

UNIVERSIDADE DO SUDOESTE DA BAHIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA INTERDISCIPLINAR
INSTRUMENTALIZADA POR UM FOGAREIRO SOLAR DE BAIXO CUSTO**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

DEAN CARLOS RIBEIRO PORTO

VITÓRIA DA CONQUISTA - BA
JANEIRO - 2026

UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA INTERDISCIPLINAR INSTRUMENTALIZADA POR UM FOGAREIRO SOLAR DE BAIXO CUSTO

DEAN CARLOS RIBEIRO PORTO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia no Curso de Mestrado profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Sérgio Luiz Carmelo Barroso

Coorientador:

Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro

Vitória da Conquista – Bahia
2026

P881s

Porto, Dean Carlos Ribeiro.

Uma sequência didática para o ensino de física interdisciplinar instrumentalizada por um fogareiro solar de baixo custo / Dean Carlos Ribeiro Porto, 2026.

211 f. ; il. color.

Orientador (a): Dr. Sérgio Luiz Carmelo Barroso.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF, Vitória da Conquista, 2026.

Inclui referências F. 118 – 121

Contem produto educacional.

1. Ensino de física. 2. Três Momentos Pedagógicos. 3. Mudanças climáticas.

I. Barroso, Sérgio Luiz Carmelo. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física. III. T.

CDD 530.07

Catálogo na fonte: ***Karolyne Alcântara Profeta – CRB 5/2134***

UESB – Campus Vitória da Conquista - BA

Dedico este trabalho a minha esposa, a todos os membros da minha família, a família da minha esposa, meus colegas de mestrado, professores, alunos e demais pessoas que torceram para que esta conquista se tornasse realidade. A Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) e toda equipe envolvida por nos proporcionar um ambiente confortável e adequado para nosso aprendizado. E à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo incentivo à pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Meu sincero e profundo agradecimento à minha esposa, Beatriz de Souza Duarte, por ser minha companheira leal, por ter me incentivado a todo o momento, me apoiado quando as dificuldades se tornavam demasiadamente grandes, entregando o seu amor e apoio incondicionais.

Meus sinceros agradecimentos à minha família: meu pai Antonio, minha mãe Áurea, meu irmão Siluander, minhas irmãs Ilka e Ana Maria, todos meus sobrinhos (as) e demais familiares, por me incentivarem a buscar o conhecimento e apoiar durante o percurso.

Agradeço a família da minha esposa, minha sogra Hosana e meu sogro João, além dos seus irmãos Anderson e Carol.

A meus colegas de mestrado, especialmente à Ernandes e Ricardo, que foram meus companheiros de viagem, além do sogro e da sogra de Ernandes, Sr. Galego e Sr. Angela, que me receberam por tantas vezes em sua residência no período de viagens a Vitória da Conquista.

Agradeço aos meus professores (as) da UESB, campus de Vitória da Conquista, por ter me ensinado tanto o quanto puderam, especialmente ao meu orientador Prof. Dr. Sérgio Luiz Carmelo Barroso e coorientador Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro.

Agradeço aos meus alunos (as) do 2º ano integral do Colégio Estadual de Tempo Integral Jorge Amado de Guajeru-BA, por aceitarem o convite e participarem da aplicação do produto deste trabalho e a toda equipe do Colégio.

Este trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES). Agradeço à Sociedade Brasileira de Física (SBF), pela criação do programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), fundamental para minha formação.

A vida sem ciência é uma espécie de morte.

Sócrates

RESUMO

Novos métodos e abordagens são de grande importância para o ensino de Física. A Física é uma área do conhecimento que possui vasta aplicação na sociedade; assim, abordagens de caráter interdisciplinar podem motivar os estudantes nas aulas dessa disciplina. Os estudantes já não são os mesmos de outrora: as inúmeras distrações presentes em um mundo cada vez mais problemático, especialmente diante das ameaças das mudanças climáticas, justificam a necessidade de novas abordagens pedagógicas. Dessa forma, este trabalho apresenta uma proposta de ensino por meio de uma sequência didática construída a partir dos pressupostos dos Três Momentos Pedagógicos, na qual conceitos da Física, como Óptica e Calorimetria, dialogam com temas transversais, como solarimetria e questões climáticas, abrangendo efeito estufa, aquecimento global e mudanças climáticas. As discussões desses conceitos ocorreram a partir de problematizações, situações-problema, aulas expositivas, listas de exercícios e atividades experimentais. Este trabalho foi realizado com uma turma de 17 estudantes do 2º ano do Ensino Médio Integral do Colégio Estadual de Tempo Integral Jorge Amado, em Guajeru. A partir da análise dos dados coletados durante a aplicação da sequência didática, constatou-se que os estudantes apresentam maior aprendizagem quando submetidos a abordagens problematizadoras e a atividades experimentais. Assim, essa proposta pode contribuir para a formação crítica dos estudantes acerca da Física e das mudanças climáticas.

Palavras-chave: Três Momentos Pedagógicos, Ensino de Física, Mudanças Climáticas.

ABSTRACT

A didactic sequence for teaching interdisciplinary physics using a low-cost solar cooker.

Dean Carlos Ribeiro Porto

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Luiz Carmelo Barroso

Coorientador: Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro.

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação UESB no Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física.

New methods and approaches are of great importance for teaching Physics. Physics is an area of knowledge with vast applications in society; thus, interdisciplinary approaches can motivate students in physics classes. Students are no longer the same as before: the numerous distractions present in an increasingly problematic world, especially in the face of the threats of climate change, justify the need for new pedagogical approaches. Therefore, this work presents a teaching proposal through a didactic sequence built upon the assumptions of the Three Pedagogical Moments, in which concepts of Physics, such as Optics and Calorimetry, interact with cross-cutting themes, such as solarimetry and climate issues, encompassing the greenhouse effect, global warming, and climate change. The discussions of these concepts took place through problematizations, problem situations, lectures, exercise lists and experimental activities. This work was carried out with a class of 17 students in the 2nd year of the full-time high school program at the Jorge Amado State Full-Time School in Guajeru. Based on the analysis of the data collected during the application of the teaching sequence, it was found that students demonstrate greater learning when subjected to problem-solving approaches and experimental activities. Thus, this proposal can contribute to the critical formation of students regarding Physics and climate change.

Keywords: Three Pedagogical Moments, Physics Teaching, Climate Change.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Gráfico de aumento da temperatura global	22
Figura 2 — Gráfico Matriz Energética Mundial 2022	25
Figura 3 — Gráfico da Matriz Energética Brasileira 2023	26
Figura 4 — Gráfico comparativo entre Brasil e o Mundo.....	27
Figura 5 — Gráfico da Matriz Elétrica Mundial 2022	28
Figura 6 — Gráfico da Matriz Elétrica Brasileira 2023	29
Figura 7 — Gráfico comparativo entre o Brasil e o Mundo.....	29
Figura 8 — Representação didática do movimento de translação e rotação da terra	31
Figura 9 — Inclinação do eixo terrestre	32
Figura 10 — Estações do ano	33
Figura 11 — Movimento aparente do sol ao longo do ano	34
Figura 12 — Representação didática da interação da radiação solar com a atmosfera terrestre	35
Figura 13 — Taxa de irradiância em diferentes situações climáticas	36
Figura 14 — Mapa da Insolação média diária no Brasil	37
Figura 15 — Mapa da radiação solar na superfície terrestre no Brasil	38
Figura 16 — Representação didática de como funciona a agitação das moléculas	41
Figura 17 — Corpos 1.A e 2.B.....	43
Figura 18 — Corpos 1.A e 2.B realizando troca de calor	44
Figura 19 — Propagação de calor por condução.....	45
Figura 20 — Propagação de calor por convecção	46
Figura 21 — Espectro eletromagnético	47
Figura 22 — Variação de temperatura em três corpos a partir Q recebido por cada corpo	48
Figura 23 — Corpos de massas diferentes	49
Figura 24 — Calorímetro ideal.....	51
Figura 25 — Propagação da onda eletromagnética	54
Figura 26 — Meio de propagação da luz transparente.....	55
Figura 27 — Meio de propagação da luz translúcido.....	56
Figura 28 — Meio de propagação da luz opaco.....	56
Figura 29 — Refração da luz.....	59
Figura 30 — Exemplo real da refração da luz.....	59
Figura 31 — Refração da luz e análise da refração.....	60
Figura 32 — Refração com ângulo nulo	61
Figura 33 — Reflexão	62
Figura 34 — Lentes de borda fina	63
Figura 35 — Lentes de borda grossa	63
Figura 36 — Comparação entre uma lente fresnel e uma lente convencional	64
Figura 37 — Lente biconvexa convergente.....	65
Figura 38 — Lente bicôncava convergente	65
Figura 39 — Rota de Guajeru para Vitória da Conquista	68
Figura 40 — Rota da cidade de Guajeru para capital do estado Salvador	68
Figura 41 — Localização da cidade de Guajeru no Mapa da Bahia	69
Figura 42 — Calorímetro	73
Figura 43 — Termômetro culinário.....	74
Figura 44 — Lente Fresnel.....	74
Figura 45 — Bloqueador de luz solar de confecção caseira	74
Figura 46 — Copo com óleo a esquerda e copo com água a direita	75

Figura 47 — 1º Situação-problema – Prédio derrete Jaguar na Inglaterra	80
Figura 48— Resposta de grupo para 1º situação-problema	80
Figura 49— Resposta de grupo para 1º situação-problema	81
Figura 50— Resposta de grupo para 1º situação-problema	81
Figura 51— Resposta de grupo para 1º situação-problema	82
Figura 52— Resposta de grupo para 1º situação-problema	82
Figura 53— 2º Situação-problema	83
Figura 54— Resposta de grupo para 2º situação-problema	83
Figura 55— Resposta de grupo para 2º situação-problema	84
Figura 56— Resposta de grupo para 2º situação-problema	84
Figura 57— Resposta de grupo para 2º situação-problema	85
Figura 58— Resposta de grupo para 2º situação-problema	85
Figura 59— 3º situação-problema	86
Figura 60— Resposta de grupo para 3º situação-problema	86
Figura 61— Resposta de grupo para 3º situação-problema	87
Figura 62— Resposta de grupo para 3º situação-problema	87
Figura 63— Resposta de grupo para 3º situação-problema	87
Figura 64— Resposta de grupo para 3º situação-problema	88
Figura 65— Estudantes respondendo as situações-problema	88
Figura 66— Resposta do grupo para atividade experimental.....	90
Figura 67— Resposta do grupo para atividade experimental.....	91
Figura 68— Resposta do grupo para atividade experimental.....	92
Figura 69— Execução da atividade experimental	93
Figura 70— Execução da atividade experimental	94
Figura 71— Execução da atividade experimental	94
Figura 72— Estudantes respondendo o questionário	96
Figura 73— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final	97
Figura 74— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final	97
Figura 75— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final	98
Figura 76— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final	99
Figura 77— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final	100
Figura 78— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final	101
Figura 79— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final	102
Figura 80— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final	102
Figura 81— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final	103
Figura 82— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final	104
Figura 83— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final	105
Figura 84— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final	106
Figura 85— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final	107
Figura 86— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final	108
Figura 87— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final	109
Figura 88— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final	110
Figura 89— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final	110
Figura 90— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final	111
Figura 91— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final	112
Figura 92— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final	113
Figura B- 1—1º Situação-problema	130
Figura B- 2—1º Situação-problema	132
Figura B- 3—2º Situação-problema	133
Figura B- 4—3º Situação-problema	135

Figura E - 1— Gráfico de aumento da temperatura global	153
Figura E - 2— Gráfico Matriz Energética Mundial 2022	156
Figura E - 3— Gráfico da Matriz Energética Brasileira 2023	157
Figura E - 4— Gráfico comparativo entre Brasil e o Mundo	158
Figura E - 5— Gráfico da Matriz Elétrica Mundial 2022	159
Figura E - 6— Gráfico da Matriz Elétrica Brasileira 2023	160
Figura E - 7— Gráfico comparativo entre o Brasil e o Mundo	160
Figura E - 8— Representação didática do movimento de translação e rotação da terra	162
Figura E - 9— Inclinação do eixo terrestre	163
Figura E - 10— Estações do ano	164
Figura E - 11— Movimento aparente do sol ao longo do ano	165
Figura E - 12— Representação didática da interação da radiação solar com a atmosfera terrestre	166
Figura E - 13— Taxa de irradiância em diferentes situações climáticas	167
Figura E - 14— Mapa da Insolação média diária no Brasil	168
Figura E - 15— Mapa da radiação solar na superfície terrestre no Brasil	169
Figura E - 16— Representação didática de como funciona a agitação das moléculas	172
Figura E - 17— Corpos 1.A e 2.B	174
Figura E - 18— Corpos 1.A e 2.B realizando troca de calor	175
Figura E - 19— Propagação de calor por condução	175
Figura E - 20— Propagação de calor por convecção	177
Figura E - 21— Espectro eletromagnético	178
Figura E - 22— Variação de temperatura em três corpos a partir Q recebido por cada corpo	179
Figura E - 23— Corpos de massas diferentes	180
Figura E - 24— Calorímetro ideal	182
Figura E - 25— Propagação da onda eletromagnética	185
Figura E - 26— Meio de propagação da luz transparente	186
Figura E - 27— Meio de propagação da luz translúcido	187
Figura E - 28— Meio de propagação da luz opaco	187
Figura E - 29— Refração da luz	190
Figura E - 30— Exemplo real da refração da luz	190
Figura E - 31— Refração da luz e análise da refrigência	191
Figura E - 32— Refração com ângulo nulo	192
Figura E - 33— Reflexão	193
Figura E - 34— Lentes de borda fina	194
Figura E - 35— Lentes de borda grossa	194
Figura E - 36— Comparação entre uma lente fresnel e uma lente convencional	195
Figura E - 37— Lente biconvexa convergente	196
Figura E - 38— Lente bicôncava convergente	196
Figura E - 39— Calorímetro	201
Figura E - 40— Termômetro culinário	201
Figura E - 41— Lente Fresnel	202
Figura E - 42— Bloqueador de luz solar de confecção caseira	202
Figura E - 43— Copo com óleo a esquerda e copo com água a direita	203

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 — Índices de refração de alguns meios materiais	58
Tabela 2 — Cronograma de aplicação do sequência didática	70
Tabela 3 — Detalhamento da aplicação do experimento de baixo custo.....	75
Tabela E - 1— Índices de refração de alguns meios materiais.....	189
Tabela E - 2— Cronograma de aplicação do sequência didática	198
Tabela E - 3— Detalhamento da aplicação da atividade experimental de baixo custo.....	203

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Os Três Momentos Pedagógicos	16
1.2 Problematização inicial	17
1.3 Organização do conhecimento	18
1.4 Aplicação do conhecimento	18
2 A CRISE CLIMÁTICA	20
2.1 O efeito estufa e o aquecimento global	21
2.2 As fontes de energia e as matrizes energéticas.....	23
2.3 Energia solar e solarimetria	32
3 CALORIMETRIA.....	39
3.1 Aplicação da calorimetria nesse contexto	41
4 ÓPTICA.....	52
4.1 Óptica e algumas aplicações.....	53
5 METODOLOGIA	66
5.1 Percurso metodológico	66
6 ASPECTOS ÉTICOS.....	78
7 RESULTADOS.....	78
7.1 Situações-problema	78
7.1.1 1ª Situação-problema	79
7.1.2 2ª Situação-problema	82
7.1.3 3ª Situação-problema	85
7.2 O experimento	88
7.3 O questionário	94
7.4 Comparação entre o questionário inicial e o questionário final.....	95
7.5 Discussão geral sobre a aplicação dos questionários	113
8 CONCLUSÕES.....	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117
APÊNDICES	122
APÊNDICE A	123
APÊNDICE B	130
APÊNDICE C	135

1. INTRODUÇÃO

Esta dissertação apresenta uma proposta interdisciplinar de Ensino da Física para o Ensino Médio, a proposta está associada à crise climática, no âmbito da promoção de novas competências capazes de proporcionar reflexões sobre como o estudo da física pode ser importante na resolução de problemas climáticos, assim como no desenvolvimento de atitudes capazes de promover avanços nesse caminho. A Educação no mundo contemporâneo enfrenta vários desafios, sejam eles metodológicos, disciplinares e até mesmo motivacionais. Os estudantes encontram-se cada vez mais dispersos e desinteressados, especialmente nas disciplinas em que os conceitos pareçam ser demasiadamente abstratos, como é o caso da física.

Este é provavelmente o maior desafio do ensino da Física: o interesse. Como despertar nos alunos o interesse pela Física? É lugar comum que os alunos não gostem da Física, chegando ao ponto de dizerem que “detestam” a Física e, até mesmo, que “odeiam” a Física. (MOREIRA, 2021, p. 5).

