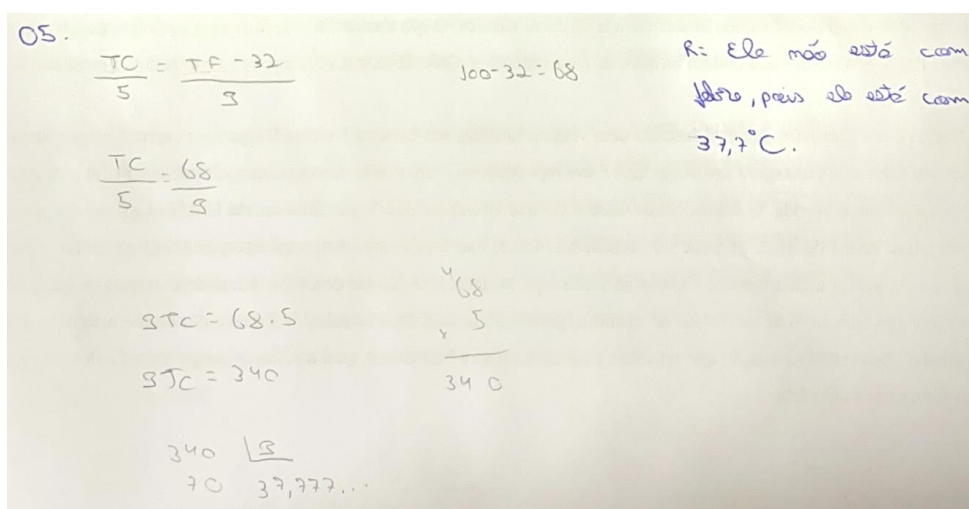


$$\textcircled{5} \quad T_C = \frac{T_F - 32}{9} \times 5 \rightarrow \frac{T_C}{5} \times \frac{100 - 32}{9} = \frac{T_C}{5} \times \frac{68}{9} = 9T_C = 340 = T_C = 340 \div 9 = 37,777$$

Ele encontrou a temperatura de 37,7°C e não estava com febre.

Fonte: Próprio autor.

Figura 4.58 - Resposta do aluno O à questão 5.



05.

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9}$$

$$100 - 32 = 68$$

$$\frac{T_C}{5} = \frac{68}{9}$$

$$9T_C = 68 \cdot 5$$

$$9T_C = 340$$

$$\frac{340}{9} = 37,777...$$

R: Ele não está com febre, pois ele está com 37,7°C.

Fonte: Próprio autor.

A Questão 5 da Avaliação Final teve como objetivo verificar a compreensão dos alunos sobre escalas termométricas e a conversão entre unidades de temperatura. O comando da questão proposta foi: **"Aplicando a equação que relaciona a escala Celsius e Fahrenheit, qual o valor de temperatura que Carlos encontrou?"**. Essa questão exigia que os alunos aplicassem a equação de conversão entre as escalas Celsius e Fahrenheit, consolidando a capacidade de manipular relações matemáticas no contexto da Termologia.

Além disso, a questão incluía um segundo aspecto: **"Carlos encontrou a temperatura de 37,7°C. Seu filho estava com febre?"**. Essa parte da questão testava se os alunos compreendiam o critério clínico de febre e relacionavam a conversão matemática com a interpretação prática da temperatura corporal. Esperava-se que os alunos identificassem que a temperatura de 37,7°C não caracteriza febre, uma vez que o estado febril é geralmente considerado acima de 38°C, conforme descrito no corpo da questão apresentada aos estudantes.

Todos os alunos aplicaram corretamente a equação de conversão entre as escalas Celsius e Fahrenheit, utilizando a relação matemática correspondente e foram capazes de determinar

que, na situação hipotética, Carlos não estava com febre. O desempenho foi positivo, indicando que os alunos dominam o procedimento algébrico da conversão de temperaturas. Isso sugere que a abordagem adotada ao longo da sequência didática foi eficaz na internalização da equação de conversão entre escalas termométricas.

Além da parte algébrica, todos os alunos interpretaram corretamente o valor obtido, afirmando que $37,7^{\circ}\text{C}$ não configura febre. A explicação fornecida na maioria das respostas foi direta e objetiva, demonstrando conhecimento prático sobre a faixa de temperatura corporal considerada normal.

A análise das respostas revela que os alunos assimilaram com sucesso os conceitos matemáticos envolvidos na conversão de temperatura, conseguindo aplicá-los corretamente. Além disso, a correlação entre cálculo matemático e contexto prático da saúde humana indica um nível elevado de compreensão conceitual, indo além da simples memorização da fórmula.

Com base na Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, observa-se que os alunos estabeleceram conexões entre os novos conceitos e seus conhecimentos prévios, especialmente na parte interpretativa da questão. Esse tipo de raciocínio demonstra uma aprendizagem potencialmente significativa, na qual o conhecimento adquirido pode ser transferido para situações cotidianas e práticas médicas básicas.

Com certeza, ainda há espaço para um aprofundamento maior sobre o conceito de temperatura corporal e suas variações naturais. Estratégias como discussões sobre o funcionamento do corpo humano, variações térmicas e medidas de temperatura em diferentes contextos poderiam ser utilizadas para fortalecer esse aprendizado.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo traz de forma reunida as reflexões sobre o que se pôde observar mediante o desenvolvimento e aplicação da sequência didática apresentada no capítulo anterior. A partir da experiência prática com os alunos e da análise dos dados obtidos, são discutidos o alcance dos objetivos propostos, as potencialidades e os limites deste produto educacional, além de sugestões para aprimoramento e expansão da proposta.

Também são apresentadas as perspectivas futuras que podem contribuir para novas investigações no campo do ensino de Física, bem como reflexões sobre a relevância desta abordagem para a promoção de uma aprendizagem significativa, contextualizada e interdisciplinar. Assim, esse capítulo encerra a dissertação destacando as contribuições do trabalho para a prática docente e para a construção de um ensino mais próximo da realidade dos estudantes.

5.1 ALCANCE DOS OBJETIVOS

A presente sequência didática foi desenvolvida com o objetivo de proporcionar aos alunos uma compreensão significativa dos conceitos da Termologia, articulando teoria e prática por meio da experimentação e da contextualização do conhecimento físico no cotidiano. Para avaliar o alcance dos objetivos estabelecidos, foi realizada uma análise detalhada das atividades desenvolvidas ao longo da sequência, bem como das respostas dos alunos na avaliação final.

Os objetivos gerais deste estudo incluíam o favorecimento à aprendizagem significativa dos conceitos de Temperatura, Calor e Propagação Térmica, promovendo a integração desses conteúdos com a prática experimental. Também, o estímulo ao pensamento crítico e a autonomia dos alunos, incentivando a reflexão e a aplicação do conhecimento em situações reais e o fortalecimento da relação entre os conteúdos de Física e a vivência cotidiana dos estudantes, utilizando a cozinha como ambiente de ensino para o empoderamento do ser humano plenamente desenvolvido como preconiza as teorias de ensino construtivistas.

Além disso, foram estabelecidos objetivos específicos relacionados ao desenvolvimento cognitivo dos alunos, tais como a distinção entre temperatura e calor; a aplicação correta de instrumentos de medição de temperatura, compreendendo a importância da precisão na aferição de valores térmicos; a explicação dos diferentes processos de propagação do calor; o relacionar dos conceitos de Termologia ao processo de fabricação do iogurte, compreendendo a influência

da temperatura na fermentação bacteriana, bem como a demonstração da capacidade de argumentação científica ao responder questões conceituais e descrever o processo experimental.

A análise dos resultados obtidos ao longo das quatro aulas e da avaliação final indica que a grande maioria dos objetivos foi plenamente alcançada. Durante a realização das atividades experimentais, os alunos demonstraram envolvimento e interesse participando ativamente das discussões e das práticas laboratoriais adaptadas – pressuposto teórico de suma importância. As interações registradas em áudio confirmaram que os conceitos estudados foram mobilizados e utilizados na construção de significados ao longo da sequência.

Na avaliação escrita, os alunos aplicaram corretamente os conceitos físicos e matemáticos abordados, demonstrando habilidade na conversão de escalas termométricas, na interpretação do conceito de equilíbrio térmico e na distinção entre calor e temperatura. Além disso, a análise das respostas indicou que os estudantes foram capazes de extrapolar os conceitos discutidos e aplicá-los a novas situações, o que sugere indícios de uma aprendizagem significativa de acordo com o referencial teórico de Ausubel.

Todavia, algumas limitações foram identificadas, como dificuldades pontuais na justificativa conceitual de certas respostas, o que sugere a necessidade de um reforço na argumentação científica. Apesar disso, os resultados obtidos indicam que a sequência didática foi eficaz na promoção do aprendizado dos alunos e na construção de conhecimento de forma contextualizada e aplicada.

A partir dessa análise, conclui-se que a sequência didática atingiu seus objetivos pedagógicos, possibilitando aos alunos não apenas a apropriação de conceitos teóricos, mas também a construção de conexões entre o conhecimento científico e sua aplicabilidade prática.

5.2 POSSIBILIDADES DE MELHORIA

A implementação da sequência didática demonstrou ser uma abordagem eficaz para o ensino dos conceitos da Termologia, principalmente os de Temperatura e Calor, promovendo um aprendizado significativo por meio da experimentação e da contextualização da Termologia. No entanto, alguns aspectos podem ser aprimorados para potencializar ainda mais os resultados obtidos e minimizar eventuais dificuldades encontradas pelos alunos ao longo da aplicação do produto educacional.

Um dos principais pontos a ser aprimorado refere-se ao aprofundamento conceitual e à argumentação científica dos alunos. Durante a análise das respostas da avaliação final, observou-se que, embora os estudantes tenham demonstrado compreensão dos conceitos

abordados, alguns apresentaram dificuldades em justificar suas respostas de maneira mais estruturada e fundamentada.

Para mitigar essa questão, pode-se sugerir a ampliação do tempo dedicado à negociação de significados, permitindo que os alunos explicitem melhor suas compreensões e reformulem suas respostas com base nas mediações do professor; a utilização de registros escritos e esboços explicativos ao longo das aulas experimentais, incentivando os alunos a expressarem suas ideias e raciocínios antes da avaliação final e a inserção de debates e discussões guiadas após a experimentação, permitindo que os alunos articulem coletivamente suas percepções e confrontem diferentes interpretações conceituais.

Pedagogicamente, outro ponto que pode ser aprimorado refere-se à variação dos instrumentos de avaliação. A inclusão de avaliações formativas mais frequentes, tais como pequenos relatórios, questionários reflexivos e autoavaliações, poderia fornecer um feedback contínuo sobre o progresso dos alunos, permitindo intervenções pedagógicas mais precisas antes da avaliação final.

Por outro lado, a infraestrutura disponível na instituição de ensino foi um fator limitante em alguns momentos da sequência didática. A ausência de um laboratório de Ciências totalmente equipado demandou adaptações na execução dos experimentos, o que pode ter restringido a amplitude da experiência dos alunos.

Para solucionar esse desafio, algumas estratégias podem ser adotadas como a exploração de recursos digitais e simulações computacionais, como animações interativas e laboratórios virtuais, para complementar a abordagem prática quando os recursos físicos forem limitados; parcerias com outras disciplinas, especialmente com a área de Biologia e Química, para a utilização de espaços laboratoriais e integração interdisciplinar do conhecimento e o uso de materiais alternativos de baixo custo, que possam ser facilmente encontrados no ambiente escolar ou adquiridos sem grandes investimentos financeiros.

Um outro aspecto relevante para a ampliação do impacto do produto educacional é sua adaptação para diferentes níveis de ensino. Embora a sequência didática tenha sido aplicada no Ensino Médio, sua estrutura pode ser ajustada para atender turmas do Ensino Fundamental II, com atividades mais exploratórias e direcionadas para um público que ainda está desenvolvendo a base conceitual necessária para compreender os fenômenos físicos abordados.

5.3 PERSPECTIVAS FUTURAS

A aplicação da sequência didática demonstrou potencial para promover subterfúgios a uma aprendizagem significativa, articulando conceitos fundamentais da Termologia com práticas experimentais contextualizadas no cotidiano dos alunos. No entanto, há possibilidades de expansão e adaptação desse produto educacional, permitindo que ele seja explorado em diferentes contextos, aprimorado com novas metodologias e ampliado para investigações futuras.

Como mencionado anteriormente, uma das perspectivas mais promissoras para o desenvolvimento futuro deste trabalho é sua adaptação para outros níveis de ensino e contextos escolares. A estrutura da sequência didática pode ser reformulada para atender a diferentes perfis de estudantes, considerando suas necessidades cognitivas e seu nível de familiaridade com os conceitos de Termologia. Dessa forma, possíveis adaptações abrangem o Ensino Fundamental II, o Ensino Técnico e a Educação de Jovens e Adultos (EJA); quiçá seja possível uma extensão para o ensino híbrido / remoto.

Para o Ensino Fundamental II, sugere-se uma redução da complexidade dos conceitos abordados, focando em uma abordagem mais intuitiva e exploratória, utilizando experimentos mais lúdicos e acessíveis. Ao Ensino Técnico, uma ampliação da aplicação do produto educacional em cursos técnicos que envolvem processos industriais e controle térmico, aprofundando a discussão sobre aplicações práticas da Termodinâmica. Por fim, à Educação de Jovens e Adultos (EJA) se faz necessário um ajuste da linguagem e das estratégias didáticas para tornar a experiência mais acessível a um público com diferentes níveis de escolaridade e experiência prática. Além disso, o produto educacional pode ser adaptado para o ensino remoto e híbrido, utilizando recursos digitais, vídeos interativos e simulações computacionais para possibilitar que os alunos realizem os experimentos em casa ou os acompanhem de forma virtual.

Outra perspectiva futura relevante é a ampliação das atividades experimentais, incorporando novos desafios e investigações que reforcem os conceitos estudados. Algumas possibilidades incluem o estudo da condutividade térmica de diferentes materiais, explorando como a escolha de utensílios de cozinha pode influenciar no preparo de receitas; a investigação da evaporação e mudança de fase, correlacionando com a refrigeração de alimentos e o efeito do suor no corpo humano e simulações computacionais de transferência de calor, permitindo a visualização de fenômenos microscópicos e a análise de gráficos de variação térmica.

Além da ampliação dos experimentos, a sequência didática pode ser complementada com estratégias interdisciplinares, envolvendo conteúdos de Química, Biologia e Matemática. Por exemplo, a análise microbiológica do iogurte pode ser explorada na disciplina de Biologia,

enquanto as equações de conversão de escalas termométricas podem ser aprofundadas em Matemática.

Dessa forma, a aplicação deste produto educacional abre espaço para novas investigações acadêmicas, especialmente no campo da aprendizagem significativa e da avaliação da eficácia de metodologias ativas no ensino de Física. Algumas sugestões para pesquisas futuras incluem uso de inteligência artificial e análise de dados educacionais, tendo em vista a implementação de sistemas de análise de aprendizado para mapear padrões de compreensão dos alunos e sugerir adaptações personalizadas no ensino a partir dos grandes modelos de aprendizado de máquina.

5.4 CONCLUSÃO

Diante das reflexões apresentadas ao longo desta pesquisa, é possível afirmar que a sequência didática proposta cumpriu seu propósito pedagógico, promovendo uma aprendizagem mais envolvente e conectada ao cotidiano dos alunos. O produto educacional demonstrou grande potencial para ser replicado, adaptado e expandido para diferentes públicos e realidades escolares, contribuindo para o fortalecimento do Ensino de Física por meio de práticas contextualizadas e significativas.

Assim, este estudo reafirma a importância da experimentação e da contextualização na construção do conhecimento científico, destacando que um ensino de Física significativo e engajador pode transformar a forma como os alunos percebem e interagem com os fenômenos naturais, despertando sua curiosidade, autonomia e interesse pela Ciência.

REFERÊNCIAS

- ASTM E230-18. Standard Specification and Temperature-Electromotive Force (EMF) Tables for Thermocouples. ASTM International, 2018.
- AUSUBEL, D. P. The psychology of meaningful verbal learning. New York: Grune & Stratton, 1963.
- _____, D. P. Educational Psychology: A Cognitive View. USA: Holt, Rinehart and Winston, Inc., 1968.
- _____, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. Educational Psychology: A Cognitive View. 2. ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1978.
- _____, D. P. The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular - BNCC. Brasília: MEC, 2017.
- CARVALHO, J. M. Contextualização no Ensino de Física: Desafios e Perspectivas. Editora Acadêmica, 2016.
- COSTA, F. A.; OLIVEIRA, A. S. Contribuições da abordagem experimental para o ensino de termologia. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 18, n. 1, p. 123-148, 2018.
- FERMI, E. Thermodynamics. 1. ed. New York: Dover Publications, 1956.
- FERREIRA, A. B.; SILVA, C. D. Utilização da cozinha como espaço de ensino de física: uma abordagem experimental. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 19, n. 2, p. 513-536, 2019.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentals of Physics. 10. ed. Hoboken: Wiley, 2014.
- INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 7. ed. Hoboken: Wiley, 2011.
- LIMA, R. S. et al. Experimentação no Ensino de Física: Uma análise do impacto na aprendizagem. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 42, n. 4, e4317, 2020.
- MACHADO, L. R. Abordagem experimental no ensino de termologia: Um estudo de caso. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 38, n. 4, e4404, 2016.
- MARTINS, A. L. Estratégias Práticas para o Ensino de Termologia. Editora Científica, 2019.
- MASLOW, A. H. Motivation and Personality. Harper & Row, 1954.

- MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares*. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.
- _____, M. A. *Aprendizagem significativa: um conceito subjacente*. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 6, n. 2, p. 141–158, 1989.
- _____, M. A. *Desafios no ensino da física*. 2006. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/349855346_Desafios_no_ensino_da_fisica.
- _____, M. A. *Teorias de Aprendizagem*. Editora Pedagógica e Universitária, 2013.
- _____, M. A. *Unidades de enseñanza potencialmente significativas - UEPS (Potentially Meaningful Teaching Units – PMTU)*. 2011.
- NOVAK, J. D. *A theory of education: Meaningful learning underlies the constructive integration of thinking, feeling, and acting leading to empowerment for commitment and responsibility*. *Meaningful Learning Review*, v. 1, n. 2, p. 1-14, 2011.
- _____, J. D. *Learning how to learn*. Cambridge University Press, 1977.
- _____, J. D. *Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations*. Lawrence Erlbaum Associates, 2002.
- NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física Básica. Volume 2: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor*. 6. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2018.
- OLIVEIRA, A. C. et al. *Dificuldades conceituais no ensino de terminologia: Um estudo com alunos do ensino médio*. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 18, n. 1, p. 227-251, 2018.
- PEREIRA, F. S. *Dificuldades no processo de ensino-aprendizagem de Física: uma revisão integrativa*. *Revista Conexão Ciência*, v. 14, n. 1, 2019.
- REIF, F. *Fundamentals of statistical and thermal physics*. New York: McGraw-Hill, 1965. 651 p. ISBN 0-07-051800-9.
- SANTOS, A. A. *Ensino de Física: Desafios e Perspectivas*. Editora Universitária, 2017.
- SERWAY, R. A.; JEWETT, J. S. *Physics for Scientists and Engineers*. 9. ed. Boston: Cengage Learning, 2017.
- SILVA, A. B. *A Educação em Física: Integrando Teoria e Experiência*. Editora Acadêmica, 2018.
- SILVA, C. C. et al. *A eficácia de unidades de ensino potencialmente significativas na compreensão de conceitos de ciências*. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 15, n. 3, p. 619-634, 2015.

SILVA, M. A.; MARTINS, R. V. Análise das dificuldades de aprendizagem em Física ao longo dos anos do Ensino Médio. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 20, n. 2, p. 433-458, 2020.

STEINHART, J. S.; HART, S. R. Calibration curves for thermistors. *Deep-Sea Research and Oceanographic Abstracts*, v. 15, n. 4, p. 497-503, 1968.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. *Física para cientistas e engenheiros*. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

YOUNG, Hugh D. et al. *Física 2: Termologia, Óptica e Ondas*. 13. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

APÊNDICE A – PRODUTO EDUCACIONAL



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO
INSTITUTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 02

Eduardo Divino Miranda Pereira

PRODUTO EDUCACIONAL

TEMPERATURA E CALOR NA PONTA DA COLHER: EXPLORANDO A
TERMOLOGIA NA COZINHA ESCOLAR.

Catalão, GO
2025

Eduardo Divino Miranda Pereira

TEMPERATURA E CALOR NA PONTA DA COLHER: EXPLORANDO A
TERMOLOGIA NA COZINHA ESCOLAR.

Este Produto Educacional é parte integrante da Dissertação: ENSINANDO CONCEITOS DE TERMOLOGIA: UMA UNIDADE DE ENSINO POTENCIALMENTE SIGNIFICATIVA A SER DESENVOLVIDA NA COZINHA, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Polo 02 – UFCAT / IF, Catalão, GO, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Prof. Dr. Marcionílio Teles de Oliveira Silva.

Catalão, GO
2025

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar meus mais profundos agradecimentos a todos que contribuíram para o sucesso no desenvolvimento deste Produto Educacional. Nesta jornada desafiadora e gratificante, tive o apoio e o incentivo de pessoas e instituições essenciais aos quais sou imensamente grato.

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me conceder sabedoria, força e orientação durante todo o percurso desta pesquisa. Sua presença foi fundamental para superar os obstáculos e encontrar inspiração nos momentos mais difíceis de lutas internas e externas.

Aos meus pais, que sempre foram meu porto seguro e minha maior fonte de apoio, dedico um agradecimento especial. Sua dedicação, amor incondicional e ensinamentos de vida foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

À minha esposa, Milka Correa de Mendonça, que esteve ao meu lado durante toda a jornada do Mestrado, sou imensamente grato. Seu amor, paciência, compreensão e incentivo foram essenciais para que eu pudesse enfrentar os desafios acadêmicos e conciliá-los com os compromissos pessoais. Sua presença constante e apoio inabalável foram fundamentais para minha motivação e sucesso.

Agradeço à Universidade Federal de Catalão, por oferecer o Programa de Mestrado em Ensino de Física. Sua excelência acadêmica, infraestrutura e corpo docente altamente qualificado proporcionaram um ambiente propício para o desenvolvimento desta pesquisa. Sou grato pela oportunidade de estudar em uma instituição de ensino comprometida com a qualidade e a formação de profissionais competentes.

Expresso minha gratidão à Sociedade Brasileira de Física (SBF) pela iniciativa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). O investimento e a valorização do Ensino da Física no país são de extrema importância para o avanço da educação científica. Sou grato por fazer parte deste programa e por contar com o respaldo de uma instituição renomada como a SBF.

Meu profundo agradecimento ao meu orientador, Prof. Marcionílio. Sua orientação, conhecimento, experiência e dedicação foram cruciais para a condução deste trabalho. Sua orientação acadêmica e encorajamento constante foram essenciais para minha formação como pesquisador e para a qualidade deste produto. Agradeço por compartilhar seu tempo, sabedoria e por me guiar em cada etapa do processo.

Agradeço, também, ao Colégio Estadual Jardim Europa pela acolhida mesmo em meio às adversidades e pela oportunidade de realizar esta pesquisa no ambiente escolar, pois foi nessa

instituição que pude vivenciar a prática do Ensino de Física e colher valiosas experiências que contribuíram para o desenvolvimento desta Dissertação de Mestrado e a todos que direta ou indiretamente contribuíram para o sucesso da Dissertação de Mestrado, especialmente o desenvolvimento do Produto Educacional.

Por fim, agradeço à **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - pelo financiamento concedido para a realização desta pesquisa – Código de Financiamento 001**. O apoio financeiro foi essencial para a execução do projeto, permitindo a obtenção de recursos e materiais necessários para a realização dos experimentos e análises. Sou grato pela confiança e investimento no meu desenvolvimento acadêmico.

"Não ensino física. Ensino a pensar."

Richard Feynman

Sumário

1. Apresentação	120
2. Fundamentação Teórica	123
2.1 Da teoria do ensino-aprendizagem	123
2.2 Da Física	124
2.2.1 Temperatura	124
2.2.2 Calor e sua propagação	127
3. Organização para aplicação da UEPS	133
4. Planos de aula	135
5. Considerações Finais	161
6. Referências	163
7. Apêndices	164
Apêndice A – Lista de exercícios	164
Apêndice B – Receita Iogurte Caseiro	170
Apêndice C – Avaliação final da sequência didática	172

1. Apresentação

Caro professor(a),

É com grande entusiasmo que apresentamos a você este Produto Educacional (PE). Ele foi desenvolvido no Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal de Catalão (UFCAT) e é destinado aos professores de Física do Ensino Médio que, movidos pelo mesmo espírito pelo qual escolheram cursar Física, buscam se aprimorar, inovar e trazer novas experiências e vivências aos estudantes, despertando a curiosidade e o interesse dos alunos pela Ciência, em especial, pela Física.

Para o desenvolvimento deste Produto Educacional, foram utilizados como referenciais da aprendizagem a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e como referencial metodológico as Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) teorizadas por Marco Antônio Moreira.

A Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel destaca a importância de relacionar o novo conhecimento aos conhecimentos prévios do aluno, ou seja, às suas ideias relevantes já existentes na estrutura cognitiva. Segundo Ausubel, a aprendizagem ocorre quando o aluno consegue estabelecer vínculos entre o que está sendo aprendido e seu conhecimento prévio, de forma a criar uma rede de significados. Esse tipo de aprendizagem é mais significativa, duradoura e transferível para novas situações. Para facilitar essa aprendizagem, o professor desempenha um papel fundamental ao identificar as ideias relevantes do aluno, organizar o conteúdo de forma clara e relevante, fornecer exemplos concretos, promover a interação entre os conceitos e estimular a reflexão. Dessa maneira, a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel oferece uma abordagem pedagógica que valoriza a construção ativa do conhecimento pelo aluno, tornando a aprendizagem mais engajadora, coerente e profunda.

A teoria das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), desenvolvida por Marco Antônio Moreira, propõe uma abordagem pedagógica que busca promover a aprendizagem significativa dos estudantes. As UEPS são estruturas pedagógicas organizadas em torno de problemas, questões ou situações que despertam o interesse e a curiosidade dos alunos. Elas visam criar um ambiente de aprendizagem que favoreça a construção do conhecimento, estabelecendo conexões entre os conceitos e

fenômenos estudados. Por meio dessa abordagem, os estudantes são incentivados a investigar, refletir, dialogar e pesquisar, desenvolvendo não apenas o conhecimento conceitual, mas também habilidades cognitivas, sociais e emocionais. A proposta das UEPS valoriza a autenticidade dos problemas apresentados, relacionando-os com a realidade dos alunos, e busca integrar diferentes áreas do conhecimento, promovendo uma visão interdisciplinar. Assim, a teoria das UEPS busca tornar a aprendizagem mais relevante, motivadora e coerente, proporcionando aos estudantes uma experiência educacional mais significativa.

Mediante a prática pedagógica, percebemos que a Física muitas vezes parece abstrata e distante da realidade dos alunos. No entanto, acredito firmemente que todos têm alguma memória afetiva ligada à cozinha. A Gastronomia desperta emoções, traz à tona lembranças e proporciona uma experiência sensorial única. Com base nessa ideia, desenvolvemos um Produto Educacional que une a fascinação pela Física e pela Gastronomia, tornando o aprendizado dos conceitos termológicos mais acessível e significativo para os alunos.

Ao utilizar a cozinha como cenário para o ensino da Termologia, estamos aproveitando um ambiente conhecido e familiar para os estudantes. Afinal, a cozinha é um local onde muitos deles têm experiências cotidianas, seja preparando uma refeição em casa ou explorando novos sabores. Essa familiaridade proporciona uma base sólida para a aprendizagem, permitindo que os alunos se conectem com os conceitos científicos de forma prática e envolvente.

Além disso, a utilização da cozinha como espaço educacional oferece a oportunidade de desenvolver outras habilidades além do conhecimento científico. Os alunos terão a chance de aprimorar suas habilidades motoras e de manipulação de utensílios e objetos de cozinha, enquanto adquirem noções de medidas, proporções e equilíbrio. Essas competências práticas são valiosas e podem ser aplicadas não apenas na cozinha, mas em diversas situações do cotidiano.

Não podemos ignorar os aspectos socioemocionais que essa abordagem proporciona. A cozinha é um ambiente que incentiva a concentração, a paciência, a amizade, a colaboração e o espírito de coletividade. Ao trabalhar em equipe para preparar uma receita ou solucionar desafios científicos, os alunos aprendem a se comunicar, a respeitar as ideias dos outros e a valorizar o trabalho em conjunto. Essas habilidades socioemocionais são fundamentais para o desenvolvimento pessoal e acadêmico dos estudantes, preparando-os para enfrentar os desafios futuros.

Nossa proposta é oferecer uma Sequência Didática especialmente desenvolvida para auxiliar na exploração dos conceitos de Temperatura e Calor na cozinha. Através de atividades práticas, experimentos, roteiros de aula detalhados e sugestões de receitas que envolvem fenômenos térmicos, buscamos despertar a curiosidade dos alunos, promover uma aprendizagem significativa e estimular a paixão pela Física.