Dessa forma, torna-se necessário o uso de novos métodos didáticos que possam engajar, estimular e promover uma aprendizagem significativa, dando a oportunidade do estudante ser protagonista da construção do próprio conhecimento. Segundo Moreira (2021),

Mas porque ocupar-se de desafios para o ensino da física? Porque esse ensino é muito problemático. Porque os alunos não aprendem física significativamente. Memorizam mecanicamente fórmulas, definições, respostas certas, para serem reproduzidas nas provas e esquecidas logo depois.

Neste sentido, o desenvolvimento de novos métodos de ensino que sejam capazes de contemplar discussões sobre novas tecnologias e formas de consumo vêm crescendo em nossa sociedade. A crise climática ocasionada pela exploração inconsequente dos recursos naturais, se manifesta na intensificação do aquecimento global, além de outros reflexos, cada vez mais evidentes em nosso dia a dia. Diante dos desafios impostos pela crise climática, esta proposta de sequência didática tem o objetivo desenvolver uma abordagem de Ensino de Física que seja capaz de conectar os conhecimentos da física com a emergência climática, além disso, propor reflexões ao estudante sobre atitudes mais conscientes quanto a sustentabilidade na perspectiva do desenvolvimento de energias renováveis e sustentáveis, contribuindo assim, com o desenvolvimento de habilidades que possam ser capazes de auxiliar no combate das mudanças climáticas.

A inserção de problematizações sobre o desenvolvimento e valorização de energias sustentáveis no ensino de física, pode contribuir com a sociedade para o combate ao aquecimento global. Segundo a Organização Internacional do Trabalho (OIT), o apoio à educação e à

conscientização sobre o clima devem fazer parte da ação contra a mudança climática. Além disso, por ser um tema emergente, também pode contribuir com um maior engajamento dos estudantes, já que os problemas relacionados ao aquecimento global já podem ser sentidos em todo o globo. Dessa forma, por vivenciarem as consequências das mudanças climáticas, o estudo de suas causas passa a ser enriquecidas de sentido.

A educação libertadora é incompatível com uma pedagogia que, de maneira consciente ou mistificada, tem sido prática de dominação. A prática da liberdade só encontrará adequada expressão numa pedagogia em que o oprimido tenha condições de, reflexivamente, descobrir-se e conquistar-se como sujeito de sua própria destinação histórica. (FIORI, 1987, p. 5).

Assim, o problema de pesquisa deste trabalho busca, de maneira interdisciplinar, refletir sobre como os problemas que envolvem a crise climática, as energias renováveis e os conteúdos da física, podem, através do estudo e da problematização, beneficiar o desenvolvimento social, econômico e ambiental. Além disso, a atividade experimental com recursos de baixo custo, tem potencial de unir conceitos da calorimetria, ótica e radiação solar, associando-os em uma só abordagem, na perspectiva da aprendizagem significativa.

A aprendizagem mecânica, criticada em itens anteriores deste texto é aquela em que há, na estrutura cognitiva, um armazenamento de conhecimentos de forma literal, arbitrária, sem significados, que não requer compreensão e resulta em aplicação mecânica a situações conhecidas. Contrariamente, na aprendizagem significativa há uma incorporação de conhecimentos à estrutura cognitiva de forma substantiva, não arbitrária, com significado, com compreensão, com capacidades de explicação, descrição e transferência desses conhecimentos, inclusive a situações novas. (MOREIRA, 2021, p. 3).

A abordagem interdisciplinar neste trabalho, associa estas diferentes áreas do conhecimento por entender que nenhum conhecimento é totalmente deslocado de outro, pelo contrário, de alguma maneira, os diversos conhecimentos, sejam de áreas diferentes ou uma mesma área, interagem entre si, dando forma ao mundo que podemos compreender e sentir.

Japiassu (1976, p. 8) caracteriza a interdisciplinaridade como uma possibilidade de reunificar os saberes fragmentados em favor de uma interpretação global do mundo e aponta a interdisciplinaridade como recurso válido para superação da mencionada divisão cartesiana e como opção para superar a crise da superespecialização. (SESTARI, 2021).

A interdisciplinaridade não se apresenta somente como uma forma de organizar os diversos tipos de conhecimento, mas também uma necessidade metodológica levantada pelos diferentes órgãos e diretrizes educacionais.

A interdisciplinaridade apresenta-se como um dos temas bastante evidenciados no contexto educacional, tanto em documentos curriculares oficiais, como as Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica DCNEB (BRASIL, 2013) e os Parâmetros

Curriculares Nacionais PCN (BRASIL, 1998), bem como nas pesquisas acadêmicas e em discussões voltadas ao currículo e ao planejamento na área de Ensino, nos diversos níveis de ensino e modalidades da educação básica. Entretanto, conforme destaca Fazenda (2011b, p. 11) apesar das reformas na educação brasileira apontarem a necessidade de uma proposição interdisciplinar, desde a década de 70, mesmo nas décadas subsequentes ainda apresenta compreensões equivocadas. A partir da década de 2000 passa a ser apontada, nesses documentos curriculares nacionais, não somente como uma possibilidade metodológica, mas como pressuposto norteador de toda a organização do currículo e pedagógico do processo de ensino e aprendizagem. (SESTARI, 2021).

Neste sentido, é importante que ao fim da aplicação desta sequência, o estudante possa conectar as diferentes áreas do conhecimento, de modo que, consiga extrapolá-las para diferentes contextos da vida cotidiana.

1.1. Os Três Momentos Pedagógicos

Esta proposta interdisciplinar utiliza a abordagem dos pressupostos dos Três Momentos Pedagógicos (3MP's), estruturada e difundida por Demétrio Delizoicov, José André Angotti e Maria Pernambuco em meados da década de 1980. Além dos pressupostos teóricos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco, as concepções de Educação de Paulo Freire puderam contribuir com o desenvolvimento dos 3MP's e de alguma maneira, a abordagem de Delizoicov. Angotti e Pernambuco dialoga com os pressupostos de Paulo Freire.

A dinâmica denominada de Três Momentos Pedagógicos foi proposta por Delizoicov e Angotti (1990) e também investigada por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), durante o processo de formação de professores na região de Guiné-Bissau, originada da transposição da concepção de Paulo Freire (1987) para um contexto de educação formal, que enfatiza uma educação dialógica, na qual o professor deve mediar uma conexão entre o que aluno estuda cientificamente em sala de aula, com a realidade de seu cotidiano. (BONFIM et al., 2018).

Devido ao seu caráter problematizador, esta abordagem tem o potencial de adequar-se melhor na perspectiva interdisciplinar, sendo assim dividida em passos bem estabelecidos e que conversam entre si. Além disso, esta abordagem pode proporcionar uma melhor interação do estudante com o professor, mas também do estudante com o objeto de conhecimento proposto. Foram Delizoicov, Angotti e Pernambuco que criaram e sistematizaram os Três Momentos Pedagógicos: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. Dessa forma, os 3MP's com seu caráter problematizador possibilitam que o estudante aprenda conceitos que fazem parte do seu cotidiano, promovendo a aprendizagem significativa. Segundo a abordagem 3MP's, os conteúdos programáticos são desenvolvidos a partir dos temas que emergem da realidade dos alunos (BONFIM et al., 2018). Assim, a construção dos 3MP's tem que ocorrer de maneira dialogada, através disso o professor realizará

um recorte daqueles conteúdos que melhor contemplem as necessidades dos estudantes, em um momento ou situação específica. Como salienta Paulo Freire (Freire, 2018, p.16):

Para o educador-educando, dialógico, problematizador, o conteúdo programático da educação não é uma doação ou imposição (...), mas a devolução organizada, sistematizada e acrescentada ao povo daqueles elementos que este lhe entregou de forma de desestruturada. A educação autêntica, repitamos, não se faz de A para B, ou de A sobre B, mas de A com B, mediatizados pelo mundo.

O desenvolvimento dos 3MP's deu-se com o objetivo central de construir materiais didáticos para serem aplicados no ensino do 2º grau. Segundo Muenchen e Delizoicov (2014), a Coordenadoria para Articulação com Estados e Municípios da Secretaria do Ensino de 2º Grau do MEC, com apoio administrativo da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, propôs e desenvolveu o “Projeto diretrizes gerais para o ensino de 2º grau: núcleo comum e habilitação magistério”. A partir desses subsídios, originaram-se os livros da denominada Coleção Magistério – 2º grau, publicados a partir da década de 1980. Segundo Muenchen e Delizoicov (2014), em uma destas publicações surge como uma dinâmica didático-pedagógica os Três Momentos Pedagógicos.

Os subsídios referidos originaram os livros da denominada Coleção Magistério – 2º grau, que foram publicados a partir do final dos anos 1980. Publicado, em primeira edição em 1990, o livro Física (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990a) constituiu a série Formação Geral, que subsidiava o ensino das disciplinas do Núcleo Comum; e o livro “Metodologia do Ensino de Ciências” (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990b), a série Formação do Professor, que subsidiava o ensino das disciplinas da Habilitação Magistério. Ambos os livros propunham e usaram a dinâmica didático-pedagógica, que ficou conhecida como os “Três Momentos Pedagógicos” (3MP), em sintonia com a perspectiva, do que, posteriormente, denominou-se, abordagem temática (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002).

Ao longo do tempo, esta proposta dos 3MP's foi passando por melhorias e ajustes de forma progressiva e continua em constante evolução até os dias atuais. Devido ao seu potencial de aplicação, os 3MP's são de grande relevância e aplicabilidade para as pesquisas e publicações atuais. Neste sentido, o seu aprimoramento e utilização é de fundamental importância para o desenvolvimento do ensino de física. A organização dos 3MP's se dá através de princípios fundamentais: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. Apresentamos a seguir a explicação de cada um desses princípios.

1.2. Problematização inicial

Os autores propõem que na problematização inicial ocorra a apresentação das questões e/ou situações para discussão com os alunos, buscando fazer a relação do conteúdo que será

estudado com as práticas e vivências cotidianas destes e é através destas discussões que os alunos poderão problematizar e compreender aquilo que observam. Ou seja, é na problematização que se deseja aguçar explicações contraditórias e localizar as possíveis limitações do conhecimento que vem sendo exposto, quando este é cotejado com o conhecimento científico que já foi selecionado para ser abordado. (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2002, p. 201).

Dessa forma, é neste momento que os estudantes começarão a compreender o tema e problematizá-lo com base em pressupostos científicos. Com o auxílio do professor, o estudante irá questionar situações relacionadas ao tema que naturalmente não questionaria.

1.3. Organização do conhecimento

Os autores propõem que é na organização do conhecimento que os estudantes começarão a entender mais aprofundadamente o conteúdo em si, como definições, conceitos, relações, leis, aplicações entre outros aspectos, sendo cada passo realizado sob a orientação do professor. De acordo com Albuquerque, Santos e Ferreira (2015, p. 467),

Esse é o momento em que os conhecimentos científicos passam a ser incorporados nas discussões. Os alunos começam a desenvolver uma compreensão a respeito da problematização ou situação inicial. Entretanto, para que isso ocorra, materiais devem ser consultados e atividades devem ser sugeridas para complementar as discussões, no sentido de incentivar e melhorar a sistematização dos conhecimentos.

Para a realização desta etapa o professor deve dispor de materiais complementares para enriquecer as discussões e problematizar com outras situações, para melhorar a sistematização do conhecimento.

Nessa perspectiva, Delizoicov e Angotti (1990) vêm ressaltar a importância de diversificadas atividades, com as quais se poderá trabalhar para organizar a aprendizagem. Sugerem exposições, pelo professor, de definições e propriedades, além de formulações de questões (exercícios de fixação como dos livros didáticos), textos e experiências. Neste sentido, atualmente poderíamos acrescentar as mídias tecnológicas, como televisão, vídeos, filmes, programas tecnológicos, aplicativos de celulares, simulações, entre outros, de modo a auxiliar no processo da sistematização do conhecimento. (BONFIM et al., 2018, p 189).

1.4. Aplicação do conhecimento

Na proposta dos 3MP's, a aplicação do conhecimento é uma etapa fundamental pois o estudante irá conectar o que foi problematizado e aprendido nas duas etapas anteriores, com diversas situações que o estudante pode experimentar no seu dia a dia.

Essa última etapa aborda sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento. (Delizoicov e Angotti, 1990, p. 31).

Dessa forma, neste momento o professor tem a oportunidade de continuar com sua problematização fazendo diversas conexões dos conhecimentos científicos com outras experiências que não foram mencionadas no decorrer da aplicação dos 3MP's. Segundo Albuquerque, Santos e Ferreira (2015, p. 467), este é um bom momento para o professor formalizar alguns conceitos que não foram aprofundados pelos alunos. Além disso, o professor e os estudantes têm a oportunidade de aprofundar o diálogo problematizador em torno dos conceitos, contextualizando situações e ampliando a visão de mundo do estudante.

Assim, é importante que os estudantes reflitam sobre os conhecimentos, sistematizando-os e tendo domínio não apenas dos conceitos físicos, mas também suas possíveis aplicações práticas. Além disso, foi necessário verificar a aprendizagem dos estudantes com a aplicação da sequência didática para analisar seu potencial didático, assim, foram utilizados alguns instrumentos, como por exemplo: questionários, listas de exercícios e exposições orais, além disso, estes apresentam um potencial de diagnóstico preciso para obtenção de dados relevantes para a concretização deste trabalho.

Para a realização do experimento de baixo custo foram utilizadas uma lente Fresnel, um corpo de prova de cobre, um calorímetro e um termômetro, além de água e óleo de cozinha. No âmbito da aprendizagem significativa, neste experimento os estudantes puderam observar como os conhecimentos discutidos nesta pesquisa acontecem na prática, e como é possível aplicá-los em situações reais no dia a dia.

Para alcançar os objetivos, esta pesquisa necessitou de 16 aulas de 50 minutos cada, além disso, estas aulas e seus recursos metodológicos, como materiais didáticos, apresentações, materiais experimentais, foram organizados previamente.

Ao fim deste trabalho, esperou-se que os estudantes fossem capazes de compreender os conceitos físicos, as discussões sobre as mudanças climáticas e o importante papel que os conhecimentos da física podem ter para contribuir no desenvolvimento das energias renováveis e limpas, para um desenvolvimento mais sustentável de nossa sociedade.

2. A CRISE CLIMÁTICA

As mudanças climáticas pela qual o Planeta Terra vem passando devido ao uso inconsequente dos recursos naturais pela humanidade, trazem uma série de desafios para a sociedade. Segundo Paulo Artoxo (2024), a ciência não tem dúvidas sobre o fato de que as mudanças climáticas estão gerando impactos significativos para o Brasil e para o planeta como um todo. O efeito estufa que em equilíbrio é benéfico para a manutenção da vida na terra, tem se intensificado devido a queima de combustíveis fósseis para obtenção de energia, além de outras causas, como as queimadas, o desmatamento, entre outras atividades danosas ao meio ambiente, afetando diretamente clima do planeta. De acordo com uma reportagem da BBC News Brasil, “quando os combustíveis fósseis são queimados, liberam gases com efeito estufa, principalmente dióxido de carbono (CO_2). Isso retém energia extra na atmosfera perto da superfície da Terra, fazendo com que o planeta aqueça”. As consequências das mudanças climáticas já podem ser sentidas em todo planeta, sendo estas mudanças imprevisíveis, podendo ter mais intensidade em algumas regiões do que em outras. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) “Inundações e secas cada vez mais intensas são um "sinal de socorro" do que está por vir, à medida que as mudanças climáticas tornam o ciclo da água do planeta cada vez mais imprevisível”.

Com tantos e tamanhos desafios a serem enfrentados pela humanidade no que concerne as mudanças climáticas, é cada vez mais evidente que grandes medidas devem ser tomadas no sentido de reduzir os efeitos das mudanças climáticas e proteger o meio ambiente, a sociedade e biodiversidade.

Com o rápido aumento da temperatura média do ar e dos oceanos, os ecossistemas estão sofrendo mudanças e muitas espécies não poderão se adaptar a essas alterações. Destaca-se que, com o aumento da temperatura do ar, também ocorrerão variações na umidade relativa do ar e na precipitação pluviométrica, inclusive com a maior frequência de eventos climáticos extremos, como grandes chuvas e secas prolongadas (IPCC, 2022).

Superar e abandonar gradativamente o uso dos danosos combustíveis fósseis e outras fontes de energia não sustentáveis deve ser um caminho a ser trilhado pelas autoridades competentes e pela sociedade, na busca de equilíbrio ambiental saudável para todos os seres vivos na terra.

O Brasil é o sétimo maior emissor de gases de efeito estufa (GEE) do planeta e o quarto em emissões per capita. Historicamente, desde a revolução industrial, o Brasil é o sexto maior emissor global de GEE, o que faz de nosso país um dos maiores responsáveis pela crise climática. O Brasil tem vantagens estratégicas enormes, como a possibilidade de reduzir fortemente as emissões de gases de efeito estufa, com ganhos importantes para a sociedade. Temos um potencial de geração de energia solar e eólica que nenhum outro país possui. (ARTAXO, 2022).