Além disso, nosso Produto Educacional inclui recursos didáticos que auxiliam os professores no planejamento e na condução das aulas. Desde materiais de apoio, como lista de exercícios, sugestão de leitura, vídeos explicativos e até proposta de avaliação, fornecemos um conjunto abrangente de ferramentas para facilitar o processo de ensino-aprendizagem e proporcionar uma abordagem consistente e coerente dos conteúdos.

Acreditamos que o aprendizado vai muito além das paredes da sala de aula e que a conexão entre teoria e prática é essencial para uma educação significativa. Ao trazer a cozinha para o ambiente educacional, estamos proporcionando aos alunos uma experiência única, onde eles podem se conectar com os conceitos científicos de forma tangível e pessoal. Essa abordagem desperta sua curiosidade, incentivando-os a buscar conhecimento de forma autônoma e a se tornarem agentes ativos em seu próprio processo de aprendizagem.

Agradecemos seu interesse por este trabalho (o PE) que combina Física e Gastronomia. Juntos, podemos oferecer aos alunos uma experiência educacional enriquecedora e memorável, despertando neles o amor pelo conhecimento científico e as habilidades necessárias para um futuro promissor. Estamos aqui para fornecer mais informações, responder a suas perguntas e apoiá-lo nessa jornada de ensino inovadora. Vamos embarcar juntos nessa jornada de aprendizado e diversão, unindo a paixão pela Física e pela Gastronomia para explorar os conceitos termológicos de maneira prática, envolvente e relevante.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Da teoria do ensino-aprendizagem

A Teoria da Aprendizagem Significativa, desenvolvida por David Ausubel, é de grande relevância para o Ensino de Física e pode fornecer orientações valiosas aos professores que desejam ensinar os conceitos de Temperatura e Calor de maneira significativa aos alunos da Segunda Série do Ensino Médio. Segundo Moreira (2013), essa abordagem pedagógica baseia-se na premissa de que a aprendizagem ocorre quando novas informações são relacionadas de forma substantiva e não arbitrária ao conhecimento prévio dos alunos.

Um dos conceitos fundamentais da Teoria de Ausubel é o de estrutura cognitiva. Ainda, segundo Moreira (2013), a estrutura cognitiva representa o conjunto de conhecimentos, conceitos, proposições e ideias que os alunos já possuem em determinada área de conhecimento. No caso do ensino de Física, os alunos trazem consigo uma estrutura cognitiva que inclui conceitos como Temperatura, Calor, Energia e suas relações, o que é fácil de perceber uma vez que todo ser humano tem uma experiência cotidiana com o ambiente da cozinha.

Outro conceito-chave é o de subsunçores (MOREIRA, 2013). Os subsunçores são os elementos da estrutura cognitiva que servem como âncoras para a assimilação de novas informações. No contexto do ensino dos conceitos de Temperatura e Calor, os subsunçores podem ser conceitos como temperatura ambiente, termômetro, transferência de calor, mudanças de estado, escalas de temperatura ou mesmo aquela concepção comum a partir de experiências vivenciadas no cotidiano. Esses subsunçores são importantes porque fornecem pontos de referência para a compreensão e a incorporação dos novos conceitos a serem ensinados.

Um princípio importante da Teoria de Ausubel é o da aprendizagem significativa. A aprendizagem significativa ocorre quando os alunos estabelecem conexões substantivas entre os novos conceitos de Temperatura e Calor, aqueles cientificamente aceitos, e os subsunçores relevantes em sua estrutura cognitiva. Isso implica em buscar estratégias instrucionais que facilitem a interação dos novos conceitos com os subsunçores existentes, de modo a promover a compreensão genuína e a reorganização do conhecimento.

Para ensinar os conceitos de Temperatura e Calor de forma significativa, é recomendado seguir uma abordagem que favoreça a diferenciação progressiva. Nesse sentido, os conceitos mais gerais e inclusivos devem ser apresentados inicialmente, permitindo que os alunos estabeleçam uma compreensão global do tema. A partir dessa base, os conceitos mais específicos e detalhados podem ser gradualmente introduzidos, de modo a diferenciar e enriquecer o entendimento dos alunos.

Além disso, é fundamental promover a reconciliação integrativa, ou seja, identificar as relações entre os novos conceitos de Temperatura e Calor e outros conceitos previamente aprendidos. Isso pode ser feito através de atividades que evidenciem as conexões entre temperatura e outros fenômenos físicos, como dilatação térmica, transferência de calor por condução, convecção e radiação, e mudanças de estado da matéria.

A Teoria de Ausubel fornece uma base sólida para o ensino significativo dos conceitos de Temperatura e Calor aos alunos do Ensino Médio. Ao considerar a estrutura cognitiva dos alunos, identificar subsunçores relevantes, promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa, os professores podem proporcionar uma aprendizagem mais significativa e duradoura, possibilitando aos alunos uma compreensão profunda e aplicável desses conceitos fundamentais da Física.

A fim de promover coerência e coesão na aplicação da Teoria de David Ausubel, este trabalho foi construído tendo como base o referencial metodológico das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas, proposto por Marco Antônio Moreira.

2.2. Da Física

2.2.1. Temperatura

O conceito de Temperatura, assim como o de força, teve sua origem nas percepções sensoriais da humanidade ao longo do tempo. Desde os primórdios, os seres humanos foram capazes de discernir diferenças de temperatura por meio de sensações de quente e frio. Porém, a necessidade de quantificar e medir essas sensações levou ao desenvolvimento de uma ciência específica, denominada Termometria. (SEARS, 2008).

A Termometria, portanto, surgiu da necessidade de criar instrumentos capazes de quantificar e comparar as diferenças de temperatura percebidas pelos sentidos humanos. Os primeiros termômetros foram desenvolvidos utilizando-se substâncias que se expandiam ou contraíam de forma regular com a variação de temperatura. Um exemplo

notável é o Termoscópio, atribuído a Galileu Galilei no início do Século XVII, que consistia em um tubo vertical com uma bolha de ar e água colorida. A expansão e contração do ar dentro do tubo causavam movimentos na água, indicando mudanças de temperatura.

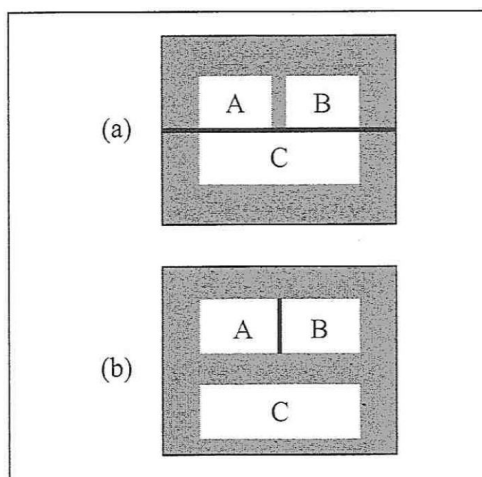
Posteriormente, o físico alemão Daniel Gabriel Fahrenheit desenvolveu um Termômetro de Mercúrio em 1714, introduzindo a escala Fahrenheit. Nesta escala, o ponto de congelamento da água foi definido como 32 graus e o ponto de ebulição como 212 graus, com base em pontos de referência facilmente reproduzíveis.

No entanto, foi o cientista sueco Anders Celsius que propôs uma escala mais intuitiva e uniforme, estabelecendo o ponto de congelamento da água como 0 graus e o ponto de ebulição como 100 graus, na escala que hoje leva seu nome.

Com o avanço da Ciência e da Tecnologia, surgiram diversas outras escalas de temperatura, como a escala Kelvin, baseada na temperatura absoluta, onde zero Kelvin representa o zero absoluto, a temperatura mais baixa possível. A termometria evoluiu ao longo dos séculos, tornando-se uma ciência fundamental não apenas para a Física, mas também para áreas como a Meteorologia, a Medicina e a Indústria entre tantas outras que usufruem dessa descrição da natureza.

A Lei Zero da Termodinâmica desempenha um papel crucial na medição precisa da temperatura e é fundamental para o funcionamento dos termômetros. Segundo Sears (2008), esta lei estabelece que se dois sistemas estão em equilíbrio térmico com um terceiro, então eles também estão em equilíbrio térmico entre si, veja a Figura 2.1. Essa premissa é essencial para definir uma escala de temperatura uniforme e permite a medição consistente da temperatura.

Figura 2.1 - Lei Zero da Termodinâmica.

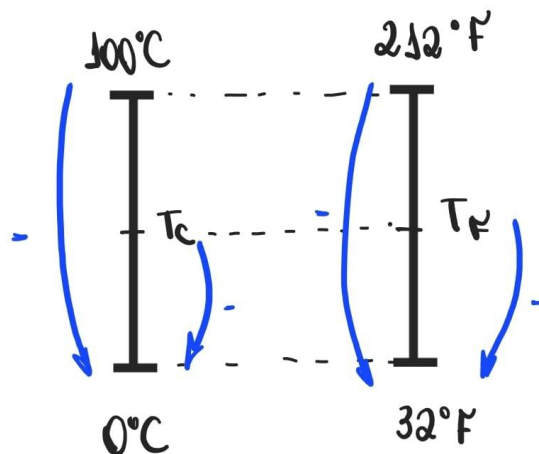


No contexto da medição da temperatura com um termômetro, a aplicação da Lei Zero é evidente e necessária. O processo inicia com o termômetro sendo colocado em contato direto com o corpo cuja temperatura deseja-se medir, garantindo que não existam barreiras isolantes de calor entre eles. A seguir, o termômetro e o corpo trocam energia térmica. Essa troca continua até que ambos os sistemas, o termômetro e o corpo, alcancem um estado de equilíbrio térmico, momento no qual não ocorre mais fluxo líquido de energia na forma de calor.

Uma vez que o equilíbrio térmico é alcançado, a Lei Zero da Termodinâmica assegura que o termômetro e o corpo estão na mesma temperatura. O termômetro, que é calibrado em uma escala específica (como Celsius, Fahrenheit ou Kelvin), agora reflete com precisão a temperatura do corpo, uma vez que ambos os sistemas estão termicamente equilibrados. O termômetro 'assume' a temperatura do corpo e oferece uma leitura precisa.

Para que uma escala termométrica seja definida precisamos estabelecer uma relação entre a leitura de temperatura que desejamos fazer e alguma propriedade observável do termômetro. Comumente associamos a altura que uma coluna de mercúrio possui no interior de um bulbo de vidro e com essa relação Celsius definiu arbitrariamente que os pontos de referência de sua escala fariam menção ao ponto de fusão e ebulição da água, os quais determinou como sendo $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, respectivamente. Como mencionado anteriormente, Fahrenheit também ajustou sua escala para representar medidas relativas aos pontos de fusão e ebulição da água de tal forma que $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ correspondesse a $32\text{ }^{\circ}\text{F}$ e $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $212\text{ }^{\circ}\text{F}$. A relação entre essas duas escalas está apresentada esquematicamente na Figura 2.2 e matematicamente pelas Equações 1-3.

Figura 2.2 - Relação entre as escalas Celsius e Fahrenheit.



$$\frac{T_C - T_f}{T_e - T_f} = \frac{T_F - T_f}{T_e - T_f} \quad (1)$$

$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_F - 32}{212 - 32} \quad (2)$$

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} \quad (3)$$

Lord Kelvin, ou *William Thomson*, propôs sua escala de temperatura em 1848, baseando-a no conceito de zero absoluto, a temperatura teórica na qual as partículas de um sistema cessam todo o movimento térmico. A ideia do zero absoluto, que é o ponto inicial da escala Kelvin, foi inspirada por experimentos anteriores realizados por outros cientistas, como *Jacques Charles* e *Joseph-Louis Gay-Lussac*, que observaram que os gases se contraem uniformemente com a queda de temperatura quando mantidos sob pressão constante. Eles extrapolaram essas observações para estimar que existiria uma temperatura na qual o volume de um gás ideal seria zero. *Lord Kelvin* pegou essas descobertas e propôs que essa temperatura, que mais tarde veio a ser conhecida como zero absoluto, seria o ponto natural de partida para uma escala de temperatura absoluta.

Assim, a escala de Kelvin foi definida de maneira a começar no zero absoluto e a usar a mesma unidade de incremento da escala Celsius, garantindo que cada grau na escala Kelvin corresponda a um mesmo aumento de temperatura em termos de energia interna dos sistemas medidos. Esta abordagem fornece uma base mais científica e prática para estudos em Física e Engenharia, especialmente em áreas que lidam com temperaturas extremamente baixas ou com a Termodinâmica Fundamental.

A partir da Equação 1, definimos a relação entre as escalas Celsius e Kelvin da seguinte forma:

$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_K - 273}{373 - 273} \quad (4)$$

$$T_C = T_K - 273 \equiv T_K = T_C + 273 \quad (5)$$

2.2.2. Calor e sua propagação

Quando nos propomos a compreender o que é o calor, devemos relembrar da nossa vida cotidiana, afinal, calor é a energia que se move de um lugar mais quente para um mais frio quando eles estão em contato, como quando você encosta em uma xícara de café

quente e sente o calor passar para sua mão. Esse movimento de energia continua até que tudo esteja na mesma temperatura.

Pense no que acontece quando você coloca uma panela de água no fogão para ferver. Primeiro, o fogo aquece o fundo da panela. Esse calor passa do fundo da panela para a água através da condução — é como uma fila de pessoas passando uma bola de uma para outra. À medida que a água na parte de baixo da panela esquenta, ela fica mais leve e sobe, enquanto a água mais fria e pesada desce para o fundo. Esse movimento de subida e descida é chamado de Convecção e ajuda a aquecer toda a água por igual até começar a ferver.

É comum confundir Calor e Temperatura, mas são conceitos distintos na Física. Temperatura é uma medida da energia cinética média das partículas de um material. Em outras palavras, a temperatura indica quão quente ou frio um objeto está, medindo o nível de agitação das partículas que compõem esse objeto. Por outro lado, calor é a energia transferida entre corpos de diferentes temperaturas. O calor sempre flui do corpo mais quente para o mais frio até que ambos atinjam o equilíbrio térmico. A transferência de calor pode ocorrer de várias maneiras, incluindo os fenômenos da Condução, da Convecção e da Radiação.

Imagine um dia quente de verão em que você entra em um carro que estava estacionado ao sol. Os assentos e o volante estão muito quentes ao toque. Neste caso, a alta temperatura do interior do carro indica que as moléculas dentro do carro estão muito agitadas. Quando você toca o volante, você sente o calor sendo transferido do volante para a sua mão, que está mais fria. A temperatura é uma medida do quão quente estão os assentos e o volante, enquanto o calor é a energia que você sente sendo transferida para a sua mão.

Quando falamos sobre Quantidade de Calor, estamos nos referindo à energia que é transferida de um corpo para outro. Essa transferência acontece porque há uma diferença de temperatura entre os dois corpos — o calor sempre flui do mais quente para o mais frio até que ambos atinjam a mesma temperatura.

Pense em quando você coloca gelo em um copo de refrigerante (Figura 2.3). O gelo está mais frio do que o líquido, então o calor do refrigerante (mais quente) começa a ser transferido para o gelo (mais frio). Essa transferência de calor faz com que o gelo comece a derreter. Aqui, a "quantidade de calor" é a energia que sai do refrigerante quente e entra no gelo para fazer com que sua temperatura suba até derreter. A quantidade de calor que é transferida pode ser medida em unidades como calorias ou joules.

Figura 2.3 - Copo de refrigerante com gelo.



Fonte: Imagem gerada por IA.

Ao medir a quantidade de calor, podemos usar duas unidades principais: a Caloria e o Joule. Uma Caloria é definida como a quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de 1 grama de água em 1 grau Celsius, a uma pressão atmosférica padrão. Esta é uma definição prática que se relaciona diretamente com a água, uma substância comum e essencial para muitos processos biológicos e industriais.

O Joule, por outro lado, é a unidade do Sistema Internacional (SI) para energia e trabalho. Um Joule é definido como a energia transferida quando uma força de um newton é aplicada por uma distância de um metro.

A relação entre essas duas unidades é fundamental na Física e pode ser usada para converter valores de uma unidade para outra. A conversão é dada pela equivalência energética:

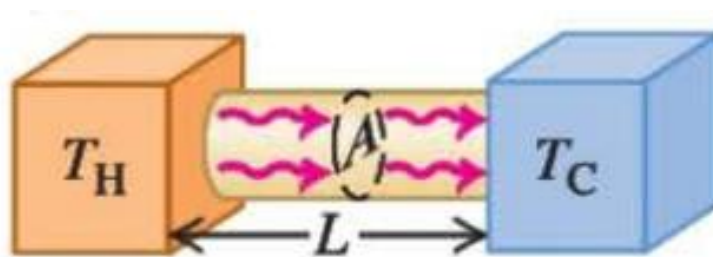
$$1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J} \quad (6)$$

Compreendendo a definição de calor, a diferença entre calor e temperatura e as unidades de medida para o calor, podemos compreender agora como o calor pode se propagar. Basicamente, o calor pode se propagar de três maneiras principais: Condução, Convecção e Radiação. Cada método tem características únicas e é responsável pela transferência de energia térmica em diferentes contextos e materiais.

A condução é o processo pelo qual o calor se propaga através de materiais sem o movimento perceptível da própria substância. Ela ocorre principalmente em sólidos, onde as partículas estão mais próximas umas das outras, facilitando a transferência de energia térmica de uma partícula para outra. O calor flui de áreas de maior temperatura para áreas

de menor temperatura, com a energia sendo passada por meio de vibrações moleculares e colisões de partículas. Esse processo do calor por condução está ilustrado na Figura 2.4.

Figura 2.4 - Propagação do calor por Condução.



Fonte: YOUNG; FREEDMAN (2015).

Um exemplo cotidiano de condução de calor é quando você segura uma xícara de café quente como na Figura 2.5. A xícara, inicialmente fria, se aquece rapidamente ao entrar em contato com o café quente, e o calor é transferido das paredes aquecidas da xícara para suas mãos. Esse processo continua até que a temperatura entre sua mão e a xícara se equalize, demonstrando claramente como o calor se move de um objeto mais quente para um mais frio, utilizando a condução através das moléculas.

Figura 2.5 - Xícara de café quente.



publicdomainvectors.org

Fonte: publicdomainvectors.org.

A descrição matemática da condução térmica do calor é geralmente formulada através da Lei de Fourier. Essa lei, segundo Halliday, Resnick e Walker (2014), estabelece que a taxa de transferência de calor por condução através de um material é proporcional ao tipo de material que conduz o calor (k), à área da seção transversal (A) pela qual o calor se propaga e à diferença de temperatura (ΔT) nas extremidades do condutor e

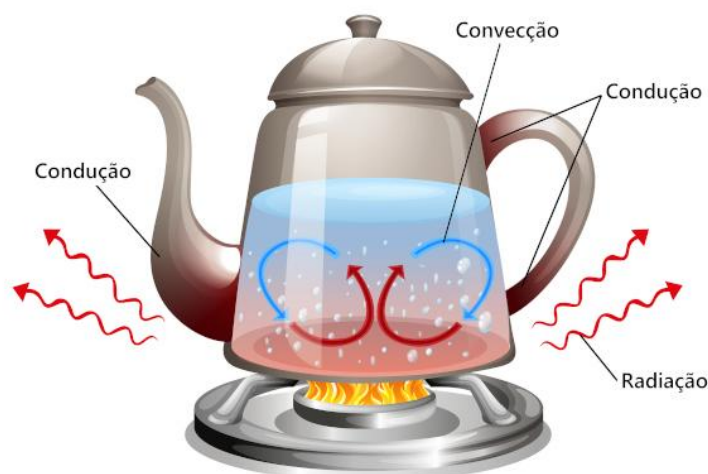
inversamente proporcional à distância entre a parte quente e fria (Δx). Essa relação é representada pela equação:

$$H = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = -ka \frac{\Delta T}{\Delta x} \quad (7)$$

A Convecção, por outro lado, é o processo de transferência de calor que ocorre principalmente em fluidos, como líquidos e gases. Diferente da condução, que ocorre devido ao contato direto entre partículas, a convecção envolve o movimento físico do próprio fluido. Esse movimento é geralmente causado por diferenças de temperatura dentro do fluido que resultam em variações de densidade. Quando uma parte do fluido é aquecida, ela se torna menos densa e sobe, enquanto as regiões mais frias e mais densas descem, criando um ciclo de movimento que efetivamente distribui o calor.

Um exemplo prático de convecção pode ser observado ao ferver água em uma panela (Figura 2.6). Quando a panela é colocada no fogão e o calor é aplicado, a água no fundo da panela aquece primeiro. Devido ao aumento de temperatura, a densidade da água aquecida diminui, fazendo com que ela suba para a superfície. Simultaneamente, a água mais fria e mais densa, que está na superfície, desce para o fundo da panela. Esse movimento contínuo cria um ciclo de convecção que facilita a distribuição uniforme do calor por toda a água, acelerando o processo de ebulição.

Figura 2.6 - Aquecimento da água em uma chaleira.



Fonte: Mundo Educação.

Por fim, a Radiação é um método de transferência de calor que não requer um meio material para ocorrer. Esse processo envolve a emissão e absorção de ondas eletromagnéticas. Diferentemente da condução e da convecção, que necessitam de contato direto ou movimento de fluidos, a radiação pode ocorrer no vácuo, permitindo

que o calor seja transmitido através do espaço. As ondas eletromagnéticas geradas por um objeto devido à sua temperatura podem viajar através do espaço e ser absorvidas por outro objeto à distância, transferindo energia térmica no processo. (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2014).

Um exemplo cotidiano de radiação pode ser observado na chama de um fogão. Apesar do contato direto entre a chama e o utensílio de cozinha também envolver condução e convecção, uma parte significativa do calor é transferida por radiação. A luz visível e o calor irradiado pela chama são formas de energia radiante que podem ser sentidas sem contato direto. Quando você coloca sua mão próxima, mas não diretamente sobre a chama, você ainda pode sentir o calor sendo irradiado, demonstrando como a radiação pode transferir energia através do espaço.

3. Organização para aplicação da UEPS

O desenvolvimento da sequência didática foi cuidadosamente estruturado para promover uma aprendizagem significativa dos conceitos de Temperatura e Calor. Cada encontro foi dividido em momentos específicos, com atividades que visam facilitar tanto a interação social quanto a construção de conhecimentos teóricos e práticos. O objetivo central é criar um ambiente de aprendizado colaborativo e contextualizado, utilizando práticas experimentais e discussões que incentivem a reflexão crítica. A seguir, apresentamos o quadro que organiza o desenvolvimento de cada aula, com destaque para as atividades e estratégias pedagógicas propostas.

Quadro 3.1 - Aquecimento da água em uma chaleira.

AULA	DESCRIÇÃO	DATA	DURAÇÃO
01	1º momento: Nesta aula, organize um café da manhã com os alunos a fim de que haja uma interação social entre professor e alunos. Estabeleça uma conversa sobre assuntos transversais e de conhecimento geral.	__/__/____	50 min.
	2º momento: Nesta aula, organize uma roda de conversa para apresentar aos alunos a proposta de trabalho a ser desenvolvida e promova o levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema temperatura e calor.	__/__/____	50 min.
02	1º momento: Nesta aula, conduza os alunos em uma atividade colaborativa experimental, cuja prática investigativa pode ser intitulada “enganando os sentidos” ou “mão na água”.	__/__/____	50 min.
	2º momento: Nesta aula, proponha aos alunos a confecção de um mapa mental sobre os conceitos de temperatura e calor.	__/__/____	50 min.

	Promova, também, a negociação de significados com os estudantes acerca do tema temperatura e calor.		
03	Nesta aula, promova a negociação e captação de significados com os estudantes por meio do desenvolvimento do conhecimento procedimental, ou seja, durante a solução das situações-problema desenvolvidas na realização da receita presente nesta sequência didática. Utilize o espaço destinado à cozinha, laboratório de Ciências ou sala de aula adaptada.	__ / __ / ____	1h 40 min.
04	1º momento: Nesta aula, conduza os alunos na socialização do produto das receitas. A ideia é compartilhar o que foi feito pelos alunos da turma com outra turma, colegas no recreio ou outras pessoas e apresentem resumidamente o processo de produção do iogurte e sua relação com os conceitos estudados.	__ / __ / ____	50 min.
	2º momento: Nesta aula, aplique um questionário avaliativo com questões abertas sobre o tema desenvolvido na sequência didática.	__ / __ / ____	50 min.

Fonte: Próprio autor.

4. Planos de aula (Roteiros)

A estrutura dos planos de aula que se seguem neste tópico é fundamentada na Teoria das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), conforme proposta por Moreira (2011), buscando promover uma aprendizagem significativa dos conceitos de Temperatura e Calor por meio de atividades contextualizadas e colaborativas. A organização dos planos de aula foi elaborada com base no modelo proposto por Ferreira e Filho (2019), que oferece diretrizes práticas e metodológicas para o desenvolvimento de sequências didáticas no Ensino de Física. Essa combinação de fundamentação teórica e metodologia aplicada garante que os conteúdos sejam trabalhados de forma estruturada, relevante e acessível aos estudantes.

Plano de Aula 01

1. Identificação

Nível de ensino	Ensino Médio
Instituição	
Natureza	Sequência Didática
Docente responsável	
Modalidade	Presencial
Área do conhecimento	Física
Tema da aula	Termologia
Título da aula	Socializando experiências
Tópicos da aula	Temperatura, Termômetro, Escalas Termométricas, Calor.
Tipo predominante	Mista
Duração prevista	1 h 40 min.

2. Problema

Este plano de aula versa dialogar a respeito de um grupo de questões que podem ser listadas a seguir: O que é temperatura? Qual a importância de aferir com precisão a temperatura no cotidiano? Qual instrumento que se utiliza na aferição da temperatura?

3. Objetivos principais

Nesta aula, fique atento (professor) à fala dos alunos a fim de identificar quais os conhecimentos prévios relevantes que eles (alunos) têm a respeito do conceito de Temperatura, como qual a importância de se realizar uma medida de temperatura, qual instrumento de medida é utilizado para medir a temperatura.

Observe atentamente a relação do aluno com a cozinha e suas experiências cotidianas e se isso pode ser um fator estimulador ou não para o aprendizado no desenvolver da sequência didática.

4. Conhecimentos introdutórios relevantes

Para o desenvolvimento desta aula, não é necessário que o aluno tenha um conceito formalmente construído. O conhecimento que advém da sua experiência cotidiana é que se torna relevante.

5. Metodologia

Esta aula tem como elemento central uma **roda de conversa**. Para isso, sob sua orientação, professor, organize uma roda de conversa. Feito isso, conduza o diálogo por meio de perguntas previamente elaboradas. Uma sugestão de perguntas se encontra disponível no quadro da subseção a seguir (Quadro 4.1).

5.1. Estratégias didáticas

A aula será dividida em dois momentos como apresentado no quadro organizador da Sequência Didática, disponível na Seção 3 deste Produto Educacional.

No primeiro momento da aula, organizem (professor e alunos) o ambiente da sala de aula para o café da manhã; montem a mesa dispondo as comidas de forma que todos tenham acesso. A ideia deste primeiro momento é que tenham (professor e alunos) um tempo para conversar a respeito de assuntos transversais à escola, coisas do cotidiano que não estejam necessariamente relacionadas à matéria.

Aqui vale a criatividade do professor em exercer sua capacidade de socialização com todos os alunos. Proponha à turma tirar uma foto ou gravar um vídeo para ser postado nas redes sociais, a fim de que o aluno perceba que o professor também compreende e está inserido na nova sociedade à qual eles pertencem, a sociedade do digital.

O segundo momento da aula se iniciará de forma fluída. Agora, ao perceber que os alunos estão terminando o café da manhã, solicite que eles se sentem em uma roda de cadeiras a fim de conversarem. O Quadro 4.1 apresenta algumas perguntas planejadas para orientar o diálogo entre professor e aluno.

Quadro 4.1 - Perguntas orientadas.

Número	Pergunta
01	Quero agradecer a todos que participaram do nosso café da manhã. E aí pessoal, gostaram do café?
02	Do que mais gostaram?
03	Quem de vocês já ajudou a fazer ou fez sozinho alguma receita culinária? Qual foi? Descreva o sentimento que você sentiu ou sente ao se lembrar disso.
04	Vocês sabiam que é possível a gente fazer o iogurte em casa? Esse fui eu quem fez! (Risos e conversa).
05	Alguém já pensou em trabalhar com gastronomia? Ser um confeitiro ou mesmo fazer uma renda extra com esse conhecimento?
-	O assunto que nós vamos estudar está relacionado com isso que nós falamos.
06	Alguém sabe me dizer o que é temperatura?
07	Por que é importante medir a temperatura?
08	Muitas receitas para serem realizadas precisam ter a temperatura controlada, como o iogurte por exemplo. Como a gente mede a temperatura?
09	Como funciona um termômetro?
-	Nas próximas aulas, estudaremos os conceitos de Temperatura e Calor. Aprenderemos, também, como se mede a temperatura e qual sua importância no desenvolvimento da receita de iogurte natural.