Neste sentido, é fundamental que a sociedade e os governos financiem e apoiem o desenvolvimento e a exploração de fontes de energias sustentáveis, como a energia solar, a energia eólica, entre outras fontes.

Assim, quando o consumo humano se baseia em recursos provenientes de meios e práticas sustentáveis, contribuímos com a redução da pegada ecológica, que é consumo de recursos naturais feito por uma pessoa. Segundo Guedes (2011), o consumo de recursos naturais de uma pessoa pode ser convertido em área, a chamada pegada ecológica (*Ecological Footprint*, em inglês), termo criado na década de 1990 pelos pesquisadores Mathis Wackernagel e William Rees (1996).

Esta ferramenta é um cálculo da quantidade de área de terra e água (por exemplo, floresta, solos agrícolas, rios, etc.) que uma população humana requer para produzir os recursos que usa e para assimilar os seus resíduos, utilizando a tecnologia disponível (AMEND *et al.*, 2010).

Dessa forma, mais políticas públicas e políticas educacionais que estimulem as práticas sustentáveis são fundamentais para o enfrentamento da crise climática.

Aumentar a resiliência socioambiental é muito importante. Para além do potencial impacto nos ecossistemas, com boa vontade e colaboração governamental, as mudanças climáticas podem ser vistas como uma oportunidade para transformações socioeconômicas significativas e para agilizar o desenvolvimento tecnológico em diversos setores, incluindo indústria, agronegócio, sistemas de energia, transportes, etc., buscando uma transição para uma sociedade mais sustentável. (ARTAXO, 2022).

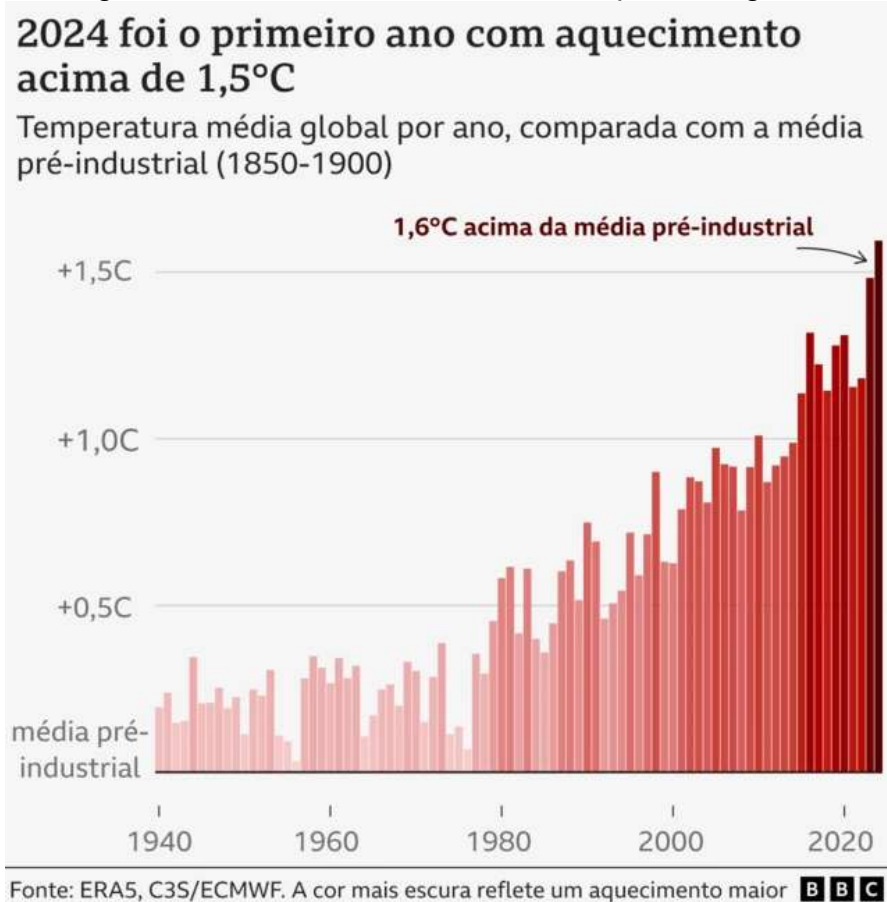
2.1. O efeito estufa e o aquecimento global

A queima de combustíveis fósseis na indústria, transporte e muitas outras atividades humanas, como agropecuária e o cultivo inconsequente e indiscriminado das terras, levaram a um aumento significativo do nível de concentração de GEE (gases de efeito estufa) na atmosfera, intensificando o efeito estufa e causando mudanças climáticas que já afetam o equilíbrio dos ecossistemas, ameaçando a manutenção da vida no planeta. O efeito estufa é um fenômeno natural, nele o Planeta Terra absorve uma parte dos raios solares que chegam à

superfície e reflete outra parte, sendo esse calor absorvido necessário para a manutenção da água líquida e qualquer forma de vida na Terra. Devido à queima de combustíveis fósseis, queimadas, criação animal, entre outras atividades, cada vez mais emitimos para a atmosfera terrestre GEE, tendo como consequência a diminuição da luz solar refletida para o espaço, ficando presa na atmosfera e sendo absorvida pela atmosfera, oceanos e continentes, ocasionando o aquecimento do planeta. O aumento da média anual da temperatura na superfície do planeta, sendo extremamente provável que mais da metade dessa elevação tenha sido causada por reflexo das atividades humanas, que geram a emissão de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, intensificando esse fenômeno de aquecimento.

No gráfico apresentado na Figura 1 possível notar a diferença na média anual da temperatura global ao longo de 80 anos. As temperaturas médias globais de 2024 ficaram cerca de 1,6 °C acima das do período pré-industrial — antes de os seres humanos começarem a queimar grandes quantidades de combustíveis fósseis, de acordo com os dados do Copernicus, o observatório climático da União Europeia.

Figura 1— Gráfico de aumento da temperatura global



Fonte: ERAS, C3S/ECMWF, 2026

Dessa forma, o aquecimento global tem se tornado uma grande ameaça para a vida e os

ecossistemas globais da forma como conhecemos. Vários sintomas já são sentidos ao redor do globo, no entanto, caso o problema não seja revertido, a situação tende a se agravar e uma série de eventos climáticos extremos se tornarem cada vez mais frequentes. Alguns destes eventos climáticos extremos podem ser:

- Altas temperaturas
- Derretimento de geleiras e aumento do nível dos oceanos
- Tempestades severas
- Enchentes e deslizamentos
- Aumento da seca e dos períodos de estiagem
- Aumento do volume e frequência de chuvas
- Desequilíbrio de ecossistemas: perda da biodiversidade
- Aumento de pestes, doenças e pandemias
- Destruição e perdas de safras e lavouras
- Aumento da fome e das desigualdades sociais
- Alagamento de cidades e comunidades em ilhas e à beira-mar

Além destas, podem existir muitas outras consequências imprevisíveis. Devido a esta imprevisibilidade, são necessários estudos mais aprofundados sobre as causas e também sobre consequências, para um entendimento mais profundo da dinâmica climática do Planeta para ações mais efetivas diante deste cenário.

2.2. As fontes de energia e as matrizes energéticas

A humanidade vem travando há muitos anos uma luta em busca de eficiência energética. Cada vez mais o ser humano desenvolve-se tecnologicamente e conseqüentemente a sua demanda por energia aumenta. A energia é fundamental para diversas atividades do nosso dia a dia, por exemplo, para acender a luz, preparar nossas refeições e nos transportar de carro até a escola, entre outros. Mas afinal, de qual tipo de energia estamos falando? Quando falamos a

palavra ‘Energia’, logo nos vem à cabeça a energia elétrica! No entanto, o conceito de energia é muito mais amplo, mas para entender melhor a luta humana por energia, precisamos discutir um pouco sobre os principais tipos de energia ao qual temos acesso.

Energia é a capacidade de executar um trabalho e "Trabalho" significa deslocar, rodar, transformar. Existem várias formas de energia disponíveis na natureza. Algumas destas são:

- Energia Elástica
- Energia Potencial Gravitacional
- Energia Química
- Energia Elétrica
- Energia Térmica
- Energia Cinética

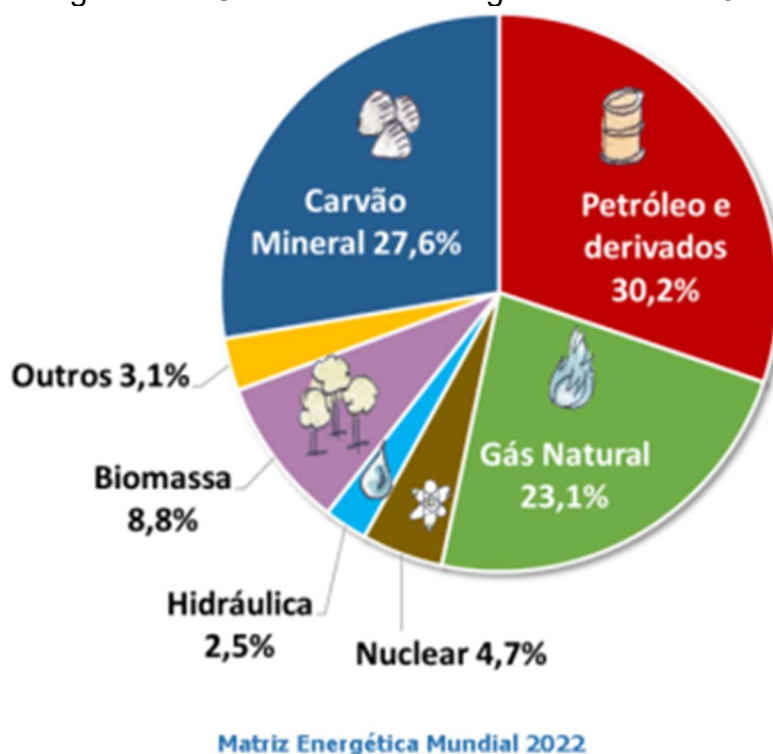
Todas essas formas de energia estão disponíveis na natureza para o uso humano, no entanto, a maior demanda de humana hoje em dia é de energia elétrica e para que o ser humano a produza em quantidade suficiente para a manutenção do seu modo de vida, é necessário fazer a transformação destas energias apresentadas acima em energia elétrica, o que requer desenvolvimento de tecnologias e investimentos. A Lei da Conservação da Energia, um dos princípios mais fundamentais da física, pode ser enunciada da seguinte forma: "A energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada de uma forma para outra ou transferida entre sistemas". Neste sentido, o ser humano, ao longo de sua história, desenvolveu várias tecnologias de transformação de energia: energia química da madeira em energia térmica, energia química do animal que se transformou em energia cinética para movimentar uma carroça, entre tantos outros exemplos capazes de traduzir a transformação da energia. No entanto, depois dos processos industriais, o ser humano aumentou significativamente o uso de energias fósseis, advindas do petróleo, da madeira, entre outros combustíveis, que dentre seus subprodutos estão os GEE, diretamente ligado à maior parte dos problemas relacionados ao aquecimento global e mudanças climáticas que tanto falamos hoje em dia. Como evidenciado anteriormente, existem diversos tipos de energia presentes na natureza e o ser humano já possui aparato tecnológico para fazer a transformação dessas energias em energia elétrica ou outra forma de energia para outros fins, o que difere uma energia da outra é a sua capacidade de se renovar ao mesmo tempo que o ser humano a utiliza e esse é um dos critérios da

sustentabilidade. Desses diferentes tipos de energia, algumas chamamos de renováveis e outras de não-renováveis.

É evidente que a energia é essencial para a vida na terra e para o desenvolvimento tecnológico da sociedade. A energia que é utilizada no Brasil e no mundo vem de um conjunto de fontes que formam o que chamamos de matriz energética. Ou seja, ela representa o conjunto de fontes utilizadas em um país, ou no mundo, para suprir a necessidade de energia. É preciso destacar que existe uma diferença entre matriz energética e matriz elétrica, a matriz energética refere-se ao conjunto de fontes de energia que utilizamos no dia a dia para movimentar os carros, alimentar os fornos das indústrias e gerar eletricidade. Já a matriz elétrica é formada pelo conjunto de fontes que utilizamos apenas para a geração de energia elétrica.

No mundo, a maior parte da energia que é utilizada tem origem em fontes de energia não renováveis, como o carvão, petróleo e gás natural. O gráfico apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** mostra como se dá essa produção de energia. Este gráfico foi preparado a partir de dados da Agência Internacional de Energia (cuja sigla em inglês é IEA):

Figura 2 — Gráfico Matriz Energética Mundial 2022



Fonte: IEA, 2023

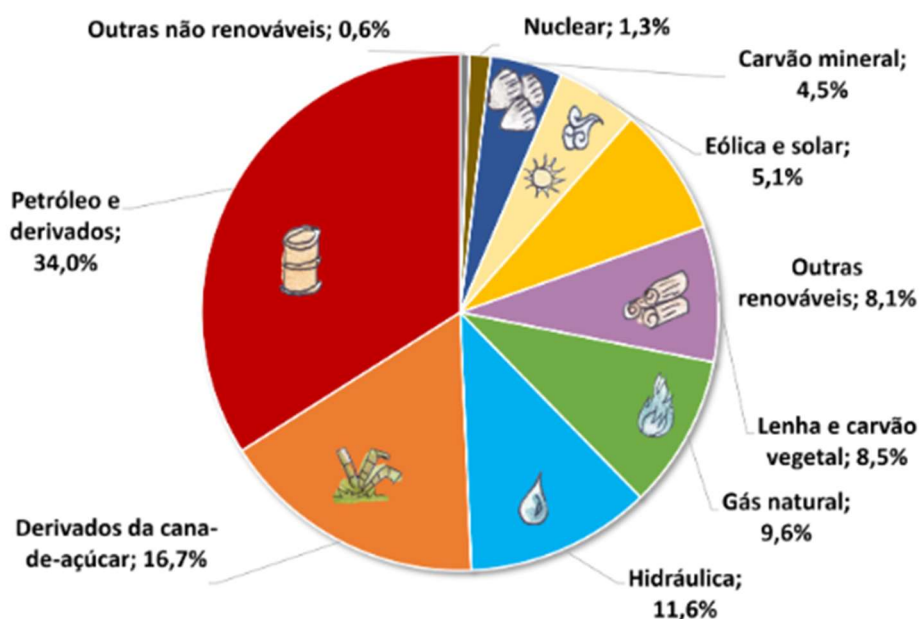
O gráfico na Figura 2 apresenta que o mundo utiliza poucas fontes renováveis de energia, como solar, eólica e geotérmica, correspondendo a apenas 3,1% da matriz energética mundial, assinaladas como “Outros” no gráfico. Temos a energia hidráulica, que também é uma

energia renovável, correspondendo a apenas 2,5% do total. O somatório de energias renováveis totaliza apenas 14%.

Já no Brasil, a situação é diferente. O uso de fontes renováveis é maior do que no restante do mundo. Tendo a Lenha e carvão vegetal¹, hidráulica, derivados de cana, eólica e solar, entre outras renováveis, nossa produção de energia através de fontes renováveis totalizam 49,1%, quase metade da nossa matriz energética. Observe abaixo o gráfico apresentado na Figura 3

Fonte: BEN, 2025, construído através dos dados do Balanço Energético Nacional (BEN):

Figura 3 — Gráfico da Matriz Energética Brasileira 2023



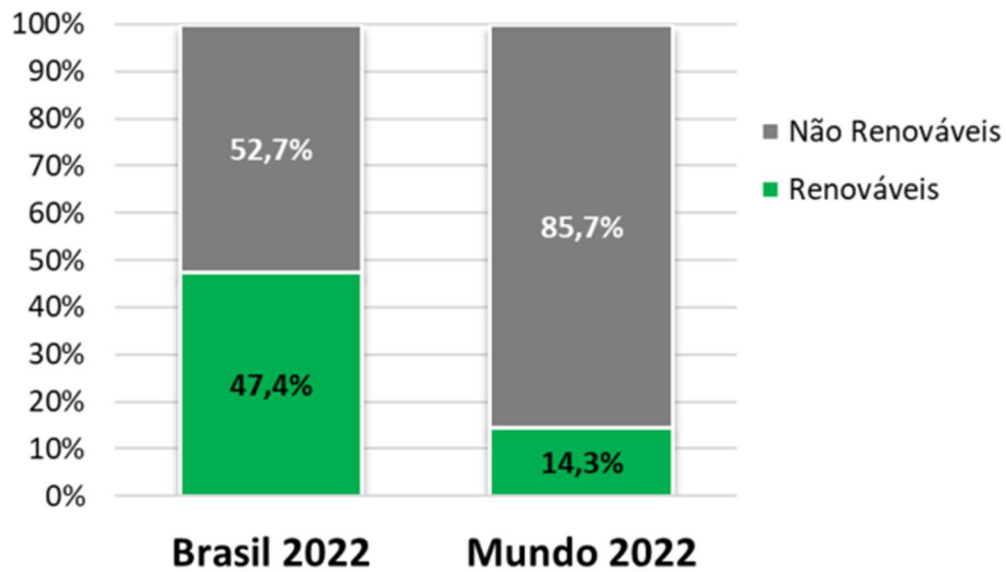
Matriz Energética Brasileira 2024

Fonte: BEN, 2025

O gráfico apresentado na Figura 3 evidencia um grande avanço na produção de energias renováveis no Brasil quando comparado ao restante do mundo, no entanto, é possível avançar mais, já que 50% da matriz energética ainda vem de fontes não renováveis. Comparando a produção de energia através de fontes renováveis no Brasil e no mundo no ano de 2022 através do gráfico da Figura 4, é possível perceber essa diferença.