Fonte: Próprio autor.

Após a realização das perguntas é de se esperar que os alunos fiquem um pouco eufóricos pois, em geral, eles não têm muita oportunidade de desenvolver receitas em casa ou nunca desenvolveram uma receita na escola. Por isso, oriente os alunos que

estejam dispostos a aprender com cada passo da sequência didática que será desenvolvida. Caso julgue ser útil, pode compartilhar com os alunos o quadro organizador disponível no Tópico 3 deste Plano de Aula.

6. Recursos necessários

Essa aula será desenvolvida no ambiente da sala de aula dos alunos, sendo necessário a existência de uma mesa, que pode ser a do professor; também, são necessárias mesas e cadeiras para os estudantes. Nessa mesa do professor, por exemplo, será montado o café da manhã para os alunos. Esse café da manhã pode ser criado de acordo com a realidade de cada escola e comunidade escolar. É interessante professor combinar com os alunos para que cada um, na medida do possível, tragam alguma coisa para o café. A equipe gestora da escola pode contribuir com algo para o desenvolvimento deste momento com os alunos. Seguem abaixo algumas sugestões de itens para o café da manhã:

- Copos e talheres descartáveis;
- Café, leite, açúcar;
- Sucos de frutas variadas (uva, pêssego, laranja, entre outros);
- Refrigerante;
- **Iogurte natural;**
- Cereais (granola, aveia, linhaça, chia, entre outros);
- Frutas variadas (banana, maçã, kiwi, entre outros);
- Quitandas em geral (pão, bolo, biscoito, bolacha, salgados, entre outros).

Aqui vale uma ressalva, é muito importante que você, professor, tenha desenvolvido anteriormente a receita do iogurte natural a fim de servir aos alunos um produto produzido por você. A receita se encontra disponível no Apêndice B deste trabalho.

7. Proposta de Avaliação

Nesta aula, a avaliação será de forma qualitativa, buscando identificar por meio do conhecimento declarativo dos alunos quais são seus conhecimentos prévios relevantes para o desenvolvimento do tema.

7.1. Especificação dos elementos formais de avaliação

A avaliação será baseada nas observações, anotações ou registros de áudio ou vídeo realizados por você, professor, durante a roda de conversa após o café da manhã. Espera-se encontrar nos alunos evidências de que eles compreendam a importância de medir a temperatura nos processos culinários e cotidianos. O aluno pode correlacionar com outras situações como a aferição de temperatura para controle dos casos de Covid-19 – algo bem usual nos últimos tempos, bem como em situações como o controle de temperatura ambiente de uma sala, qualquer relato deve ser considerado. Também espera-se identificar nos alunos que eles saibam que o instrumento de medida da temperatura é o termômetro. Esses dois itens avaliados são conceitos básicos e relativo ao cotidiano dos deles (alunos).

Professor, esteja atento ao caso que um aluno possa apresentar uma noção mais detalhada a respeito da temperatura como algo relacionado com a definição microscópica da temperatura e qual a sua relação com o funcionamento de um termômetro. Esses dois itens são itens mais complexos e denotam que os estudantes possuam subsunções robustos sobre o tema.

8. Sugestões de Leituras complementares

A fim de que os alunos possam adquirir uma maior compreensão a respeito da importância de aferir a temperatura, seguem aqui algumas sugestões de leituras complementares sobre o assunto, a saber:

- A importância do controle da temperatura nos alimentos:
<https://youtu.be/KW7sshwslj4>;
- Fatores que influenciam o crescimento microbiano:
<https://youtu.be/BLIOXlrHaSI>;
- ARAÚJO, Thelma Leite de; FARO, Ana Cristina Mancussi; LAGANÁ, María Teresa Cicero. **Temperatura corporal: planejamento da assistência de enfermagem na verificação da temperatura; no atendimento da febre e da hipertermia maligna.** Revista da Escola de Enfermagem da USP, v. 26, p. 315-324, 1992.

1. Identificação

Nível de ensino	Ensino Médio
Instituição	
Natureza	Sequência Didática
Docente responsável	
Modalidade	Presencial
Área do conhecimento	Física
Tema da aula	Termologia
Título da aula	Trocando experiências
Tópicos da aula	Temperatura, Termômetro, Escalas Termométricas, Calor.
Tipo predominante	Mista
Duração prevista	1 h 40 min.

2. Problema

Este Plano de Aula visa dialogar a respeito de um problema que é a sensação térmica ligada ao tato. Desenvolveremos algumas questões como: as mãos são bons sensores térmicos? Quais são as percepções da temperatura relacionadas às mãos? Se os nossos sentidos “mentem”, o que poderia ser usado para se quantificar o “quente” ou o “frio”? Como determinar, com precisão, a temperatura de um objeto? O que é calor? Como o calor se propaga? Quais seus efeitos?

3. Objetivos principais

Nesta aula, espera-se que o aluno seja capaz de descrever o significado do “calor” e sua diferença em relação à temperatura, assim como identificar o processo de propagação do calor e seus efeitos em um corpo. Além disso, espera-se que o aluno seja capaz de expressar a necessidade de utilizar instrumentos precisos para aferir a temperatura com exatidão e, ainda, calcular e comparar as relações entre as escalas termométricas.

3.1. Objetivos complementares

Para que os objetivos principais sejam alcançados, almejamos que o aluno seja capaz de esquematizar e relacionar, por meio da pesquisa, as informações sobre os conceitos de Temperatura e Calor. Desejamos que o aluno possa compreender que a pele (das mãos) não é um sensor térmico preciso e que seja capaz de explicar o fenômeno experimental que será observado nesta aula. Além disso, deve ser capaz de aplicar corretamente as equações de conversão de temperatura, os conceitos e equações de propagação do calor para interpretação e análise de situações que envolvem tais conceitos a serem trabalhados na lista de exercícios.

4. Conhecimentos introdutórios relevantes

Para o desenvolvimento desta aula, não é necessário que o aluno tenha um conceito formalmente construído. O conhecimento que advém da sua experiência cotidiana é que se torna relevante.

5. Metodologia

O elemento central para o desenvolvimento desta aula será realização de duas atividades colaborativas, envolvendo a participação dos estudantes. Na primeira atividade colaborativa, será realizado um experimento investigativo intitulado pelo autor deste trabalho como *“engando os sentidos”* ou *“mão na água”*. No segundo momento, os alunos realizarão a confecção de um mapa mental sobre os conceitos de Temperatura e Calor e, em grupo, resolverão uma lista de exercícios complementar disponível no Apêndice A deste trabalho.

5.1. Estratégias didáticas

A aula será dividida em dois momentos, como apresentado no quadro organizador da Sequência Didática disponível na Seção 3 deste Produto Educacional.

No primeiro momento da aula, organize a classe em uma roda a fim de que todos possam visualizar o que ele está fazendo e ouvir suas instruções, perguntas e colocações a respeito da experiência investigativa. A disposição da sala em círculo também auxilia na interação e troca de significados dos alunos entre si e com o professor e na rotatividade de interação com o experimento por parte dos alunos.

Professor, inicie sua aula promovendo um engajamento maior por parte dos alunos ao propor uma pequena competição entre eles. Prepare três recipientes contendo água. O primeiro recipiente deve conter água fria (geralmente acrescentamos gelo para obter água

suficientemente fria, aproximadamente $0\text{ }^{\circ}\text{C}$); o segundo recipiente contendo água à temperatura ambiente e o terceiro contendo água quente.

- **ATENÇÃO!** Cuidado com a temperatura da água quente para que não esteja demasiadamente quente e venha a causar alguma queimadura nos alunos. Utilize um termômetro a fim de aferir a temperatura; a água agradável ao tato deve estar em torno dos $40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

A competição consiste em que o aluno deve ir à mesa do professor e colocar as mãos na água; e, em seguida, fazer um palpite da temperatura que se encontra o líquido de cada recipiente. Professor, anote o palpite do aluno e com um termômetro confira a temperatura real. O aluno que acertar a temperatura aproximada dos três recipientes ganha um bombom. Aqui, você professor tem a liberdade de premiar o aluno vencedor como lhe convir, o importante é promover esse engajamento da turma.

Chame a atenção dos alunos à execução do experimento que consiste em colocar uma das mãos no recipiente que contém água quente e a outra das mãos no recipiente que contém água fria e aguardar um tempo (alguns segundos) para que haja o equilíbrio térmico.

Após esse tempo, o professor retira as mãos dos recipientes com água quente e fria e as coloca no recipiente contendo água em temperatura ambiente. Feito isso, destaque a diferença na sensação térmica: a mão que estava na água quente sentirá a água ambiente como fria, enquanto a mão que estava na água fria a perceberá como quente.

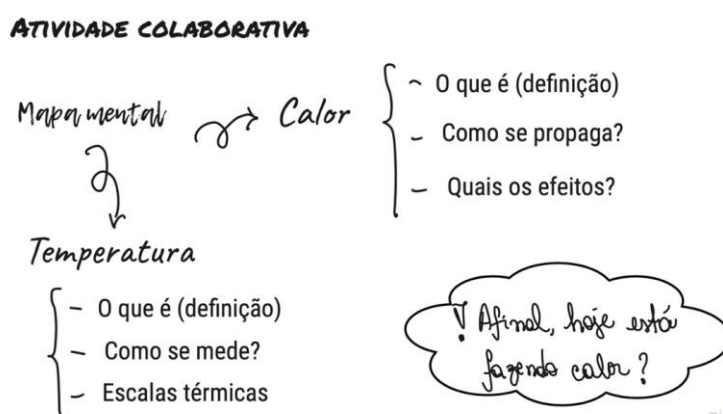
Neste momento, convide os alunos para que, um por vez, possa realizar o experimento e perceber esse fenômeno. Ao passo que você, professor, demonstra o experimento aos alunos e enquanto eles também investigam a situação, compartilhe com os alunos o significado conceitual do *equilíbrio térmico* e pergunte o porquê da percepção que estão sentindo. Você, professor, tem a liberdade de reelaborar as perguntas feitas pelos estudantes e devolver a eles a fim de que pensem a respeito do que está acontecendo.

- **Dica:** Na medida em que você, professor, for realizando o experimento com diversos alunos, a água quente irá se esfriando. Recomendamos que você tenha a disposição um forno micro-ondas ou outra fonte de calor a fim de aquecer a água e mantê-la na temperatura adequada para percepção do fenômeno.

Conclua este primeiro momento acrescentando alguns questionamentos sobre o porquê sentimos frio quando estamos com febre e se é correto aferirmos a temperatura de alguém utilizando a mão, ou seja, se as mãos são bons sensores de temperatura. Espera-se que os alunos tenham compreendido que seus sentidos podem ser enganados e que, portanto, torna-se necessário a utilização de um instrumento com maior confiabilidade para aferir a temperatura.

Iniciar-se-á o segundo momento da aula solicitando aos alunos que realizem uma atividade colaborativa que será a confecção de um mapa mental sobre os conceitos de Temperatura e Calor. Você, professor, pode deixar registrado no quadro alguns tópicos que são importantes para a confecção do mapa mental conforme sugestão na figura a seguir (Figura 4.1).

Figura 4.1 - Solicitação de atividade colaborativa: mapa mental.



Fonte: Próprio autor.

É interessante que os alunos se organizem em grupo para realizar a pesquisa e compartilhamento das informações encontradas, a fim de facilitar a troca de significados entre si. Entretanto, é importante ressaltar que cada aluno deve realizar individualmente a atividade proposta e que esta será entregue ao final da aula. Este material fará parte do processo de avaliação final da sequência didática.

Caso em sua escola não haja uma rede de internet Wi-Fi disponível aos alunos em sala de aula, você pode se dirigir juntamente com os alunos à sala de informática ou ao espaço da biblioteca escolar. Para o caso de não haver nenhum destes recursos, você pode solicitar que os alunos façam o mapa mental a partir do próprio livro didático que está sendo utilizado em sua rede de ensino.

Durante a realização dessa atividade colaborativa, têm-se uma oportunidade ímpar na qual você, professor mediador, pode dialogar com o aluno de forma intencional a promover a negociação de significados, ou seja, ele que já domina os conceitos contextualmente aceitos a respeito da temperatura e calor, os promove por meio da reflexão orientada. Este é um momento para que a diferenciação progressiva aconteça logo que conceitos e ideias mais gerais dos alunos vão sendo progressivamente diferenciados em termos de detalhes e especificidades de modo a adquirir sentido e significado ao estudante.

6. Recursos necessários

Essa aula será realizada na sala de aula, podendo ser desenvolvida no laboratório, a critério do professor responsável pela turma. Também poderá ser utilizado o espaço da sala de informática ou biblioteca escolar, conforme mencionado anteriormente. Para a realização do experimento e confecção do mapa mental, serão necessários:

- Forno micro-ondas;
- Recipientes para armazenar água (tigelas de vidro ou Becker são ideais);
- Água e gelo;
- Termômetro;
- Folha A4, ou folha de caderno para confecção do mapa mental;
- Material escolar (caneta, lapiseira, lápis, lápis de colorir, régua, borracha etc.);
- Recursos educacionais digitais (celular, computador, *tablet*);
- Livro didático.

7. Proposta de Avaliação

Como mencionado anteriormente, a proposta dessa aula é que seja desenvolvida duas atividades colaborativas. Logo, nesta aula, a avaliação será de forma qualitativa, buscando identificar, por meio do conhecimento declarativo e da realização da atividade colaborativa por parte dos alunos, indícios do processo de captação de significados.

7.1. Especificação dos elementos formais de avaliação

A avaliação será baseada nas observações, anotações ou registros de áudio ou vídeo realizados por você, professor, durante a realização do experimento investigativo com os alunos. Espera-se encontrar evidências de que os alunos compreenderam a relação não harmoniosa entre a sensação térmica da pele e a medida precisa da temperatura.

Também, espera-se identificar nos alunos que eles saibam que o instrumento de medida da temperatura é o termômetro. Esses dois itens avaliados são conceitos básicos e relativos ao cotidiano dos alunos. Ademais, é desejável encontrar nos mapas mentais uma organização conceitual de modo a conectar teoria pesquisada e o fenômeno observado na prática investigativa.

8. Sugestões de Leituras complementares

Para que o aluno possa aprofundar seus conhecimentos na compreensão dos conceitos de Temperatura e Calor, você, professor, pode recomendar aos alunos a resolução de uma lista de exercícios. A lista de exercícios tem a finalidade de familiarizar o estudante com novas situações que podem dialogar diretamente com seu cotidiano e de ambientá-lo com o domínio e manuseio das equações de conversão de temperatura. A lista complementar sugerida pelo autor se encontra disponível no Apêndice A deste trabalho.

Plano de Aula 03

1. Identificação

Nível de ensino	Ensino Médio
Instituição	
Natureza	Sequência Didática
Docente responsável	
Modalidade	Presencial
Área do conhecimento	Física
Tema da aula	Termologia
Título da aula	À cozinha!

Tópicos da aula	Temperatura, Termômetro, Escalas Termométricas, Calor.
Tipo predominante	Mista
Duração prevista	1 h 40 min.

2. Problema

Este plano de aula visa dialogar a respeito de um problema central que é *“Como garantir a fermentação adequada do iogurte caseiro?”*. Professor, durante o desenvolvimento dessa temática, discuta aspectos correlatos como a importância da temperatura, o processo de propagação do calor dentro da panela e, ainda, explorar a conexão com outras disciplinas como a Biologia, falando a respeito do papel dos probióticos, o uso de culturas iniciadoras, o tempo necessário para a fermentação, entre outros aspectos relacionados ao processo.

3. Objetivos principais

Nesta aula, espera-se que o aluno seja capaz de investigar na prática o conceito de Calor e Temperatura, utilizar corretamente o instrumento de medição de temperatura e que ele seja capaz de distinguir os processos de propagação do calor por condução para panela e convecção para o leite.

3.1. Objetivos complementares

Espera-se que o aluno seja capaz de ler atentamente as instruções e seguir o passo a passo presente na receita do iogurte a fim de desenvolvê-la corretamente. Também, é esperado que o aluno trabalhe suas habilidades manuais com os talheres e demais utensílios da cozinha e possa desenvolver suas habilidades socioemocionais ao trabalhar em equipe.

4. Conhecimentos introdutórios relevantes

Para o bom desenvolvimento desta aula, é interessante que o aluno tenha realizado a pesquisa proposta na aula anterior e tenha resolvido a lista de exercícios complementar sobre as escalas termométricas e a propagação do calor. Mediante a realização de tais atividades, o aluno terá contato com os conceitos formais de temperatura, calor e sua propagação, podendo, agora na prática, contemplar e conectar os aspectos teóricos àquilo que vê sendo desenvolvido.

5. Metodologia

O elemento central para o desenvolvimento desta aula será realização da receita do Iogurte Caseiro disponível no Apêndice B deste trabalho. Esta será uma aula prática na cozinha, laboratório ou sala de aula adaptada a ser realizada pelos alunos com a orientação e supervisão do professor.

5.1. Estratégias didáticas

Para a execução desta aula, é recomendado ao professor que, antecipadamente, leia a receita e a desenvolva, primeiramente em sua casa, a fim de se ambientar com os utensílios que serão utilizados e tenha uma percepção mais ampla de quais aspectos podem contribuir para o sucesso da receita. É recomendado ainda que ele desenvolva pelo menos uma vez a receita com o material disponível na escola para que se tenha uma correta noção a respeito do processo que será desenvolvido em sala de aula, o que inclui a manipulação de panelas, colheres, fogo e outros itens relacionados à prática do experimento de tal forma a identificar quais variáveis podem influenciar no sucesso da receita no ambiente da cozinha escolar (ou laboratório, ou sala de aula adaptada).

A fonte de calor que é responsável por aquecer o leite é um dos itens mais importantes na execução da receita de iogurte natural caseiro. Se a escola conta com uma estrutura de cozinha, organize-a a fim de receber os alunos de forma a não causar tumultos e evitar acidentes. Caso a escola não tenha essa estrutura de cozinha e o experimento for conduzido em laboratório ou sala de aula adaptada, o professor responsável deve garantir que haja uma estrutura mínima a fim de apoiar a panela sobre a chama de modo a evitar acidentes envolvendo panelas quentes e coisas do gênero.

Ao recepcionar os alunos nessa aula, o professor responsável deve realizar um aviso geral a todos estudantes para que tenham cuidado ao manusear os instrumentos especialmente próximos ao fogo, a fim de evitar acidentes e lembrá-los das consequências de se arriscar com materiais inflamáveis como o gás, álcool ou outro combustível utilizado na chama do fogo.

A turma deverá ser dividida em duplas a fim de otimizar o processo de confecção da receita e de proporcionar a interação dos estudantes durante o processo de captação e negociação de significados. Cada dupla pode se organizar para que um aluno, que tenha mais habilidade ou afinidade com o manuseio dos instrumentos de cozinha, possa executar a receita propriamente dita enquanto o outro passa as orientações seguindo a

receita. A receita, que se encontra disponível no Apêndice B deste trabalho, contém todo o passo a passo de fabricação do iogurte natural caseiro.

Durante a execução da receita, você, professor, pode realizar algumas perguntas a fim de que o aluno seja capaz de conectar os aspectos teóricos com aqueles que serão observados durante a prática. O Quadro 4.2 apresenta algumas sugestões de perguntas a serem feitas por você, professor, aos estudantes.

Quadro 4.2 - Perguntas orientadas para aula de produção do iogurte natural.

Número	Pergunta
01	Quando você liga o termômetro, do que exatamente ele está lendo a temperatura?
02	Qual escala termométrica está sendo utilizada por ele?
03	Que tipo de propagação do calor existe na panela?
04	O tipo de panela influencia na propagação do calor? Explique.
05	Que tipo de propagação do calor existe no leite?
06	Se deixarmos a colher dentro do leite durante o processo de fervura ela vai aquecer? Explique o porquê.
07	Por que devemos mexer o leite durante o processo de fervura?
08	Qual a importância de aguardar um certo tempo ao se aferir a temperatura do leite?
09	Por que devemos ter cuidado para não encostar a ponta do termômetro no fundo da panela?
10	O que podemos fazer para o leite abaixar sua temperatura mais rapidamente sem resfriar a panela que o contém?

Fonte: Próprio autor.

Professor, aproveite este momento de realização da receita para realizar a negociação de significados com os alunos. Na realidade, é uma interação na qual você, que possui conhecimento dos significados aceitos dos conceitos de Temperatura e Calor, os apresenta ao aluno. Por sua vez, o aluno precisa expressar a você, professor, como está assimilando esses significados por meio das respostas aos questionamentos direcionados. Se a compreensão do aluno ainda não estiver alinhada com os significados aceitos cientificamente, torna-se necessário apresentá-los novamente, utilizando abordagens

diferentes, e cabe ao aluno expressá-los novamente. Esse processo pode ocorrer diversas vezes até que o aprendiz passe a compartilhar os significados aceitos naquele contexto.

6. Recursos necessários

Esta aula será desenvolvida no espaço destinado à cozinha, laboratório ou sala de aula adaptada. Para a realização da receita, serão necessários utensílios e ingredientes listados abaixo:

- Fonte de calor (fogão);
- Panela para ferver o leite;
- Tigela de cerâmica ou vidro (caso não tenha, pode utilizar a mesma panela que ferver o leite);
- Colher, concha, espátula;
- 1 litro de leite integral,
- 1 pote de iogurte natural sem açúcar (170 g).

ATENÇÃO: Caso o aluno seja intolerante à lactose, oriente o estudante para que adquira leite sem lactose, a fim de evitar quaisquer reações alérgicas.

7. Proposta de Avaliação

Nesta aula, a avaliação será de forma formativa, buscando indícios de que o aluno tenha captado corretamente os significados de temperatura, calor e sua propagação. Caso o estudante ainda não tenha se apropriado corretamente dos conceitos cientificamente compartilhados, você, professor, poderá, durante o processo da aula, realizar as devidas negociações de significado a fim de que ele possa ver sentido na aplicação da teoria estudada.

7.1. Especificação dos elementos formais de avaliação

A avaliação será baseada nas observações, anotações ou registros de áudio ou vídeo realizados por você, professor, durante a realização do experimento investigativo com os alunos. Espera-se encontrar evidências de que os estudantes captaram corretamente os conceitos, sendo essa evidência percebida por meio da fala, que é o instrumento pelo qual o estudante expressa sua percepção do mundo e das coisas que nele há.

O desenvolvimento da receita proposta nesta aula, juntamente com as perguntas norteadoras presentes no Quadro 4.2 deste plano, estabelecem novas situações-problemas, de tal forma que, quando o aluno busca entender e explicar as perguntas realizadas pelo professor, ele busca em sua estrutura cognitiva o sentido individualmente aceito e o declara, configurando assim um momento oportuno para que você, professor, possa negociar os significados dos conceitos que estão sendo trabalhados.

Cada pergunta proposta no Quadro 4.2 foi pensada a fim de perceber se o aluno está sendo capaz de relacionar a teoria pesquisada e estudada na aula anterior com a prática desta aula. O quadro que se segue (Quadro 4.3) busca elucidar a correlação esperada na fala do aluno e é passível de ajustes pelo professor aplicador deste produto educacional para acrescentar, modificar ou retirar quaisquer perguntas a fim de que o propósito maior, que é a aprendizagem conceitual, seja efetivado.

Quadro 4.3 - Correlação das perguntas realizadas e respostas esperadas.

Número	Pergunta Realizada / Comentário / Resposta esperada
01	<p>Quando você liga o termômetro, do que exatamente ele está lendo a temperatura?</p> <p>Espera-se que o aluno compreenda que o termômetro afere a temperatura estando em equilíbrio térmico com o corpo; ao ser ligado, o termômetro está em contato direto com o ar, do qual afere a temperatura ou temperatura ambiente.</p> <p><i>Resposta esperada: “Do ambiente. Do ar.”</i></p>
02	<p>Qual escala termométrica está sendo utilizada por ele?</p> <p>Espera-se que o aluno seja capaz de identificar as unidades de medida °C e °F como sendo unidades de medida de temperatura.</p> <p><i>Resposta esperada: “O termômetro está em graus celsius. O termômetro está em graus fahrenheit.”</i></p>
03	<p>Que tipo de propagação do calor existe na panela?</p>

Espera-se que o aluno seja capaz de identificar que a propagação do calor na panela se dê por condução, ou seja, se propaga molécula por molécula ao longo de toda estrutura do material da panela.

Resposta esperada: “A propagação é por condução, a panela é um sólido.”

04 O tipo de panela influencia na propagação do calor? Explique.

Espera-se que o aluno seja capaz de identificar que o fluxo de calor através de um metal seja proporcional ao Coeficiente de Condutibilidade da Lei de Fourier.

Resposta esperada: “Dependendo do material da panela uma aquece mais rapidamente que a outra. Depende da condutibilidade térmica do material.”

05 Que tipo de propagação do calor existe no leite?

Espera-se que o aluno seja capaz de identificar que o leite, por ser um líquido, propaga o calor por convecção durante o processo de fervura.

Resposta esperada: “A propagação é por convecção, já que é um líquido.”

06 Se deixarmos a colher dentro do leite durante o processo de fervura ela vai aquecer? Por quê?

Espera-se que o aluno seja capaz de identificar que a colher pode aquecer quando em contato com o leite, essa relação também depende do material que a colher é feita, uma vez que a propagação nesta se dá por condução.

Resposta esperada: “Depende do material que ela é feita, se for feita de material metálico vai, se for feita de plástico ou silicone, não.”

07 Por que devemos mexer o leite durante o processo de fervura?

Espera-se que o aluno seja capaz de relacionar o processo de fervura do leite com a propagação do calor por convecção nos líquidos e perceba que mexendo o leite garantirá que o calor seja distribuído uniformemente por todo volume de leite.

Respostas esperada: “Devemos mexer o leite para que o calor seja igualmente propagado pelo leite.”

08 Qual a importância de aguardar um certo tempo ao se aferir a temperatura do leite?

Espera-se que o aluno compreenda que para aferir a temperatura de um objeto com o termômetro culinário é necessário que este se encontre em equilíbrio térmico com aquilo que se deseja medir a temperatura.

Resposta esperada: “É necessário para que o termômetro esteja em equilíbrio térmico com o leite. Para que ele tenha a mesma temperatura do leite.”

09 Por que devemos ter cuidado para não encostar a ponta do termômetro no fundo da panela?

Espera-se que o aluno compreenda que encostando o termômetro no fundo da panela ele sofrerá influência direta da temperatura da panela, pois se encontra em contato direto com a chama, ou seja, ele estaria aferindo uma temperatura superior a temperatura real do leite.

Resposta esperada: “Para que o termômetro não faça a medida de temperatura da panela ou não sofra alteração na medida de temperatura do leite.”

10 O que podemos fazer para o leite abaixar sua temperatura mais rapidamente sem resfriar a panela que o contém?

Espera-se que o aluno compreenda que um corpo ao entrar em contato com um material cuja temperatura seja menor haverá um fluxo de calor

do corpo mais quente para o corpo mais frio, fazendo com que a temperatura abaixe. No caso do leite, corpo mais quente, um processo que pode ser feito é levantá-lo com a concha para que, ao entrar em contato com o ar, corpo mais frio, haja a diminuição da temperatura do leite.

Respostas esperada: “Podemos soprar o leite ou levantá-lo com a concha.”

Fonte: Próprio autor.

8. Sugestões de Leituras complementares

Para que os alunos possam aprofundar seu entendimento dos conceitos físicos relacionados à cozinha, é recomendável que assistam aos vídeos da Professora Doutora Maria Brollo, disponíveis no canal do YouTube NanoCycle Group. A Professora Doutora Maria Brollo possui Doutorado em Física pela Universidade Autónoma de Madrid, além de ter formação em confeitaria e grande paixão pela Ciência, como ela mesma descreve.

Dentre os vários vídeos gravados pela professora, dois merecem uma recomendação especial. O primeiro aborda o tema da pipoca e o segundo explora a Física relacionada à panela de pressão. Seguem os links para os vídeos recomendados:

- Vídeo sobre a pipoca: [https://youtu.be/7J_hJrsVavg]
 - Vídeo sobre a física na panela de pressão: [<https://youtu.be/bVTFanM-cwU>].
-

Plano de Aula 04

1. Identificação

Nível de ensino	Ensino Médio
Instituição	
Natureza	Sequência Didática
Docente responsável	
Modalidade	Presencial
Área do conhecimento	Física

Tema da aula	Termologia
Título da aula	Socializando experiências e avaliação final
Tópicos da aula	Temperatura, Termômetro, Escalas Termométricas, Calor.
Tipo predominante	Mista
Duração prevista	1 h 40 min.

2. Problema

Este plano de aula visa dialogar a respeito de um problema central que é *“Como a física possibilita o sucesso, a qualidade e segurança no processo de fabricação do iogurte caseiro?”*. Essa pergunta central permite explorar a correlação entre a descrição teórica e a prática envolvendo os conceitos de Temperatura e Propagação do Calor e ainda diferentes aspectos relacionados ao processo de fabricação do iogurte. Além disso, é possível abordar tópicos como higiene pessoal, manipulação adequada dos ingredientes, controle de temperatura durante o processo de fermentação, armazenamento adequado e validade do iogurte caseiro.