¹ Lenha e carvão vegetal são considerados renováveis somente quando a madeira vem de árvores especificamente plantadas para este fim.

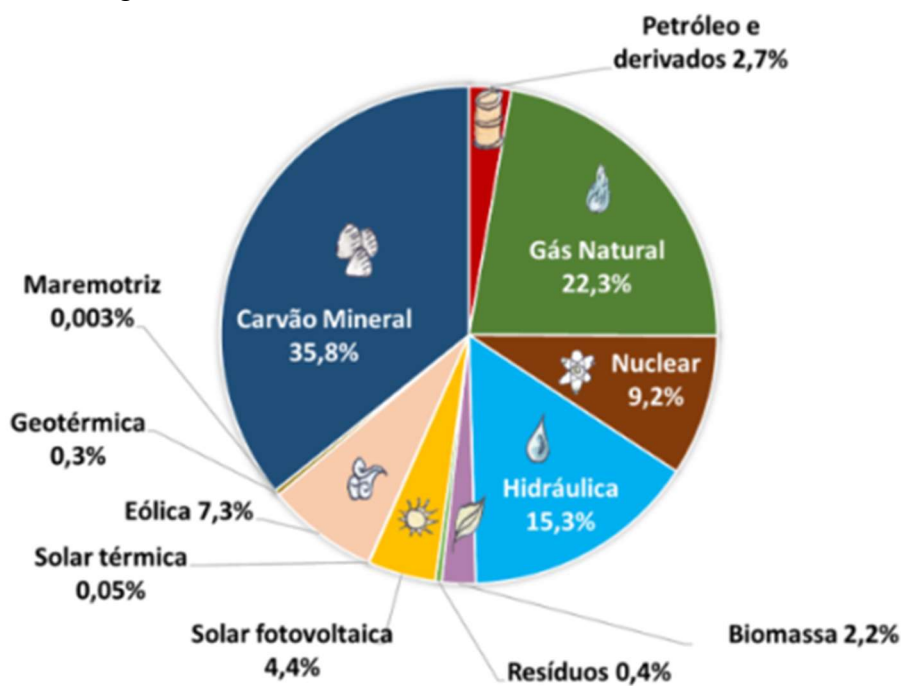
Figura 4 — Gráfico comparativo entre Brasil e o Mundo



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (epe), 2026

Já a matriz elétrica é constituída pelo conjunto de fontes disponíveis apenas para a geração de energia elétrica. A energia elétrica é fundamental para a manutenção do modo de vida humano no mundo moderno. Utilizamos a energia elétrica para assistir televisão, ouvir músicas no rádio, utilizar o computador, o celular, ligar nossa geladeira, carregar nosso celular, movimentar os carros elétricos, entre outras formas de uso que encontramos para energia elétrica. No mundo, a geração de energia elétrica é feita em sua maior parte a partir de combustíveis fósseis como carvão e gás natural, em termelétricas.

Figura 5 — Gráfico da Matriz Elétrica Mundial 2022



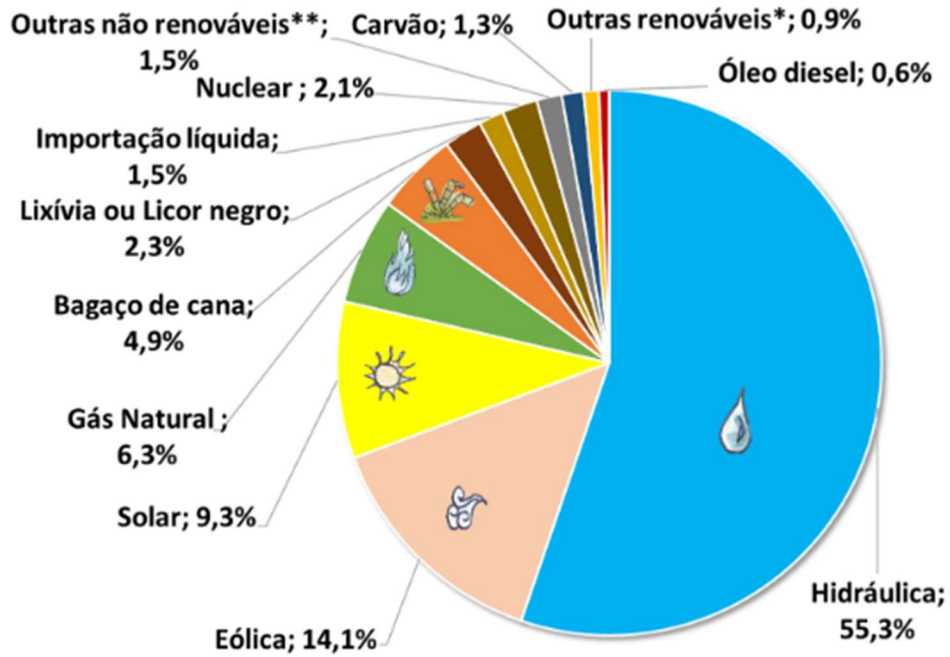
Matriz Elétrica Mundial 2022

Fonte: IEA, 2023

O gráfico apresentado na Figura 5 nos mostra que a maior parte da energia elétrica produzida no mundo é gerada a partir de fontes não renováveis, como o carvão mineral que corresponde a 35,8% e o gás natural que corresponde a 22,3%. Fontes de energia renováveis correspondem a uma parcela menor, como a maremotriz, responsável apenas por 0,003% e a Eólica com 7,3%.

A matriz elétrica brasileira se destaca ainda mais quando comparamos com a matriz energética, devido ao grande papel que as usinas hidrelétricas têm para a produção da energia elétrica. Outras formas de produção da energia elétrica em destaque é a energia eólica, energia solar, ambas vêm crescendo bastante, contribuindo para que a nossa matriz elétrica continue sendo, em sua maior parte, renovável. O gráfico apresentado na Figura 6 evidencia isso:

Figura 6 — Gráfico da Matriz Elétrica Brasileira 2023

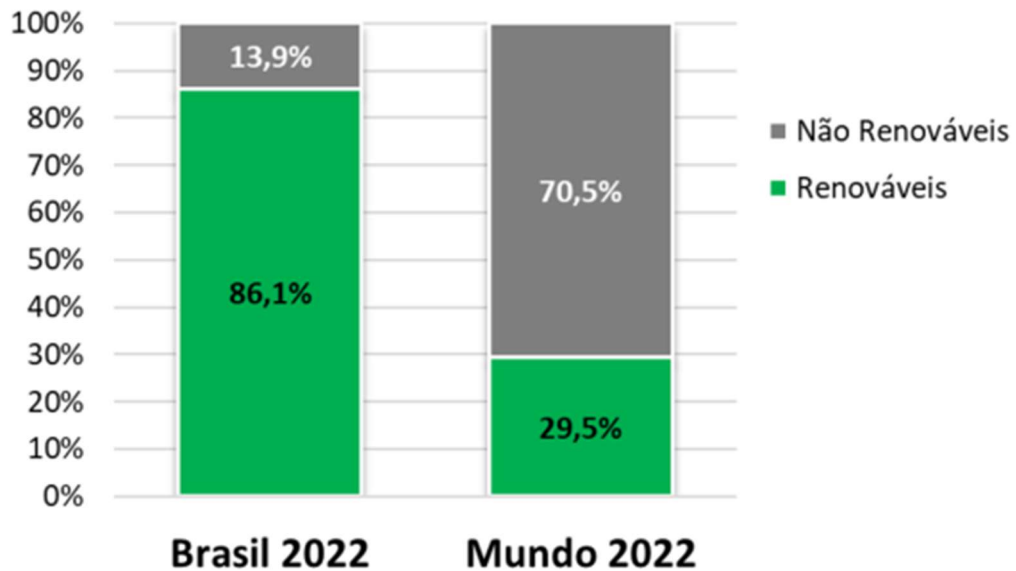


Matriz Elétrica Brasileira 2024

Fonte: BEN, 2025

Colocando em perspectiva os dados dos gráficos apresentados na Figura 5 e Figura 6, é possível perceber a diferença entre a forma que se produz energia elétrica no Brasil e no mundo, veja o gráfico apresentado na Figura 7:

Figura 7 — Gráfico comparativo entre o Brasil e o Mundo



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (epe), 2026

2.3. Energia solar e solarimetria

A radiação solar incide sobre o nosso planeta todos os dias, entender de que forma é distribuída em termos de intensidade é fundamental para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis que têm como fonte de energia a luz solar. Na radiação solar, tanto a componente direta como a componente difusa na superfície terrestre têm grande importância para os estudos das influências das condições climáticas e atmosféricas. A utilização de dados obtidos ao longo de um período, pode viabilizar a instalações de sistemas térmicos e fotovoltaicos em uma determinada região, otimizando ao máximo o aproveitamento ao longo do ano, já que a intensidade da radiação solar sofre variações significativas. De acordo com a CRESESB,

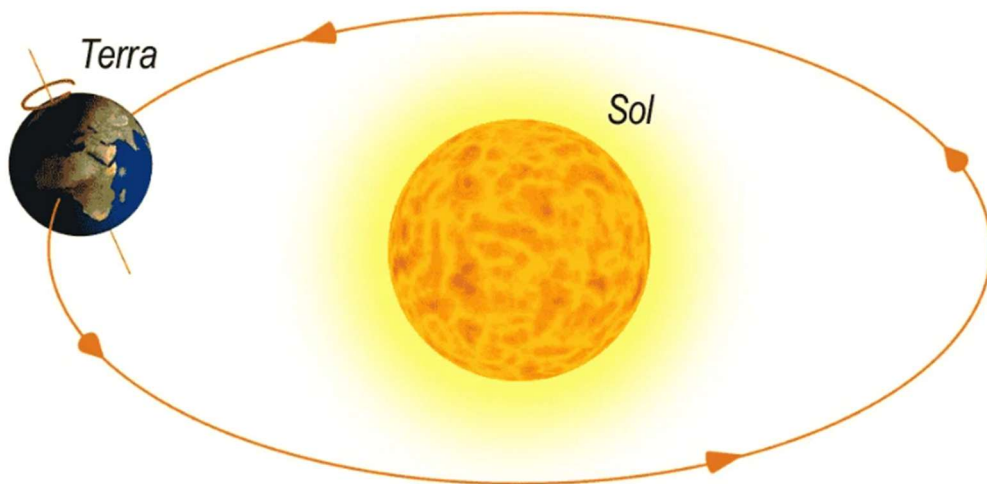
A medição da radiação solar, tanto a componente direta como a componente difusa na superfície terrestre é de maior importância para os estudos das influências das condições climáticas e atmosféricas. Com um histórico dessas medidas, pode-se viabilizar a instalações de sistemas térmicos e fotovoltaicos em uma determinada região garantindo o máximo aproveitamento ao longo do ano onde, as variações da intensidade da radiação solar sofrem significativas alterações.

No estudo da radiação solar, a ciência que estuda os diferentes elementos e medidas dessa radiação é a solarimetria. Esta medida pode ser realizada de diferentes formas e tecnologias, no entanto neste trabalho não nos ocuparemos em entender essas tecnologias, mas apenas em entender o que já existe de medições realizadas no Brasil. O monitoramento da energia solar também é imprescindível para estudos dos efeitos da radiação em animais, plantas, microorganismos, humanos e materiais (Tevini, 1993). Alguns dos elementos que devem ser considerados no estudo da radiação solar são: Radiação Solar – fenômeno físico de transporte de energia na forma de ondas eletromagnéticas. Irradiância – taxa na qual a radiação solar incide em uma superfície de forma instantânea, por unidade de área desta superfície, normalmente medida em *Potência/Área* (W/m^2). Irradiação – irradiância solar integrada durante um intervalo de tempo especificado, normalmente horário ou diário, medida em *Energia/Área* (Wh/m^2) ou (kWh/m^2). Insolação – também chamada de “horas de sol”, a insolação é o período durante o qual o feixe de radiação solar direto ilumina uma superfície, sua unidade de medida é horas. Pode ser obtida experimentalmente registrando-se o número de horas do dia no qual a irradiância permaneceu acima de um valor pré-definido. Entender esses elementos são de fundamental importância para a aplicação de projeto utilizando energia solar.

Além disso, a irradiância que incide em um determinado ponto da superfície terrestre vai depender diretamente de diversos fatores, os mais básicos são: estações do ano; horário do dia; nebulosidade; entre outros.

O movimento de translação que a Terra realiza ao redor do Sol e seu eixo de inclinação faz com que a radiação solar que incide em um determinado ponto da superfície terrestre ao longo de um ano varie em termos de irradiância, a este fenômeno damos o nome de estações do ano. Veja na Figura 8 uma representação didática do movimento de translação da terra.

Figura 8— Representação didática do movimento de translação e rotação da terra



Fonte: Blog do Enem, 2026

As estações do ano surgem devido a inclinação de $23,5^\circ$ do eixo terrestre, fazendo com que ao longo do ano a taxa de irradiância varie ao longo da superfície terrestre, como ilustra a Figura 9. Nela é possível observar o Hemisfério Sul e Norte, a linha do equador e a inclinação de $23,5^\circ$ do eixo da Terra.

Figura 9— Inclinação do eixo terrestre

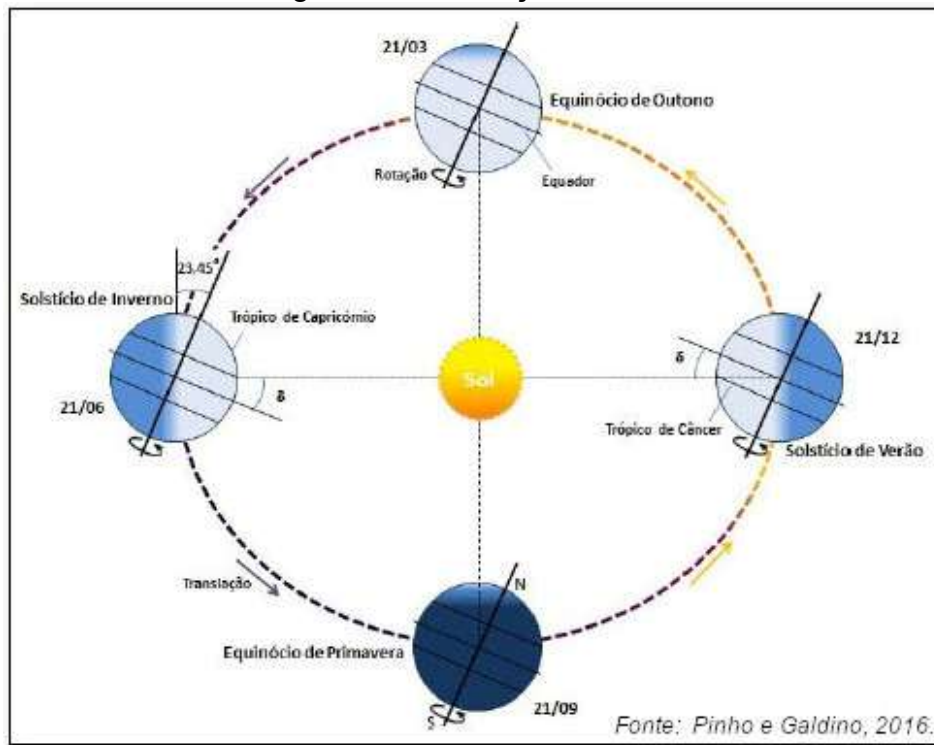


Fonte: Hiper Cultura, 2026

Nas Figura 9 e Figura 10, visualiza-se como o movimento de translação da Terra ao redor do sol e como a inclinação no eixo terrestre influencia na irradiância em diferentes pontos ao longo de um ano, dando forma às características únicas que cada estação do ano tem. Os solstícios marcam o início das estações do ano e estão diretamente relacionados a irradiância, a insolação e à inclinação do eixo terrestre. Em razão do eixo de rotação da Terra e da posição da Terra em relação ao Sol, a irradiância e a insolação sobre os hemisférios é diferente e é justamente essa diferença que irá caracterizar as estações do ano. Assim, os solstícios ocorrem em dois momentos ao longo do ano, no inverno (geralmente tem início no dia 21 de junho no hemisfério sul do planeta) e no verão (geralmente tem início no dia 21 de dezembro no hemisfério sul do planeta). Os solstícios representam o posicionamento do Sol em seu limite máximo, podendo o Sol estar em seu auge a norte ou a sul, em decorrência desse posicionamento, acontece uma maior iluminação em um dos hemisférios. O solstício de verão é caracterizado por ter dias mais longos e noites mais curtas, ocorrendo uma maior exposição a luz solar ao longo do dia (insolação) e o solstício de inverno é caracterizado por ter noites mais longas e dias mais curtos, ocorrendo uma menor exposição a luz solar ao longo do dia. Já os equinócios representam o posicionamento médio do Sol em relação a Terra, dessa maneira, nenhum dos hemisférios está inclinado em relação ao Sol, iluminando assim os dois hemisférios igualmente. Os equinócios ocorrem em dois momentos ao longo do ano, no outono (geralmente

tem início no dia 21 de março no hemisfério sul) e na primavera (geralmente tem início no dia 21 de setembro no hemisfério sul). Além das datas dos solstícios e equinócios e suas respectivas estação do ano para o hemisfério sul, a Figura 10 também coloca em perspectiva os solstícios e equinócios e suas respectivas estações do ano para o hemisfério norte.