3. Objetivos principais

Nesta aula, espera-se que o aluno seja capaz de articular seus conhecimentos a fim de formular uma explicação clara e concisa sobre os conceitos de Temperatura e Calor no processo de fabricação do iogurte. Além disso, é esperado que ele possa elaborar explicações para novas situações teóricas e práticas que envolvam os conceitos abordados.

3.1. Objetivos complementares

Espera-se que o aluno seja capaz de produzir um relato de experiência sobre o processo de fabricação do iogurte em formato de texto discursivo. Espera-se, também, que o aluno seja capaz de organizar seu pensamento a fim de transmiti-lo ao papel de avaliação de forma clara e objetiva.

4. Conhecimentos introdutórios relevantes

Para o bom andamento desta aula, é necessário que o aluno tenha participado de todo o processo proposto neste Produto Educacional de tal forma que ele tenha uma boa base a respeito do conceito de Temperatura – o que é temperatura, sua definição e como

ela é medida; também, tenha familiaridade com diferentes escalas de temperatura – Celsius, Fahrenheit e Kelvin, e como realizar conversões entre elas. Além disso, compreenda o conceito de Calor como transferência de energia térmica entre corpos de diferentes temperaturas.

5. Metodologia

Nesta aula, será realizado o processo de avaliação final da Sequência Didática, dividindo-se em dois momentos. No primeiro momento, os alunos compartilharão o produto, que é o iogurte natural caseiro, e farão uma apresentação oral sobre seu processo de produção e sua relação com os conceitos de Temperatura e Calor. No segundo momento, eles realizarão uma avaliação somativa, cujo objetivo é discutir os conceitos estudados e verificar se demonstram indícios de uma aprendizagem significativa, isto é, se são capazes de aplicar os conceitos em novas situações.

5.1. Estratégias didáticas

Esta aula será realizada no dia seguinte à fabricação do iogurte natural, seguindo o processo de fermentação recomendado na receita. No primeiro momento, será feito o compartilhamento do produto da receita com outros professores, estudantes e demais membros da comunidade escolar. Durante essa apresentação, os alunos deverão servir e compartilhar o iogurte, ao mesmo tempo em que explicam o processo de fabricação e os conceitos estudados na sequência. Cada dupla de alunos pode enfatizar os aspectos que mais chamaram sua atenção e que consideram importantes. Você, professor, deve estar atento a todo conhecimento transmitido para identificar indícios de compreensão dos significados.

No segundo momento, será aplicada uma avaliação somativa contendo perguntas abertas sobre o processo de fabricação do iogurte, os conceitos abordados nas aulas e novas situações-problema, que podem ser tanto hipotéticas quanto aplicáveis na prática. Encontra-se disponível no Apêndice C deste trabalho o modelo de avaliação somativa a ser aplicada ao final da sequência didática.

6. Recursos necessários

Esta aula será desenvolvida na sala de aula e os alunos irão necessitar de:

- Espátula ou concha;
- Copos descartáveis;

- Colheres de plástico;
- Granola, frutas ou outros acompanhamentos para o iogurte (opcional);
- Material escolar: lápis, borracha e caneta.

7. Proposta de Avaliação

Esta aula será a avaliação final da sequência didática, na qual os alunos serão avaliados de maneira formativa e somativa de modo que o professor responsável identifique indícios de uma aprendizagem significativa.

7.1. Especificação dos elementos formais de avaliação

A avaliação será baseada nas observações, registros de áudio ou vídeo e na correção da avaliação escrita aplicada pelo professor nesta última aula da sequência didática. Serão utilizados dois elementos formais de avaliação, as apresentações orais e uma avaliação escrita.

As apresentações orais são uma forma de avaliação em que os alunos terão a oportunidade de se expressar verbalmente e compartilhar seus conhecimentos, ideias e descobertas com os membros da unidade escolar (docentes, discentes e funcionários). Essa atividade avaliativa permite que os alunos desenvolvam habilidades de comunicação oral, organização de pensamentos e domínio do conteúdo. A sugestão é que os alunos possam se organizar para realizar o compartilhamento do produto (iogurte natural) durante o recreio, a fim de que as pessoas também possam desfrutar daquilo que foi fabricado por eles mesmos.

Para proporcionar melhores condições de sucesso nas apresentações orais, é importante que os alunos sejam orientados pelo professor de que farão essa avaliação e falarão sobre os detalhes que mais chamaram sua atenção durante os estudos dos conceitos abordados e a execução da receita. Além disso, podem ser estabelecidos critérios de avaliação, como clareza na exposição, uso adequado de linguagem, capacidade de argumentação, postura e interação com o público.

A prova escrita contará com questões discursivas, sendo uma forma de avaliação em que os alunos são solicitados a responder perguntas de forma detalhada e argumentativa, por meio de respostas estruturadas. As questões discursivas exigem que os alunos expressem seus pensamentos, analisem informações, apliquem conceitos e ofereçam argumentos embasados.

A correção das questões discursivas também requer uma abordagem cuidadosa. Os professores devem avaliar a coerência e a organização da resposta, a clareza na apresentação dos argumentos, o uso correto de terminologia específica, a capacidade de análise crítica e a relevância das informações apresentadas. É importante que os critérios de correção sejam transparentes e comunicados previamente aos alunos.

Embora as provas escritas com questões discursivas sejam desafiadoras tanto para os alunos quanto para os professores, elas permitem uma avaliação mais abrangente do conhecimento e das habilidades dos alunos, além de incentivar a reflexão e a articulação de ideias por escrito. Essa forma de avaliação é especialmente útil em disciplinas que requerem análise crítica, argumentação e escrita acadêmica.

Na prova escrita, espera-se encontrar indícios de aprendizagem significativa, isto é explícito quando o aluno é capaz de explicar e aplicar o conhecimento contextualmente aceito em novas situações. O modelo de avaliação se encontra disponível no Anexo 7.2 deste trabalho.

O quadro a seguir (Quadro 4.4) contém uma breve análise do que se espera que os alunos forneçam como resposta. Tal análise corrobora para que o professor aplicador da Sequência Didática perceba melhor os indícios da aprendizagem significativa a respeito dos conceitos de Temperatura e Calor proposta neste trabalho. Não se trata de uma avaliação definitiva, isto é, cada professor pode, em sua realidade e mediante sua experiência com seus alunos, editar, criar e/ou remover perguntas para esta avaliação final.

Quadro 4.4 - Análise das questões da avaliação final.

Número	Pergunta Realizada / Comentário
01	<p data-bbox="405 1464 1347 1608">Descreva o processo que vocês seguiram, os resultados obtidos e o que vocês aprenderam com essa experiência; destaque aquilo que foi mais interessante para você.</p> <p data-bbox="405 1688 1347 1832">Espera-se que o aluno relate por escrito toda mudança conceitual adquirida nesse processo e que ele seja capaz de explicar a aplicação prática que ele vivenciou com os conceitos contextualmente aceitos.</p>
02	<p data-bbox="405 1845 1347 2004">Assim que você sai do chuveiro, você sente frio. Quando você se enxuga, contudo, deixa de sentir frio, embora a temperatura externa não sofra nenhuma variação. Por quê?</p>

Espera-se que o aluno compreenda que a percepção de frio está relacionada ao processo de que a água em nossa pele absorve o calor do corpo para evaporar, o que causa uma sensação de resfriamento. Ao enxugar o corpo, diminuimos esse processo de evaporação, o que faz com que deixemos de sentir frio, mesmo que a temperatura ambiente permaneça a mesma.

03 Utilizando os conceitos de temperatura e calor, explique o que acontece quando abrimos a tampa do forno antes da hora correta.

Espera-se que o aluno explique essencialmente que quando abrimos a tampa do forno antes da hora correta após o bolo ficar pronto, estamos permitindo que o calor se propague de dentro para fora do forno e uma grande quantidade de ar frio entre em contato com o bolo, causando uma brusca queda de temperatura em sua superfície, o que pode influenciar diretamente na estrutura do bolo.

04 O que é necessário para aumentar a eficiência térmica da caixa? Pense nos fatores que podem influenciar essa situação e ajude Erick manter sua bebida gelada por mais tempo.

Espera-se que o aluno seja capaz de compreender que a propagação depende diretamente do material utilizado, da diferença de temperatura e da espessura do material.

Para aumentar a eficiência térmica da caixa térmica e manter as bebidas geladas por mais tempo, existem alguns fatores que podem ser considerados:

1. Isolamento: É recomendado manter a caixa bem fechada para evitar a entrada de ar externo;
-

-
2. Preparação prévia: Antes de colocar as bebidas na caixa térmica, é recomendado resfriá-la previamente. Isso pode ser feito utilizando gelo ou colocando-a na geladeira por um período. Ao iniciar com uma caixa já fria, o tempo necessário para resfriar as bebidas será menor;
 3. Camada de isolamento adicional: Para uma maior eficiência térmica, pode-se adicionar uma camada adicional de isolamento, como um cobertor térmico ou uma toalha grossa, envolvendo a caixa térmica. Isso ajudará a minimizar a transferência de calor do ambiente externo para o interior da caixa;
 4. Uso de gelo: Adicionar gelo ajuda a manter a temperatura interna da caixa térmica baixa por mais tempo. O gelo absorve o calor do ambiente, retardando o aquecimento das bebidas;
 5. Proteção contra o sol: Manter a caixa térmica em áreas de sombra ou cobri-la com uma sombrinha ou lona pode ajudar a evitar que a radiação solar direta aqueça a caixa e as bebidas em seu interior.

05 Aplicando a equação que relaciona a escala Celsius e Fahrenheit, qual o valor de temperatura Carlos encontrou?

Espera-se que o aluno seja capaz de aplicar corretamente a equação que relaciona as escalas solicitadas.

$$\frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9} \rightarrow \frac{T_C}{5} = \frac{100 - 32}{9} \rightarrow T_C \cong 38 \text{ }^\circ\text{C}$$

Fonte: Próprio autor.

8. Sugestões de Leituras complementares

Para que o aluno possa aprofundar seus conhecimentos na compreensão dos conceitos de Temperatura e Calor, recomende aos alunos a leitura do livro Física do dia a dia, produzida pela autora Regina Pinto de Carvalho. A autora apresenta uma coleção

de questões relacionadas a fenômenos comuns em nosso cotidiano. Acompanhadas de respostas claras e concisas, as perguntas não utilizam fórmulas, mas se baseiam em conhecimentos científicos, especialmente da Física, relacionados aos questionamentos.

Essa obra certamente será útil para estudantes curiosos que desejam encontrar mais relações entre a Física e nossa vida cotidiana, pois encontrarão explicações para 105 perguntas intrigantes. As perguntas presentes no livro foram elaboradas por estudantes de Instrumentação para o Ensino da Física e refletem dúvidas frequentes que surgem em relação ao comportamento da natureza, questionamentos feitos por colegas, amigos e familiares.

5. Considerações Finais

Ao longo do desenvolvimento deste Produto Educacional, nosso objetivo foi fornecer uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o ensino dos conceitos iniciais da Termologia, especificamente Temperatura e Calor, aplicados ao ambiente da cozinha. Embasados nas teorias da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas de Marco Antônio Moreira, criamos uma sequência didática que visa proporcionar aos alunos uma experiência prática e envolvente, enquanto exploram esses conceitos fundamentais.

O uso deste Produto Educacional destina-se a auxiliar os professores interessados em promover uma aprendizagem significativa dos conceitos de Temperatura e Calor por meio de atividades realizadas na cozinha. Acreditamos que, ao contextualizar esses conceitos em um ambiente familiar e presente no cotidiano dos alunos, aumentamos sua motivação e engajamento no processo de aprendizagem.

Reforçamos a importância de adaptar as atividades e recursos propostos de acordo com o perfil e nível de conhecimento dos alunos, bem como às Diretrizes Curriculares estabelecidas pela rede de ensino. É fundamental que o professor analise criteriosamente o conteúdo, levando em consideração as necessidades e interesses dos estudantes, a fim de proporcionar uma experiência de aprendizagem mais relevante e significativa.

Além disso, encorajamos os professores a explorarem alternativas possíveis do uso deste Produto Educacional. Embora tenhamos nos concentrado no ensino de conceitos de Temperatura e Calor por meio de uma receita de iogurte, as atividades propostas podem ser adaptadas para outras receitas ou mesmo para o estudo de outros conceitos científicos relacionados à cozinha. Incentivamos a criatividade e a flexibilidade no uso deste material, a fim de atender às necessidades e interesses específicos de cada grupo de alunos.

Destacamos que este Produto Educacional não se limita apenas ao ambiente escolar, mas também pode ser utilizado em espaços não formais de educação, como feiras científicas, clubes científicos ou atividades extracurriculares. Sua abrangência é ampla, proporcionando oportunidades de aprendizagem em diferentes contextos e ambientes.

Por fim, esperamos sinceramente que este Produto Educacional possa contribuir de forma relevante para o Ensino de Física, auxiliando os professores a promoverem uma aprendizagem mais envolvente, prática e significativa para seus alunos. Acreditamos que a abordagem proposta, combinada com o uso de recursos da cozinha, tem o potencial de

despertar o interesse dos estudantes pela Física e estimulá-los a explorar a Ciência em seu dia a dia.

Desejamos sucesso em suas práticas educacionais e esperamos que este produto possa fazer a diferença na forma como os conceitos iniciais da Termologia são ensinados e aprendidos.

6. Referências

FERREIRA, M.; SILVA FILHO, O. L. Proposta de plano de aula para o ensino de física. *Physicae Organum*, Brasília, v. 5, n. 1, p. 39-44, 2019.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. *Fundamentals of Physics*. 10. ed. Hoboken: Wiley, 2014.

MOREIRA, M. A. Unidades de Ensino Potencialmente Significativas - UEPS. *Aprendizagem Significativa em Revista*, v. 1, n. 2, p. 43-63, 2011a. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/asr/artigos/Artigo_ID10/v1_n2_a2011.pdf. Acesso em: 14 jan. 2023.

_____, M. A. *Teorias da aprendizagem*. Editora Pedagógica e Universitária, 2013.

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física Básica. Volume 2: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor*. 6. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2018.

YOUNG, Hugh D. et al. *Física 2: Termologia, Óptica e Ondas*. 13. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

7. Apêndice A – Lista de exercícios: Escalas Termométricas e Propagação do calor

1) Em um noticiário estadunidense de TV a cabo, um jornalista disse que na cidade de *Little Rock*, durante uma nevasca, a temperatura chegou a 23 graus. Um estudante brasileiro, ao ouvir isso e ver as imagens de pessoas com blusas grossas, gorros e cachecóis, ficou confuso, uma vez que quando faz 23 graus no Brasil a sensação térmica é bastante agradável. Qual o motivo do estranhamento?