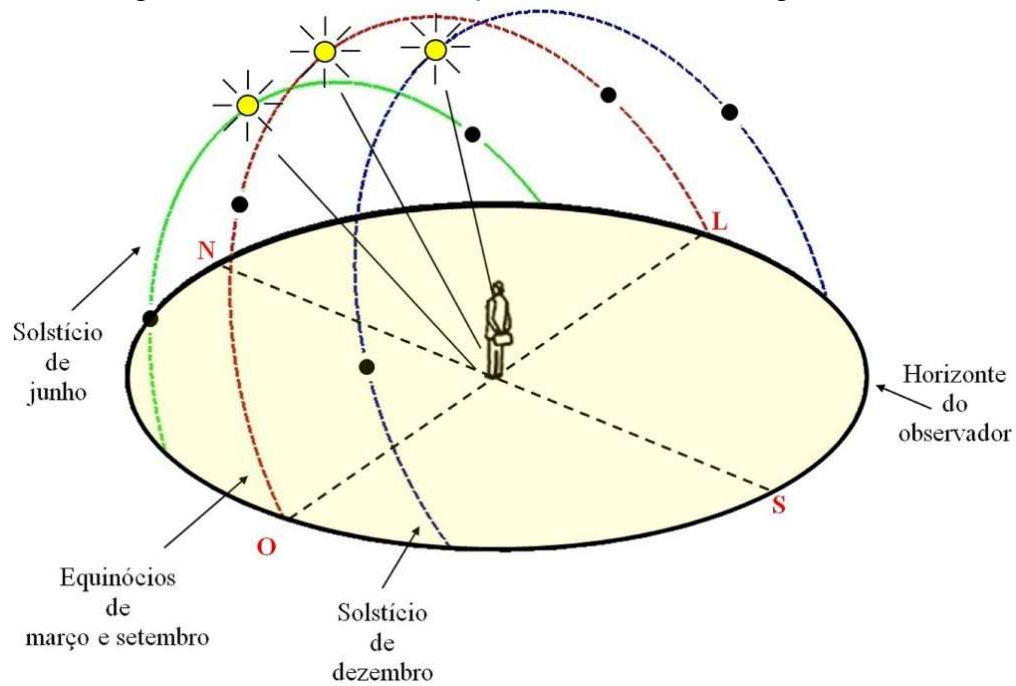
Figura 10 — Estações do ano



Fonte: Pinho e Galdino, 2016

Outro ponto a ser discutido refere-se ao movimento aparente do Sol ao longo do ano. O Sol irá variar o seu ângulo de trajeto ao longo do ano devido a inclinação do eixo terrestre, influenciando diretamente taxa de irradiância, é o que chamamos de solstício de inverno e solstício de verão, como foi explicado na Figura 10. Na Figura 11 o observador está posicionado ao centro e o movimento aparente do Sol, de leste para o oeste ao longo do ano, configurando assim os solstícios e os equinócios.

Figura 11 — Movimento aparente do sol ao longo do ano



Além da irradiação em um determinado ponto da superfície terrestre ao longo de um ano a partir da perspectiva do movimento do planeta, é necessário compreender como essa radiação irá interagir com a atmosfera terrestre, já que esta é composto de muitas outras variáveis, como por exemplo a constante solar. Segundo Souza, essa "constante" representa a quantidade de energia radiante em todos os comprimentos de onda recebida por unidade de tempo e de área no topo da atmosfera terrestre, corrigida para a distância média Terra-Sol, e equivale a aproximadamente $1365 - 1370 \text{ W/m}^2$.

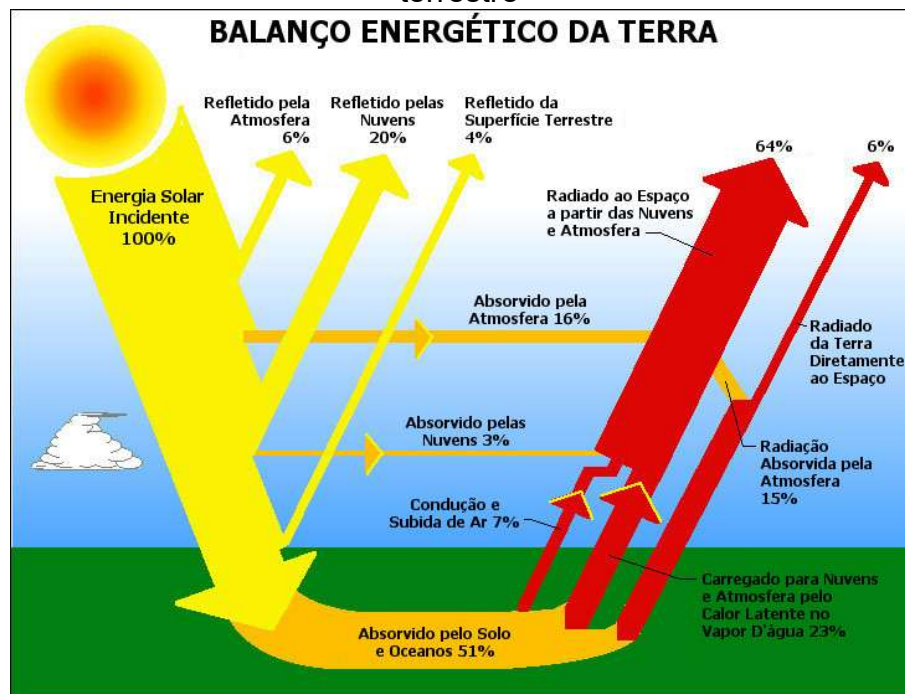
A radiação solar que incide sobre a Terra não é totalmente absorvida pelo Planeta. Existem elementos que são fundamentais para compreender como acontece a interação da radiação solar com a atmosfera, são eles: Albedo - termo técnico para essa refletividade. Trata-se da capacidade de uma determinada superfície refletir a luz do Sol, sendo a razão entre a radiação refletida e incidente, podendo ainda variar de 0 (absorção total) a 1 (reflexão total). Além dessa escala de 0 a 1, o albedo pode ser medido em porcentagem. Superfícies mais claras refletem mais a luz solar, enquanto superfícies mais escuras refletem menos a luz solar. O valor médio do albedo da Terra é de aproximadamente 30%. Embora o albedo e a reflexão apresentem semelhanças, o albedo refere-se à capacidade de uma superfície refletir a luz solar, enquanto a reflexão é o ato de uma determinada superfície refletir a luz.

Na

Figura 12 é possível observar como é distribuída a radiação solar que incide sobre o Planeta. Observa-se que de 100% da energia solar incidente, 6% é refletida na atmosfera, 20%

é refletida nas nuvens e 4% é refletida na superfície terrestre, 16% é absorvida pela atmosfera, 3% pelas nuvens e 51% pelo solo e oceanos. Dessa energia absorvida, 64% são radiados a partir das nuvens e da atmosfera, 7% são radiados por condução e subida de ar e 6% são radiados da terra direto para o espaço. A maior parte da energia solar, cerca de 70%, é absorvida pela atmosfera e pela superfície da Terra, fornecendo o calor que impulsiona os processos climáticos e mantém a vida no planeta. Dessa forma, nem toda radiação solar que incide sobre o planeta terra pode ser diretamente aproveitada para alguma aplicação tecnológica, mas sim apenas uma porcentagem desta luz.

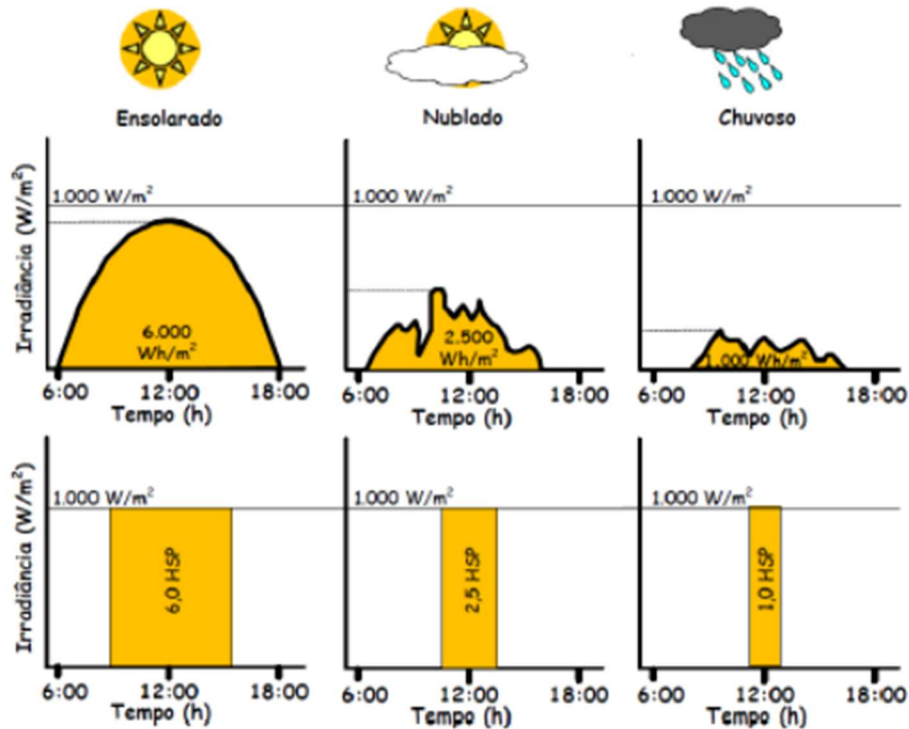
Figura 12 — Representação didática da interação da radiação solar com a atmosfera terrestre



Fonte: Geodesign Internacional, 2026

A nebulosidade é um fator que influencia diretamente a irradiação na superfície, neste sentido, em dias com maior nebulosidade a taxa de irradiância cai consideravelmente. Observe a Figura 13, ela apresenta a taxa de irradiância (W/m^2) ao longo de um período em diferentes situações climáticas: dia ensolarado; dia nublado; dia chuvoso.

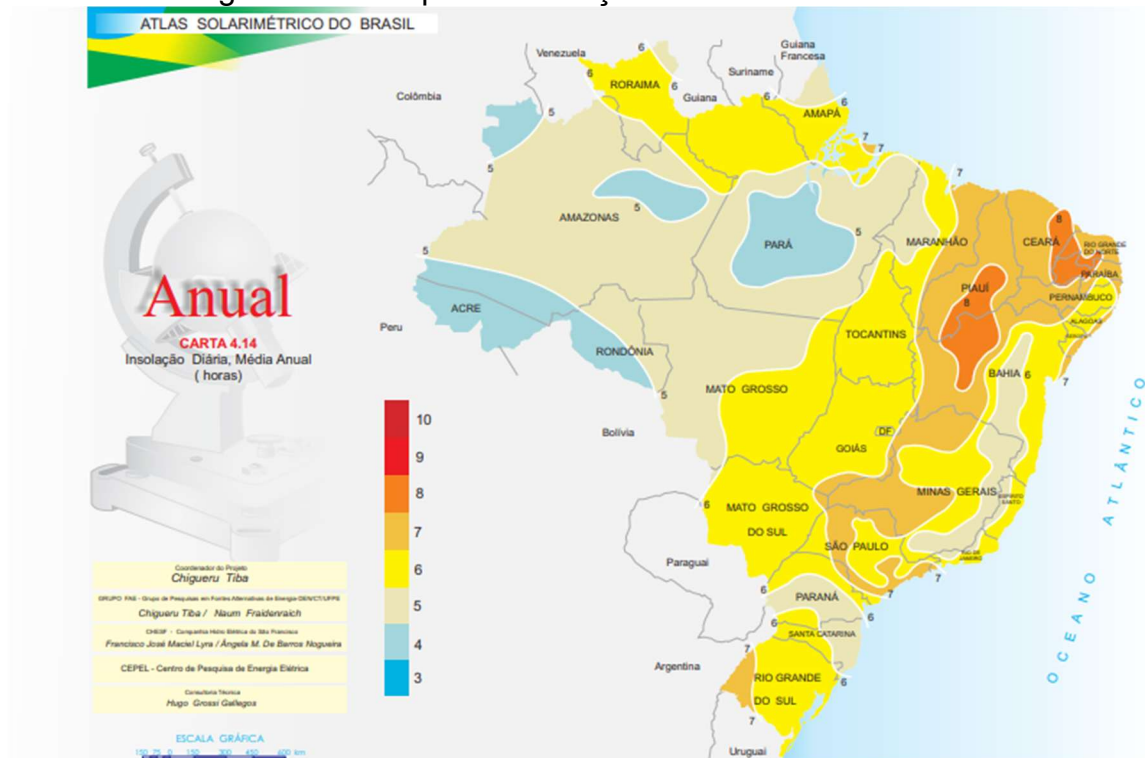
Figura 13 — Taxa de irradiância em diferentes situações climáticas



Fonte: Andrade, 2014

Observe na Figura 14 o mapa do Brasil com dados da média anual da insolação diária. Fica evidente que a insolação, período em horas de exposição solar, varia de região para região no Brasil, devido a fatores principalmente atmosféricos, como por exemplo, a nebulosidade.

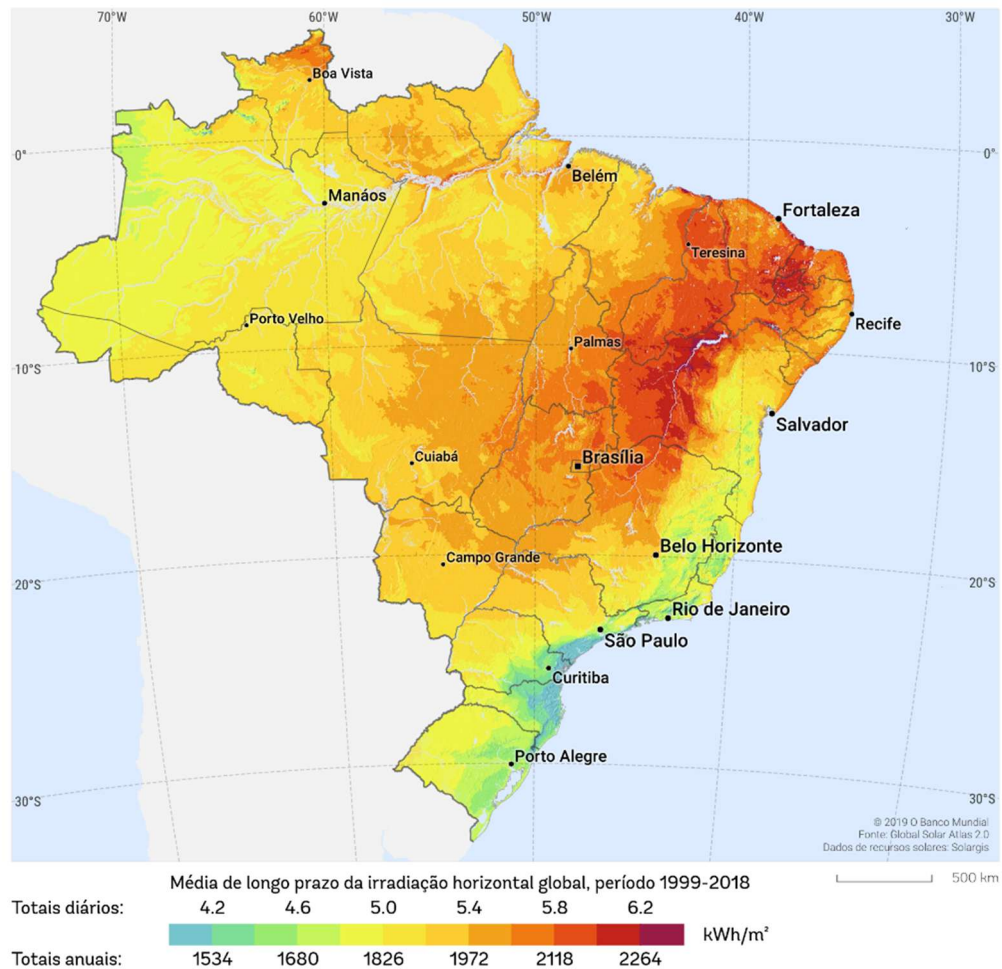
Figura 14 — Mapa da Insolação média diária no Brasil



Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil - 2000

A insolação média irá influenciar diretamente na irradiação que incide em uma determinada área de superfície. Na Figura 15, vemos um mapa do Brasil que mede a irradiação ao longo de um dia, medido em (Wh/m^2 – dia). Quanto maior a taxa de irradiação, maior será o potencial de aplicação tecnológica solar em uma determinada região. Como podemos observar na Figura 15, na cidade de Guajeru – Bahia, que fica localizada na região mais laranja/vermelha do mapa, local em que esta sequência didática foi aplicada, a taxa de irradiação varia aproximadamente na faixa de $5,8 kWh/m^2$ ou $5.800 Wh/m^2$ até $6,2 kWh/m^2$ ou $6.100 Wh/m^2$ ao longo de 1 dia.

Figura 15 — Mapa da radiação solar na superfície terrestre no Brasil



Assim, os conhecimentos teóricos e técnicos aqui apresentados oferecem uma base sólida para o entendimento de aspectos relacionados à dinâmica da radiação solar como fonte de luz e energia e como esta interage com os diferentes sistemas naturais do nosso planeta. Dessa forma, os conhecimentos aqui apresentados conferem aprofundamento teórico e técnico suficiente para as discussões que podem vir a ocorrer durante a aplicação desta sequência didática, no entanto, não engloba todos os elementos que envolvem o campo de conhecimento da solarimetria.

3. CALORIMETRIA

A Calorimetria é a parte da física que estuda as trocas de energia entre corpos ou sistemas, podendo estes corpos ou sistemas serem iguais ou diferentes e estas trocas acontecem em forma de calor. O calor está presente na vida de todos os seres vivos desde os primórdios, é

um dos ingredientes básicos para a existência da vida na terra, devido a isto, as características relacionadas ao calor estimulam a curiosidade dos seres humanos desde a antiguidade, além disso, o calor foi tido pelos antigos como matéria prima fundamental para a constituição do universo.

Dentro da interpretação cosmogônica, calor está relacionado ao elemento Fogo para vários pensadores, e este último assumiu vários significados. Por exemplo, Empédocles de Agrigento (493-433 a.C), filósofo pré-socrático, propunha que o Fogo correspondia a um dos elementos primordiais, assim como a Terra, Água e Ar, que se unem em diferentes proporções para formar todas as coisas. Haveria ciclos no Universo em que estas coisas estariam sujeitas a união, pela força do amor; ou à separação, pelo ódio. Assim, se formaram a Terra, o Sol, a Lua, etc., tudo aquilo que existe no mundo (MARTINS, 2012, p. 46).

Além dos aspectos históricos presentes na antiguidade, o conceito de calor ocupava o espaço de um ingrediente da criação, deixando de lado aspectos mais práticos, ao longo da história humana o calor continuou tendo espaço em sua curiosidade, elemento que foi fundamental para o avanço do conhecimento relacionado ao calor. Nos séculos XVIII e XIX, a humanidade deu um grande salto em termos tecnológicos com o advento das máquinas térmicas, que possibilitaram o avanço da indústria, do transporte e foram protagonistas das 1º e 2º revoluções industriais.

O século XVIII foi um período de várias mudanças em relação à forma que se fazia a ciência anteriormente. O “século da razão” estabeleceu prioridades quanto à necessidade de sistematização das observações e a comunicação das ideias. Além disso, houve uma mudança na forma de se estudar os fenômenos naturais, proveniente, principalmente, das necessidades que haviam sido criadas com a Revolução Industrial (SILVA, 2013).

Dessa forma, o calor passou a ser o centro do desenvolvimento industrial, mas para que a indústria e a tecnologia pudessem dar passos mais largos, seria necessário o estudo metódico do calor através da ciência.

Para melhorar as técnicas de aproveitamento do combustível e dos metais eram necessários artesãos e filósofos naturais, principalmente os que lidavam com questões ligadas à constituição da matéria. Com isso, a experimentação, que se aproximava mais da resposta necessária para a técnica, passou a ter grande destaque entre os filósofos naturais, não só para adquirir conhecimento, mas também para realizar modificações, fazendo um corpo agir sobre o outro: “a experiência como um dos instrumentos principais da meditação teórica; pois o objeto a que aspira é o conhecimento verdadeiro do mundo material que nos rodeia e que o pensamento quer

penetrar” (METZGER, 1974 *apud* ALFONSO-GOLDFARB e FERRAZ, 2006, p. 11-12)

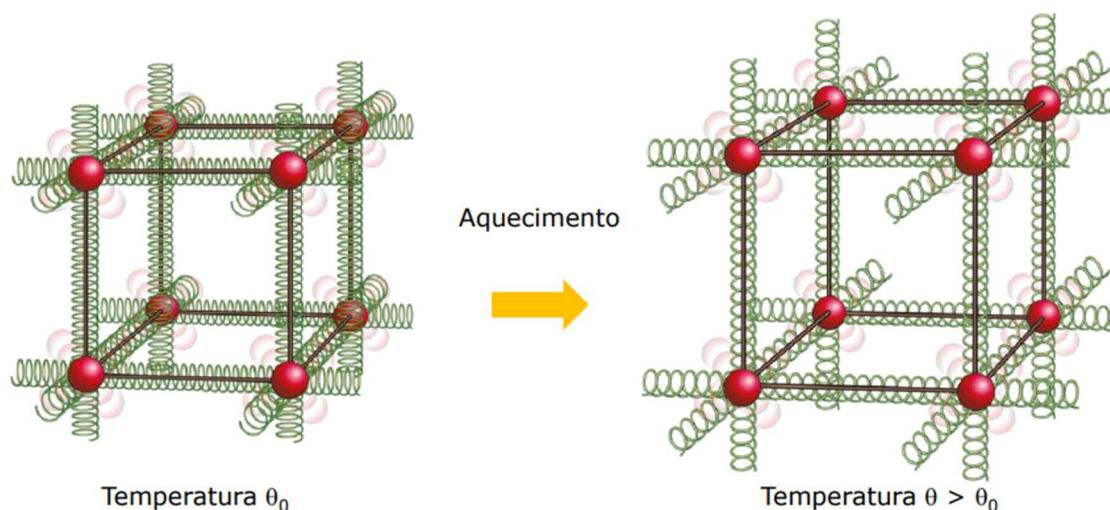
Com a crescente racionalização a partir do desenvolvimento industrial e um aprofundamento nos estudos sobre o calor, a humanidade prosperou tecnologicamente nas diversas áreas do conhecimento, trazendo benefícios imediatos que são a base da civilização até hoje.

3.1. Aplicação da calorimetria neste contexto

O estudo da Calorimetria ocupa um lugar fundamental nesta sequência didática, já que o caráter do experimento de baixo custo é de um equipamento que busca verificar a variação de temperatura de determinadas substâncias quando expostos a radiação solar. Neste sentido, é necessário discutir aspectos importantes da calorimetria, como a propagação do calor, o conceito de temperatura, calor sensível e calor latente, calor específico, entre outros aspectos inerentes a esta área do conhecimento da física. No entanto, por se tratar de uma área extensa, com muitos conhecimentos possíveis de serem abordados, esta sequência didática trará um recorte desses conhecimentos, de modo a otimizar a sua aplicação.

Para início de discussão, é necessário definir o que é calor. De acordo com a física, a temperatura de um corpo está relacionada à agitação das partículas que o constituem. Observe na Figura 16 uma representação didática de como funciona a agitação das moléculas. As esferas vermelhas representam as moléculas de uma determinada substância, enquanto as molas representam o grau de agitação dessas moléculas. A Figura 16 retrata o antes e o depois de uma substância receber uma quantidade de energia, assim, na imagem da esquerda a substância possui menor temperatura e energia térmica, já na imagem da direita a substância possui maior temperatura e energia térmica, devido a isso, o grau de agitação das moléculas é maior na imagem da direita.

Figura 16 — Representação didática de como funciona a agitação das moléculas



Fonte: Moderna Plus Física: Ciência e Tecnologia, v. 1, Moderna, 2024.

Destaca-se que assim como na matemática, na multiplicação por exemplo, a ordem dos fatores não altera o produto, a ordem dessas afirmações também não irá alterar o resultado, ou seja, se aumentarmos a agitação das moléculas, conseqüentemente a temperatura também irá aumentar.

A temperatura é uma grandeza física escalar que mede o grau de agitação ou energia cinética das moléculas de um determinado sistema. Entretanto, nem sempre medir a temperatura foi uma tarefa simples, já que na ausência de tecnologias, essa medida muitas vezes era realizada de forma subjetiva, de sujeito para sujeito.

No entanto, para fins científicos, o critério “sensitivo” para avaliação das temperaturas é vago e impreciso, pois depende da pessoa e das condições nas quais a mesma se encontrava anteriormente. Além de ser um instrumento “diferencial” (uma vez que só consegue distinguir entre “mais frio” e “mais quente” em relação à sua própria temperatura), o corpo humano induz facilmente o observador em erro, dado que é sensível a outras grandezas, como por exemplo a condutividade térmica [2-5] (uma maçaneta metálica “parece mais fria” ao tato do que a madeira da porta onde se encontra colocada, apesar de estarem ambas à mesma temperatura). (PIRES, AFONSO, CHAVES, 2006).

Dessa forma, houve a necessidade de desenvolver um instrumento que padronize a medida de temperatura e melhore a precisão das medidas de temperatura, desenvolvendo então o termômetro. Segundo Pires, Afonso e Chaves (2006), chama-se termômetro o instrumento para medir a temperatura dos corpos. Ele faz uso de comparações entre a variação de propriedades das substâncias como volume, pressão, resistência elétrica, variação de cor, etc. para relacioná-las com a variação da temperatura. O modelo de termômetro mais comumente utilizado é o termômetro de mercúrio. Além disso, é importante salientar que a temperatura é uma propriedade intensiva, ou seja, o valor da temperatura não depende do tamanho, massa ou

quantidade de substância presente no sistema.

Outro aspecto fundamental para a compreensão da temperatura são as escalas termométricas. As escalas termométricas são sistemas de medição de temperatura, estes sistemas são baseados em pontos de referência fixos, como: fusão da água, ebulição da água, dilatação de um determinado líquido etc. Atribuem-se valores numéricos para quantificar o grau de agitação das moléculas do corpo em um ou mais dois desses pontos de referência e os demais valores são determinados por proporcionalidade, se a relação entre a propriedade usada e a temperatura for linear. Através dessas escalas é possível comparar quente e frio de maneira padronizada. Existem três escalas termométricas que são mais comumente utilizadas, são elas: escala Celsius, Fahrenheit e Kelvin.

A escala termométrica Celsius foi construída pelo astrônomo Anders Celsius em 1742 e é um sistema de medição de temperatura centígrado (dividido em 100°) baseado nos pontos de fusão (0°C) e ebulição (100°C) da água em pressão atmosférica padrão. A escala Celsius é a unidade de medida de temperatura mais utilizada na meteorologia e no uso diário no mundo.

A escala termométrica Fahrenheit foi criada por Daniel Gabriel Fahrenheit em 1724 e é um sistema de medição de temperatura muito utilizado nos Estados Unidos e seus territórios. Esta escala de temperatura é dividida em 180 partes e define o ponto de fusão da água em 32 °F e o ponto de ebulição da água em 212 F°.

A escala termométrica Kelvin foi criada pelo físico e engenheiro britânico William Thomson, o "Lord Kelvin", em 1948. Esta é a escala de medida de temperatura utilizada no Sistema Internacional de Unidades (SI). Esta escala é conhecida como escala absoluta, devido ela partir do 0 K (zero Kelvin), considerado o menor valor de temperatura possível na natureza. Nessa temperatura o movimento molecular cessa. 0 K corresponde a -273,15 °C na escala Celsius. Esta escala não possui o símbolo de grau (°) como nas escalas Celsius e Fahrenheit, possuindo apenas valores positivos. O ponto de fusão da água em Kelvin é 273,15 K e o ponto de ebulição da água é 373,15 K.

De forma simplificada, a equação (1) relaciona essas três escalas termométricas:

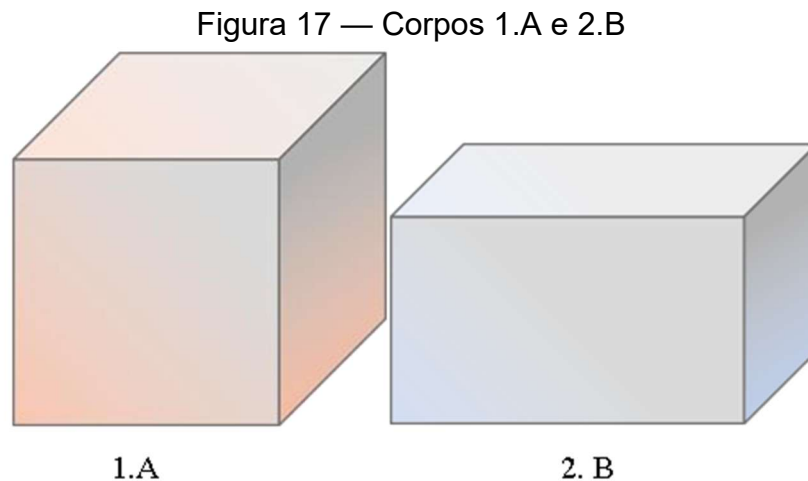
$$\frac{TC}{5} = \frac{TF - 32}{9} = \frac{TK - 273}{5} \quad (1)$$

Onde, $\frac{TC}{5}$ corresponde à escala Celsius, $\frac{TF-32}{9}$ corresponde à escala Fahrenheit e $\frac{TK-273}{5}$ corresponde à escala Kelvin.

Neste trabalho será utilizada a escala termométrica de medida de temperatura Celsius

(°C), o que não impede a utilização de outra escala, no entanto, é necessário fazer a conversão da temperatura de uma escala para outra, podendo utilizar a equação **(1)**.

Mas ainda não temos a resposta para o que é o calor, estamos apenas construindo algumas definições prévias. Começaremos a definir o calor imaginando dois corpos, 1.A e 2.B, através da representação na Figura 17:

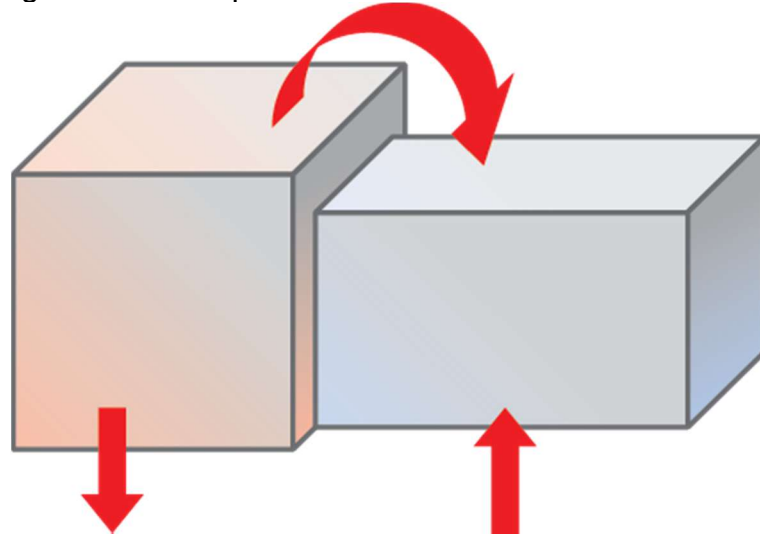


Fonte: SECCO, Adilson. Ilustração presente em material didático da Editora Moderna. São Paulo: Moderna, 2022.