2) Qual dessas temperaturas é a maior: 0 K , $0\text{ }^{\circ}\text{F}$ ou $0\text{ }^{\circ}\text{C}$? Justifique sua resposta.

3) Um ramo importante da Física, ligado à termologia, é a criogenia, cuja finalidade é conseguir temperaturas extremamente baixas com as mais diferentes aplicações. A obtenção de temperaturas reduzidas é utilizada, por exemplo, na conservação de produtos alimentícios, no transporte de gêneros perecíveis, na preservação de tecidos, dos componentes de sangue e de outras partes do corpo humano para posterior utilização. Em Biologia e Veterinária, a criogenia está associada à conservação do sêmen de animais para uso em fertilização. A manutenção de sêmen bovino em temperatura da ordem de 73 Kelvin é fundamental para preservar suas características, a fim de que o processo de inseminação artificial tenha sucesso (...).

(Adaptado de FERRARO. G. SOARES. P. A. de Toledo. FOGO. Ronaldo. Física Básica. 3. ed. vol. Único. São Paulo: Atual, 2009, p. 273)

Com base nas informações apresentadas no texto acima, indique qual o valor correspondente à temperatura de 73 Kelvin nas escalas Celsius e Fahrenheit, respectivamente, para manutenção do material biológico?

4) Em 1962, um jingle (vinheta musical) criado por Heitor Carillo fez tanto sucesso que extrapolou as fronteiras do rádio e chegou à televisão ilustrado por um desenho animado. Nele, uma pessoa respondia ao fantasma que batia em sua porta, personificando o “frio”, que não o deixaria entrar, pois não abriria a porta e compraria lãs e cobertores para aquecer sua casa. Apesar de memorável, tal comercial televisivo continha incorreções a respeito de conceitos físicos relativos à calorimetria.

DUARTE, M. Jingle é a alma do negócio: livro revela os bastidores das músicas de propagandas. Disponível em:

<https://guiadoscuriosos.uol.com.br>. Acesso em: 24 abr. 2019 adaptado).

Para solucionar essas incorreções, deve-se associar à porta e aos cobertores, respectivamente, as funções de:

- a) Aquecer a casa e os corpos.
- b) Evitar a entrada do frio na casa e nos corpos.
- c) Minimizar a perda de calor pela casa e pelos corpos.
- d) Diminuir a entrada do frio na casa e aquecer os corpos.
- e) Aquecer a casa e reduzir a perda de calor pelos corpos.

5) Uma barra de alumínio tem uma de suas extremidades em contato com vapor de água, e a outra com gelo em fusão. O comprimento da barra é $25,0\text{ cm}$ e sua seção transversal é $5,0\text{ cm}^2$. Dado: $K_{Al} = 0,5 \frac{\text{cal}}{\text{s} \cdot \text{cm} \cdot ^\circ\text{C}}$

Sabendo que a barra é isolada lateralmente, calcule:

- a) o fluxo de calor na barra;
- b) a quantidade de calor que flui através da barra em meia hora.

6) Numa área de praia, a brisa marítima é uma consequência da diferença no tempo de aquecimento do solo e da água, apesar de ambos estarem submetidos às mesmas condições de irradiação solar. No local (solo) que se aquece mais rapidamente, o ar fica mais quente e sobe, deixando uma área de baixa pressão, provocando o deslocamento do ar da superfície que está mais fria (mar).



À noite, ocorre um processo inverso ao que se verifica durante o dia.



Como a água leva mais tempo para esquentar (de dia), mas também leva mais tempo para esfriar (à noite), o fenômeno noturno (brisa terrestre) pode ser explicado da seguinte maneira:

- a) O ar que está sobre a água se aquece mais; ao subir, deixa uma área de baixa pressão, causando um deslocamento de ar do continente para o mar.
- b) O ar mais quente desce e se desloca do continente para a água, a qual não conseguiu reter calor durante o dia.
- c) O ar que está sobre o mar se esfria e dissolve-se na água; forma-se, assim, um centro de baixa pressão, que atrai o ar quente do continente.
- d) O ar que está sobre a água se esfria, criando um centro de alta pressão que atrai massas de ar continental.
- e) O ar sobre o solo, mais quente, é deslocado para o mar, equilibrando a baixa temperatura do ar que está sobre o mar.

7) Na cidade de São Paulo, as ilhas de calor são responsáveis pela alteração da direção do fluxo da brisa marítima que deveria atingir a região de mananciais. Mas, ao cruzar a ilha de calor, a brisa marítima agora encontra um fluxo de ar vertical, que transfere para ela energia térmica absorvida das superfícies quentes da cidade, deslocando-a para altas altitudes. Dessa maneira, há condensação e chuvas fortes no centro da cidade, em vez de na região de mananciais. A imagem apresenta os três subsistemas que trocam energia nesse fenômeno.



No processo de fortes chuvas no centro da cidade de São Paulo, há dois mecanismos dominantes de transferência de calor: entre o Sol e a ilha de calor, e entre a ilha de calor e a brisa marítima.

VIVEIROS. M. Ilhas de calor afastam chuvas de represas. Disponível em: www2.feis.unesp.br. Acesso em: 3 dez. 2019 (adaptado).

Esses mecanismos são, respectivamente,

- a) convecção e convecção.
- b) convecção e irradiação.
- c) irradiação e convecção.
- d) irradiação e irradiação.
- e) condução e irradiação.

8) Para a instalação de um aparelho de ar-condicionado, é sugerido que ele seja colocado na parte superior da parede do cômodo, pois a maioria dos fluidos (líquidos e gases), quando aquecidos, sofrem expansão, tendo sua densidade diminuída e sofrendo um deslocamento ascendente. Por sua vez, quando são resfriados, tornam-se mais densos e sofrem um deslocamento descendente.

A sugestão apresentada no texto minimiza o consumo de energia, porque

- a) diminui a umidade do ar dentro do cômodo.
- b) aumenta a taxa de condução térmica para fora do cômodo.
- c) diminui a taxa de emissão de calor por parte do aparelho para dentro do cômodo.

- d) facilita a circulação das correntes de ar frio e quente dentro do cômodo.
 e) torna mais fácil o escoamento da água para fora do cômodo.

Gabarito:

1) A escala termométrica utilizada nos Estados Unidos é a Fahrenheit e a escala utilizada no Brasil é a Celsius. Convertendo $23\text{ }^{\circ}\text{F}$: para a escala Celsius obteremos o resultado de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$\frac{T_c}{5} = \frac{T_F - 32}{9} \rightarrow \frac{T_c}{5} = \frac{23 - 32}{9} \rightarrow \frac{T_c}{5} = \frac{-9}{9} \rightarrow T_c = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$$

O brasileiro estranhou porque a temperatura mostrada não estava escrita na escala em que ele estava acostumado.

2) É necessário escrevermos todas as temperaturas na mesma escala a fim de compararmos elas.

$$T_K = 0\text{ K}: T_c = T_K - 273 \rightarrow T_c = 0 - 273 \rightarrow T_c = -273\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_F = 0\text{ }^{\circ}\text{F}: \frac{T_c}{5} = \frac{T_F - 32}{9} \rightarrow \frac{T_c}{5} = \frac{0 - 32}{9} \rightarrow \frac{T_c}{5} = \frac{-32}{9} \rightarrow T_c = -17,8\text{ }^{\circ}\text{C}$$

Concluimos que a maior temperatura é $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3)

$$T_K = 73\text{ K}: T_c = T_K - 273 \rightarrow T_c = 73 - 273 \rightarrow T_c = -200\text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_c = -200\text{ }^{\circ}\text{C}: \frac{T_c}{5} = \frac{T_F - 32}{9} \rightarrow \frac{-200}{5} = \frac{T_F - 32}{9} \rightarrow -40 = \frac{T_F - 32}{9} \rightarrow T_F = -328\text{ }^{\circ}\text{F}$$

4) [c] A segunda Lei da Termodinâmica afirma que o fluxo natural de calor é sempre do corpo de maior temperatura para o de menor, não podendo ocorrer o contrário, portanto, de forma espontânea. Para minimizar as trocas de calor, comumente se utiliza materiais maus condutores, que evitam as trocas de calor entre o meio e o corpo.

5)

$$\phi = K \cdot \frac{A \cdot \Delta T}{l} = 0,5 \cdot \frac{5 \cdot 100}{25} = 10\text{ cal/s}$$

$$\phi = \frac{Q}{\Delta t} \rightarrow Q = \phi \cdot \Delta t \rightarrow Q = 18000 \text{ cal}$$

6) [a]

7) [c]

8) [d]

Apêndice B – Receita de Iogurte Caseiro



Figura 7.1- Iogurte Natural. Fonte: pixabay.com.

O iogurte caseiro é uma opção saudável e saborosa para quem busca uma alternativa aos iogurtes comerciais. Ele é uma excelente fonte de cálcio, proteínas e vitaminas do Complexo B. Além disso, as bactérias probióticas presentes podem ajudar a melhorar a digestão e aumentar a imunidade.

Uma das vantagens do iogurte caseiro é que ele pode ser feito com leite integral, desnatado ou até mesmo sem lactose, dependendo das preferências pessoais. Além disso, é possível personalizar o sabor do iogurte adicionando frutas, mel ou outros ingredientes.

Fazer iogurte caseiro é uma ótima maneira de economizar dinheiro e controlar os ingredientes que estão sendo consumidos. Além disso, é uma atividade divertida e pode ser feita com crianças e jovens, ensinando-os sobre alimentação saudável e ciência.

UTENSÍLIOS

- Panela para ferver o leite;
- Tigela de cerâmica ou vidro (caso não tenha, pode utilizar a mesma panela que ferver o leite);
- Colher, concha, espátula.

INGREDIENTES

- 1 litro de leite integral;
- 1 pote de iogurte natural sem açúcar (170 g).

MODO DE PREPARO

- Retire o iogurte da geladeira e deixe em temperatura ambiente – ele não pode estar gelado na hora de misturar com o leite;
 - Pré-aqueça o forno a 240 °C (temperatura alta) por 15 minutos – após esse período, desligue o forno e deixe a porta fechada para manter o calor;
 - Enquanto o forno aquece, coloque o leite numa panela média e leve ao fogo baixo. Mexa delicadamente com uma espátula até começar a formar uma espuma na superfície.
 - Atenção: não deixe ferver! Nesta etapa é importante continuar mexendo com a espátula a fim de evitar a formação da nata;
 - Utilize um termômetro culinário para medir a temperatura; o leite deve atingir 90 °C;
 - Transfira o leite para uma tigela de cerâmica, vidro ou panela de ferro – quanto mais calor o recipiente retiver será melhor;
 - Vá acompanhando o processo de esfriamento do leite com um termômetro culinário. A temperatura ideal é 45 °C.
 - Atenção: Este é o ponto chave da receita, se o leite estiver muito quente irá matar os micro-organismos responsáveis pela formação do iogurte, se estiver muito frio, não irá estimular o crescimento e a atividades desses micro-organismos.
 - Numa tigela pequena coloque o iogurte e misture bem com uma concha do leite morno até dissolver. Acrescente a mistura ao restante do leite e mexa;
 - Tampe a tigela com uma tampa, caso a tigela não possua tampa, você pode utilizar plástico filme;
 - Embrulhe a tigela com um pano (pode ser uma toalha, forro de mesa, cobertor ou qualquer outro pano; a ideia aqui é manter essa tigela aquecida pelo maior tempo possível);
 - Coloque a tigela embrulhada dentro do forno aquecido (desligado) e deixe de 8 a 12 horas dependendo da temperatura ambiente;
 - Depois de pronto, leve a tigela com o iogurte para firmar na geladeira por pelo menos 2 horas antes de servir;
 - Consuma puro, com mel, frutas ou algo de sua preferência. Armazenado num pote com tampa, o iogurte dura até uma semana na geladeira.
-

Apêndice C – Avaliação Final da Sequência Didática

1. Como foi a experiência de fazer iogurte natural caseiro durante a aula de Física sobre temperatura e calor? Descreva o processo que vocês seguiram, os resultados obtidos e o que vocês aprenderam com essa experiência; destaque aquilo que foi mais interessante para você.

2. Imagine que você está participando de uma aula de física sobre transferência de calor e vocês estão discutindo os diferentes mecanismos de resfriamento do corpo humano. Durante a aula, um colega faz a pergunta: "Assim que você sai do chuveiro, você sente frio. Quando você se enxuga, contudo, deixa de sentir frio, embora a temperatura externa não sofra nenhuma variação. Por quê?". Você que é um estudante perspicaz, pense e explique o motivo pelo qual esse fenômeno acontece.

3. Uma das quitandas mais consumidas no Brasil são os bolos. Existem várias receitas, sabores, formatos, coberturas, recheios, mas o que todas essas receitas têm em comum é a temperatura de preparo. Geralmente é recomendado que o forno seja pré-aquecido a 180 °C por 10 minutos a fim de garantir o correto processo de cozimento da massa. Quando o bolo fica pronto devemos aguardar um certo tempo com a porta do forno fechada de modo a evitar que o bolo murche. Utilizando os conceitos de temperatura e calor, explique o que acontece quando abrimos a tampa do forno antes da hora correta.

4. Uma prática muito comum dos brasileiros quando vão à praia é a utilização das caixas térmicas. Uma caixa térmica é composta basicamente por uma camada grossa de isopor e é utilizada a fim de manter as bebidas frias e evitar que elas sejam aquecidas pelo sol. Erick é um estudante e se lembrou de suas aulas de termologia, mas ainda está um pouco em dúvida sobre como poder aumentar a eficiência da caixa térmica. O que é necessário para aumentar a eficiência térmica da caixa? Pense nos fatores que podem influenciar essa situação e ajude Erick a manter sua bebida gelada por mais tempo.

5. Carlos é um brasileiro que está fazendo uma viagem turística aos Estados Unidos. Durante a viagem Carlos necessitou levar seu filho ao médico para investigar uma febre repentina, mas antes de levá-lo passou na farmácia e pediu para que sua temperatura fosse aferida. O farmacêutico disse a ele que a temperatura de seu filho era de 100 °F. Carlos

sabe que uma temperatura acima de $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ já pode ser considerada febre, mas não soube interpretar a resposta do farmacêutico porque está acostumado a escala térmica Celsius utilizada aqui no Brasil. O celular de Carlos havia descarregado e não poderia consultar seu aplicativo de conversão de medidas, porém ele se lembrou das aulas de Física e da relação matemática entre as escalas. Aplicando a equação que relaciona a escala Celsius e Fahrenheit, qual o valor de temperatura Carlos encontrou? Seu filho estava com febre?