Vamos considerar os corpos 1.A e 2.B, com temperaturas iniciais θ_A e θ_B , onde ($\theta_A < \theta_B$). Se inicialmente o corpo 1.A está com maior temperatura que o corpo 2.B, a energia térmica do corpo em 1.A é maior que a energia térmica em 2.B. O que acontece quando colocarmos os dois corpos, 1.A e 2.B, em contato? Intuitivamente responderemos que a temperatura dos dois corpos irá se igualar, o que está correto, já que a energia térmica presente em 1.A irá se propagar espontaneamente para o corpo 2.B. Assim, conforme a energia térmica, a agitação das partículas e a temperatura do corpo 1.A diminui, a energia térmica, a agitação das partículas e a temperatura do corpo 2.B aumenta, até que estes dois corpos alcancem o equilíbrio térmico. O equilíbrio térmico é o ponto em que, pelo menos teoricamente, a energia térmica, a agitação das partículas e a temperatura estão em equilíbrio, ou seja, são iguais. Neste sentido, podemos conceber o calor como energia térmica em trânsito, ou seja, é a denominação que a física utiliza para definir a energia térmica que está em transição de um corpo para o outro, quando estes corpos estão em diferentes temperaturas. Assim, a partir daqui entende-se calor como energia térmica em trânsito. Observe a ilustração da energia térmica na forma de calor na Figura 18. Nesta imagem é possível observar os dois corpos 1.A à esquerda e 2.B à direita, com formatos distintos e setas vermelhas. A seta vermelha horizontal indica a passagem da energia térmica

em forma de calor de um corpo para o outro. Já a seta vermelha apontando para baixo indica uma diminuição da temperatura e a seta vermelha apontando para cima indica um aumento da temperatura.

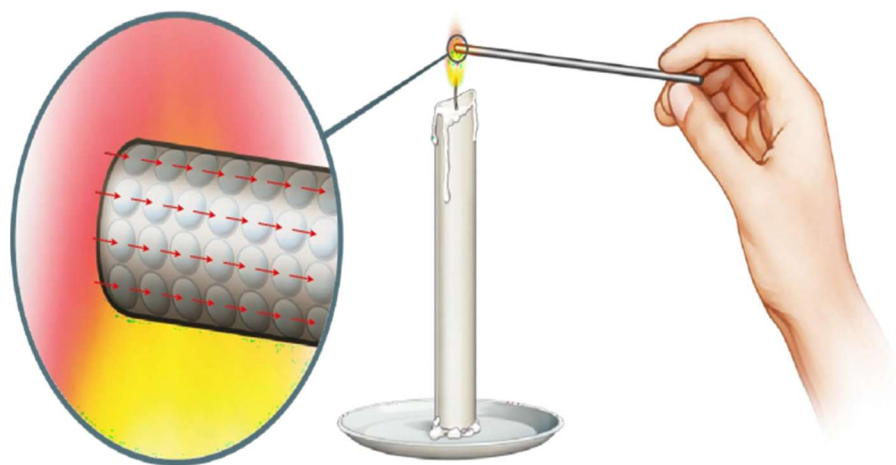
Figura 18 — Corpos 1.A e 2.B realizando troca de calor



Fonte: SECCO, Adilson. Ilustração presente em material didático da Editora Moderna. São Paulo: Moderna, 2022.

Essa propagação do calor pode acontecer essencialmente de três maneiras distintas: condução, convecção e radiação. Todos estes três processos de propagação do calor estão presentes em nosso dia a dia, seja no mundo natural ou nas construções humanas. Na propagação de calor por condução, o calor se propaga diretamente de uma partícula para outra (átomo, molécula ou íon) através do material do corpo, devendo este material estar no estado sólido da matéria, ou seja, fluídos e vácuo não são capazes de propagar calor através da condução. Na condução, o calor irá se propagar em materiais que possam conduzir bem a passagem do calor, são os chamados materiais condutores, que podem ser metais como ferro, alumínio, cobre etc. Materiais que dificultem essa passagem do calor são chamados de isolantes, que podem ser borracha, isopor, plásticos, lã etc. A Figura 19 ilustra este processo:

Figura 19 — Propagação de calor por condução



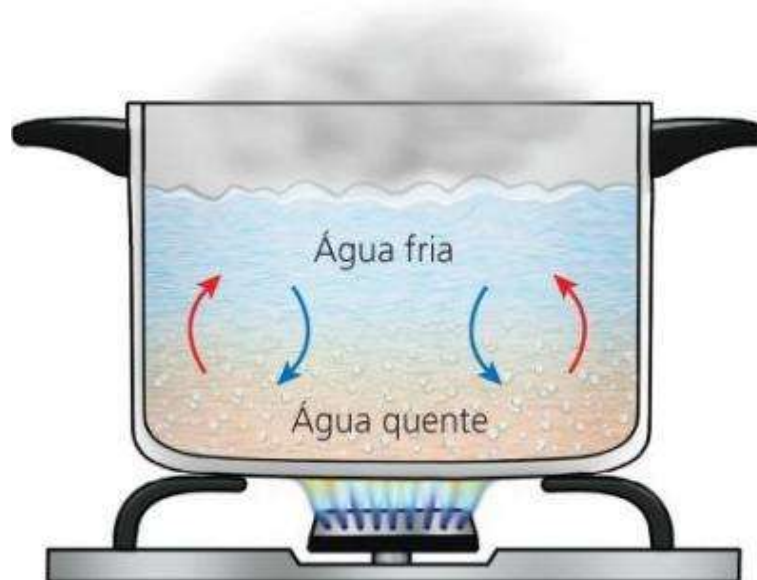
Fonte: Moderna Plus Física: Ciência e Tecnologia, v. 1, Moderna, 2024.

Na Figura 19 é possível observar uma pessoa segurando uma pequena barra de ferro na chama de uma vela e ao lado uma imagem ampliada onde podem ser vistas pequenas setas vermelhas apontando o sentido da propagação do calor através da barra.

Na propagação do calor por convecção, diferentemente do processo por condução, a propagação do calor ocorre essencialmente através dos fluídos, como ar, água etc. Imagine uma situação em que temos água sendo fervida em uma panela de alumínio, numa chama de fogão a gás. A chama do fogão ocorre devido a combustão do gás, liberando uma determinada quantidade de calor em sua queima, que por consequência da proximidade com o fundo da panela, se propaga por condução através do alumínio e posteriormente para a água presente na panela, que está em contato com o fundo da panela e é aquecida por condução. Com o aquecimento da água, ela dilata-se e diminui sua densidade, tornando-se mais leve e subindo para parte de cima da panela. Como a água que está em cima está mais fria e possui maior densidade que a água que acabou de ser aquecida, esta água mais densa irá descer para o fundo da panela, entrando em contato com o fundo da panela, aquecendo-se por condução e, consequentemente, dilatando-se e diminuindo sua densidade. Dessa forma, este processo acontecerá repetidamente em ciclos, constituindo o que chamamos de propagação do calor por convecção. O exemplo apresentado traz uma observação que pode ser feita de forma simples e rotineira para a maior parte das pessoas, no entanto o processo acontece de diversas formas, tanto na natureza, quanto nas construções humanas, como por exemplo: o uso do ar-condicionado nas casas; o aparelho de ar-condicionado é posicionado na parte superior do ambiente, facilitando o processo de convecção. Dessa forma, a propagação do calor por convecção acontece devido as correntes de convecção, que são originadas pelas diferenças de

densidade existentes em um mesmo material, ou materiais diferentes. Observe um exemplo na Figura 20, nela uma panela está sendo aquecida por uma chama de um fogão a gás. Nela é possível observar setas vermelhas indicando a água em temperatura mais alta subindo devido a diminuição da densidade e as setas azuis indicando a água em temperatura mais baixa descendo devido a uma maior densidade.

Figura 20 — Propagação de calor por convecção



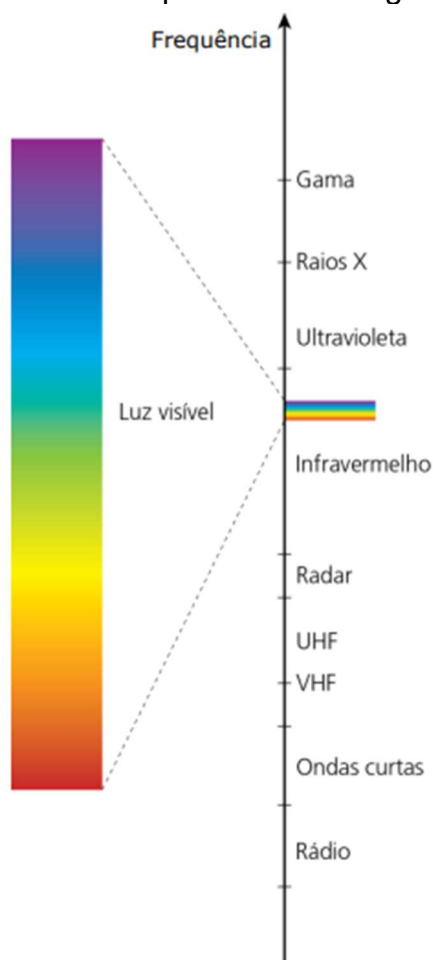
. Fonte: Moderna Plus Física: Ciência e Tecnologia, v. 1, Moderna, 2024.

Por último e não menos importante, o processo de propagação do calor por irradiação. Diferentemente dos últimos dois processos, para que este processo ocorra não será necessário nenhum tipo de material como fluídos ou sólidos para que este se concretize, ou seja, a propagação de calor por irradiação pode acontecer tanto em materiais sólidos e fluídos, como no vácuo, como é o caso da luz solar que viaja 150 milhões de quilômetros através do vácuo do espaço até chegar ao nosso planeta. Na irradiação, o calor é propagado por ondas eletromagnéticas, principalmente pelos raios infravermelhos, conhecidos como ondas de calor. As ondas eletromagnéticas são compostas por um longo espectro que vai desde as ondas de rádio até os raios gama. No espectro eletromagnético estão contidas todas as formas de ondas eletromagnéticas, inclusive a luz visível, responsável por iluminar nossos dias. Além de iluminar o dia a dia, estas ondas também carregam grandes quantidades de energia. Para fazer a diferenciação de uma onda eletromagnética² e outra, a física estabelece elementos, como: comprimento de onda, frequência, período, amplitude, velocidade de onda, entre outros. Dessa

² No vácuo, todas as ondas eletromagnéticas possuem a mesma velocidade c , desde ondas de rádio até os raios gama, incluindo a luz visível. Elas se propagam no vácuo a uma velocidade de 3×10^8 m/s ou 299.792.458 m/s. A diferenciação se dá em meios materiais (dispersão da luz, índice de refração etc).

forma, ondas eletromagnéticas com altas frequências, como os raios gama, irão carregar grandes quantidades de energia, muitas vezes nocivas a vida e possuirão um comprimento de onda pequeno. Já ondas eletromagnéticas como as ondas de rádio possuem baixas frequências e comprimentos de ondas grandes, carregando pouca quantidade de energia. O estudo das ondas eletromagnéticas é de fundamental importância, já que está muito presente na natureza e nas construções humanas, no entanto, neste trabalho não nos aprofundaremos no estudo destes elementos. Observem a ilustração do espectro eletromagnético na Figura 21, nela é possível observar um eixo vertical indicando a frequência da luz para as diferentes variações da luz, como: raios gama, raios x, ultravioleta, luz visível, infravermelho, radar, UHF, VHF e ondas curtas. O conjunto de cores que pode ser observando refere-se as cores presentes na luz branca, que nesse caso, corresponde a luz visível.

Figura 21 — Espectro eletromagnético



Fonte: SECCO, Adilson. Ilustração presente em material didático da Editora Moderna. São Paulo: Moderna, 2022.

Dessa forma, o estudo das formas de propagação de calor é essencial para compreensão de como se dão as trocas de calor no nosso dia a dia, fundamentais para a vida e para a

manutenção das construções humanas, mas também para o desenvolvimento de novas tecnologias.

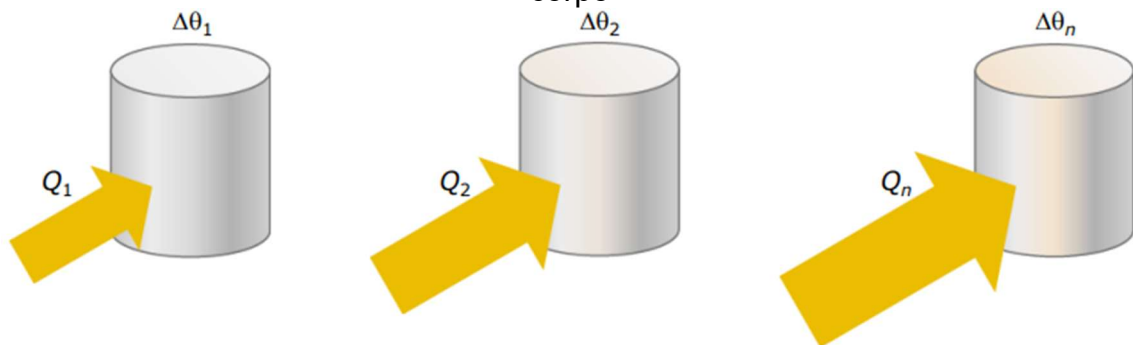
Mas como se dá o aquecimento de um determinado corpo quando submetido a uma troca de calor com outro corpo? Vamos considerar um dado corpo ao qual fornecemos quantidades diferentes de calor $Q_1, Q_2 \dots Q_n$. A letra Q será utilizada a partir daqui para definir uma determinada quantidade de calor, já que entraremos no campo da matemática para entender melhor os processos relacionados ao calor. No Sistema Internacional de medidas (SI) a quantidade de calor, assim como a energia, é medida em Joules (J). Entretanto, é mais comum medir a quantidade de calor Q em caloria cal ou quilocaloria $kcal$, sendo:

$$1 \text{ cal} = 4,186 \text{ J}$$

e,

$$1 \text{ kcal} = 1.000 \text{ cal}$$

Figura 22 — Variação de temperatura em três corpos a partir Q recebido por cada corpo



Fonte: SECCO, Adilson. Ilustração presente em material didático da Editora Moderna. São Paulo: Moderna, 2022.

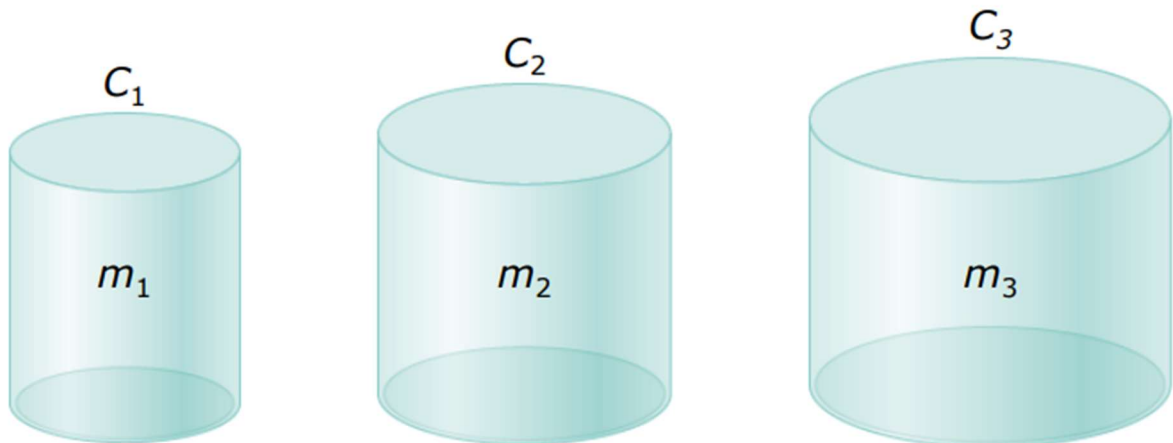
Na Figura 22 observa-se um corpo submetido a uma série de n processos térmicos diferentes. Em cada um deles são transmitidas quantidades diferentes de energia em forma de calor, $Q_1, Q_2, \dots, Q_n$, conforme indicado pelas setas amarelas. Com um termômetro, observaremos que em cada processo haverá uma variação de temperatura diferente, respectivamente, $\Delta\theta_1, \Delta\theta_2, \dots, \Delta\theta_n$. Considerando que o corpo não sofra alteração de seu estado físico nesses processos, observaremos que, em todos os processos, a razão $C = Q_n/\Delta\theta_n$ é constante. C é denominada a capacidade térmica do corpo.

Logo podemos definir a capacidade térmica de um corpo como a quantidade de calor Q que este corpo deve receber ou ceder para que ocorra uma variação em sua temperatura. A lei matemática que estabelece a capacidade térmica é dada pela equação (2).

$$C = \frac{Q}{\Delta\theta} \quad (2)$$

Assim, C é a capacidade térmica média, dada em cal/°C, Q a quantidade de calor, dada em cal e $(\Delta\theta)$ a variação de temperatura, dada em °C. Neste sentido, cada corpo específico necessita de uma determinada quantidade de energia térmica para que possa alterar em 1 °C a sua temperatura. No entanto, é intuitivo imaginar que quanto maior for a massa do corpo, mais energia térmica terá que ser fornecida para que tenhamos a mesma alteração em sua temperatura, logo, a massa se estabelece como um fator determinante para esse tipo de fenômeno térmico. Observe os três corpos C_1, C_2 e C_3 na Figura 23, onde cada corpo possui massas m_1, m_2 e m_3 respectivamente.

Figura 23 — Corpos de massas diferentes



Fonte: SECCO, Adilson. Ilustração presente em material didático da Editora Moderna. São Paulo: Moderna, 2022.

As massas dos três corpos são diferentes, com $m_1 < m_2 < m_3$. Dessa forma, percebe-se facilmente que para termos uma alteração igual de temperatura em cada um dos corpos, deveremos fornecer uma quantidade maior de energia térmica para o corpo de maior massa, assim, o corpo de maior capacidade térmica C é, também, o corpo de maior massa m .

$$C \propto m$$

A constante de proporcionalidade entre C e m é o calor específico c , dado pela equação (3):

$$C = m \times c \quad (3)$$

Onde, C é a capacidade térmica, dada em cal/°C, m é a massa em gramas e c é o calor

específico, podendo ser dado em cal/g.°C, no entanto, as unidades de temperatura, massa e do calor específico dependem das unidades de temperatura, energia e massa. Mas o que seria o calor específico? O calor específico de um material indica a quantidade de calor que uma massa unitária desse material deve receber (ou ceder) para sofrer uma variação unitária de temperatura. Dessa forma, o calor específico indica a quantidade de calor Q que devemos fornecer a uma determinada substância para que se possa alterar a temperatura de 1 unidade de massa desta substância em 1 unidade de temperatura. As unidades que serão utilizadas para as grandezas são definidas de acordo com o SI.

Como vimos, a grandeza física capacidade térmica média C de um corpo é dada pela equação (4):

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad (4)$$

onde ΔT é a variação de temperatura. Podemos reescrevê-la como:

$$Q = C \times \Delta T \quad (5)$$

Definimos também o calor específico c de um material através da equação (3):

$$C = m \times c$$

Substituindo a equação (3) em (5):

$$Q = m \times c \times \Delta T \quad (6)$$

Onde, Q é a quantidade de calor, m é a massa, c é o calor específico e ΔT é a variação de temperatura. Assim, definimos a equação fundamental da calorimetria! Com isso, podemos relacionar a quantidade de calor Q com a massa, o calor específico e a variação de temperatura de uma determinada substância.

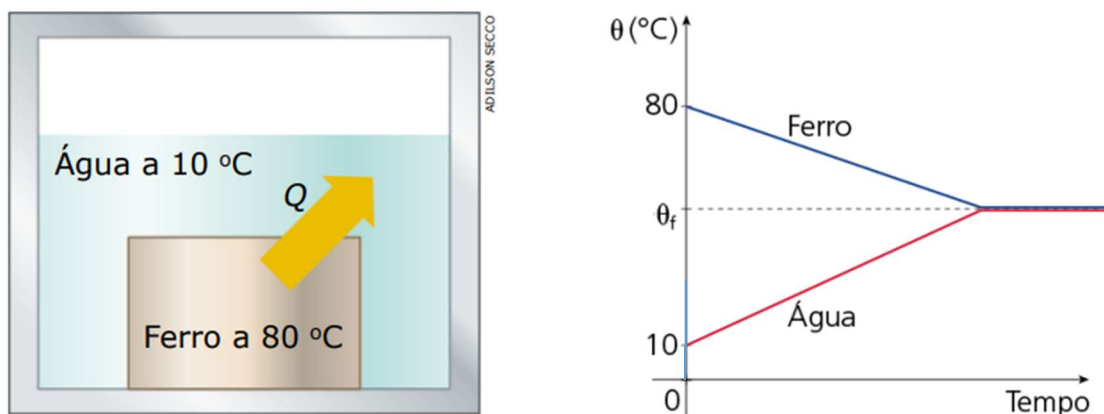
Definimos o que é a capacidade térmica, calor específico e a equação fundamental da calorimetria. Neste sentido, precisamos entender como se dá a troca de calor quando temos dois corpos em temperaturas diferentes dentro de um mesmo recipiente, podendo este estar aberto ou fechado. A física que faz o estudo desses sistemas pertence ao amplo conhecimento da

termodinâmica, no entanto, nos concentraremos no princípio geral das trocas de calor. O que acontece quando juntamos dois ou mais corpos inicialmente a temperaturas diferentes? Juntando dois corpos em um determinado recipiente ao qual denominaremos como calorímetro, por hipótese ideal e adiabático. Um calorímetro é um dispositivo isolado termicamente e é utilizado para medir a quantidade de calor absorvida ou liberada em processos físicos ou em reações químicas. Um sistema adiabático é um sistema onde não há trocas de calor com o ambiente externo, ou seja, $Q = 0$, esse sistema pode ser contido, por exemplo, por um gás ou uma massa de ar e o ambiente ao redor, assim dizemos que esse sistema é isolado. Já um calorímetro ideal é dispositivo teórico laboratorial que possui paredes adiabáticas e possui isolamento térmico perfeito, ou seja, impedindo qualquer troca de calor entre o ambiente interno e o ambiente externo ou com o próprio calorímetro. Assim:

$$C_{ideal} = 0 \frac{Cal}{g \cdot ^\circ C}$$

Dessa forma, ele pode variar sua temperatura praticamente sem receber ou ceder calor. Observe a Figura 24, na imagem a esquerda temos um calorímetro ideal com água a $10^\circ C$ em seu interior e um corpo de ferro a $80^\circ C$. Na mesma imagem a esquerda observa-se uma seta amarela indicando a troca de calor entre a água e o ferro. Na mesma figura, na imagem a direita observa-se um gráfico com o eixo vertical indicando a escala de temperatura em $^\circ C$, indo de $0^\circ C$ a $80^\circ C$ e o eixo horizontal indicando o tempo. A linha azul indica a variação da temperatura do ferro e a linha vermelha indica a variação da temperatura da água, assim, ao longo do tempo nota-se que as linhas do ferro e da água evoluem para a mesma temperatura θ_t , indicando que o ferro e a água atingiram o equilíbrio térmico.

Figura 24 — Calorímetro ideal



Fonte: SECCO, Adilson. Ilustração presente em material didático da Editora Moderna. São Paulo: Moderna, 2022.

Considerando as características do calorímetro e o princípio da conservação da energia, a equação (7):

$$Q_{(água)} + Q_{(ferro)} = 0 \quad (7)$$

Generalizando, temos o princípio geral das trocas de calor, dado pela equação (8):

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_n = 0 \quad (8)$$

Dessa forma, estabelecemos a base conceitual e matemática fundamental para a compreensão dos fenômenos físicos relacionados a calor que serão posteriormente discutidos neste trabalho.

4. ÓPTICA

A luz, os efeitos luminosos e suas fontes despertam a curiosidade do ser humano desde o princípio. Na antiguidade, na ausência da ciência e da racionalidade, o homem buscava responder as perguntas para as quais não tinham respostas através da mitologia e das crenças religiosas, entretanto, estas respostas que encontravam eram incapazes de responder muitas outras questões envolvendo a luz e suas interações com a matéria, dificultando ou até mesmo impossibilitando a manipulação precisa e a previsão dos fenômenos relacionados.

Nas religiões politeístas, os deuses solares ocupavam uma posição de hierarquia privilegiada. Eles induziam um grande respeito e admiração no homem, pois eram tais deuses que lhes dava calor e os iluminavam durante o dia. Em diferentes regiões do mundo, os povos tinham sua maneira de manifestar gratidão ao deus sol, seja com sacrifícios, oferendas ou com orações. (COSTA, 2015).

Logo, foi dessa maneira que durante muito tempo da história humana, diversas civilizações e pessoas buscaram responder perguntas que envolviam fenômenos ópticos, como por exemplo: na mitologia egípcia, o sol não era visto como uma única figura, mas sim como várias figuras, no meio-dia era chamado de Rá, Hórus era o da manhã e Atum o do pôr do sol. Os chineses também construíram suas próprias interpretações, em que o sol era considerado um deus, assim como o céu e a terra. No entanto, com o passar dos anos, algumas civilizações e seres humanos específicos, como Aristóteles (384-322 AC), buscaram na observação sistemática da natureza e da racionalidade, dar respostas que pudessem explicar melhor os fenômenos naturais, a exemplo da óptica. Para Aristóteles, a luz era um estado que era alterado ou não com a presença de um corpo. Os olhos ou os objetos não emitiam luz, os objetos

simplesmente alteravam a transparência do meio, os tornando visíveis. Com a contribuição de muitos pensadores e civilizações, o conhecimento da óptica não ficou mais restrito a mitologia e as crenças religiosas, transitando para novas abordagens. Com o passar de muitos séculos, na era moderna, entre os séculos XVII e XVIII, o pensamento científico se aprimorava e novas respostas, mais sistematizadas, eram construídas para tentar responder melhor o que se observava na natureza.

A óptica deu um grande passo no ano de 1604, quando Johannes Kepler (1571-1630) publicou uma obra intitulada *Ad Vitellionem Paralipomena* (Suplemento ao Vitelo). Esta obra tinha tal grandeza que fez com que seu antecessor ficasse quase esquecido. Em seus escritos, Kepler propôs primeiramente explicar de vez o mecanismo do olho humano. Sua ideia era a seguinte, todo corpo é formado por infinitos pontos e estes pontos emitem raios de luz que chegam aos nossos olhos. (COSTA, 2015).

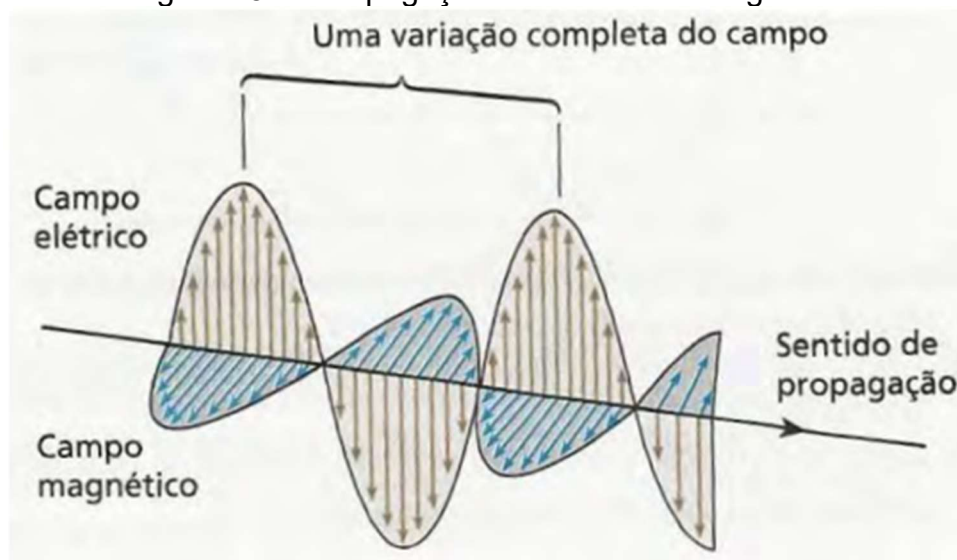
A partir do pensamento científico, os fenômenos naturais passam a ser explicados a partir da razão. Johannes Kepler (1571 - 1630), Galileu Galilei (1564 - 1632), Willebrord Snell (1591 - 1626), Descartes (1596-1650), fizeram estudos com grande relevância para construção dos conhecimentos referentes a óptica, desde a um entendimento mais profundo sobre a natureza da luz e como acontece sua propagação, mas também como a luz interage com a matéria, possibilitando o desenvolvimento de diversas tecnologias que trouxeram significativos avanços para humanidade, a exemplo dos espelhos e das lentes. Neste sentido, este capítulo traz uma breve perspectiva histórica de como se deu o desenvolvimento da óptica ao longo da história, mas também propõe organizar no próximo tópico, os aspectos mais fundamentais do estudo da óptica com aplicação direta neste trabalho.

4.1. Óptica e algumas aplicações

A óptica é um ramo da física de grande importância para o ser humano. Com inúmeras aplicações tecnológicas que abrangem diversas áreas do conhecimento humano, é uma área central para o desenvolvimento de novas tecnologias capazes de melhorar a relação do homem com o mundo. A óptica é aplicada no uso de microscópios na biologia, de telescópios na astronomia, na explicação e correção de problemas visuais, nos equipamentos hospitalares para o tratamento de diversas doenças, como a exemplo do câncer. A palavra "óptica" vem do grego *optiké*, que significa "visão" ou "relativo ao que se pode ver". Dessa forma, podemos definir a óptica como sendo a parte da Física que trata dos fenômenos causados pela luz e suas interações com a matéria. Mas o que seria a luz? Podemos definir a luz como uma energia radiante que se propaga por meio de ondas eletromagnéticas e possui um amplo espectro de

comprimentos de onda, cada comprimento de onda está relacionado a um tipo específico de luz, como por exemplos: as ondas de rádio, TV e de radar, raios infravermelhos, luz visível, raios ultravioletas, raios gama etc. É importante ressaltar que nem todos os comprimentos de onda contidos no espectro eletromagnético são visíveis pelos olhos humanos, mas apenas os comprimentos de onda que correspondem a luz visível. As ondas eletromagnéticas se propagam em dois campos variáveis periodicamente, um elétrico e outro magnético, perpendiculares entre si e à direção de propagação da onda. Na Figura 25 é possível observar como se dá a propagação da onda eletromagnética. Através do eixo horizontal propagam-se os campos elétrico e magnético, em que o campo elétrico é representado pelas linhas vermelhas e o campo magnético é representado pelas linhas azuis. Conforme ilustra a figura, a direção de propagação deste campo é da esquerda para direita.

Figura 25 — Propagação da onda eletromagnética



Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

Durante a história da física, muitas discussões foram realizadas para entender e formalizar a natureza da luz, tendo Isaac Newton (1642-1727) defendido que a luz tem um comportamento corpuscular, ou seja, a luz se comporta como um corpo. Já Christiaan Huygens (1629-1795) defendeu o comportamento ondulatório da luz, ou seja, a luz se comporta como uma onda. No entanto, posteriormente com o avanço da física, a teoria mais aceita no campo científico é a da dualidade onda-partícula da luz, teorizada por Louis de Broglie em 1924, propôs que a luz e outras partículas poderiam ter propriedades de onda. Tendo em vista esse breve relato histórico acerca da natureza da luz, este trabalho não se ocupará em aprofundar os desdobramentos destes conceitos.

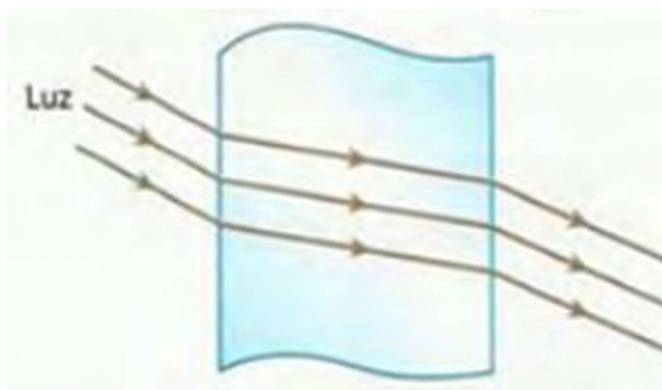
Mas de onde vem a luz? Das fontes de luz! Fontes de luz são todos os corpos dos quais

se pode receber luz. Estas fontes podem ser naturais ou artificiais. A principal fonte natural de luz que temos é o sol. Já dentro das fontes artificiais temos principalmente as lâmpadas. Estes corpos podem ser classificados como fontes primárias, quando emitem luz própria, ou secundárias, que enviam a luz que recebem de outras fontes, como é o caso da lua ou planetas. Quando a luz interage com a matéria, muitos fenômenos podem surgir, entretanto, trataremos especificamente alguns destes fenômenos de acordo com os meios de incidência. Podemos classificar os meios em que a luz interage por vários critérios, mas, considerando a capacidade do meio de transmitir a luz, é possível dividir em três tipos principais: translúcidos e meios opacos.

Os meios transparentes são aqueles que permitem que a luz os atravesse descrevendo trajetórias regulares e bem definidas. O único meio absolutamente transparente é o vácuo. Entretanto, em camadas de espessura não muito grande, também podem ser considerados transparentes o ar atmosférico, a água pura, o vidro hialino e outros. (NEWTON et al, 2007).

Na Figura 26 é possível observar a luz, representada pelas linhas vermelhas, incidindo sobre um material transparente e emergindo de forma regular e bem definida.

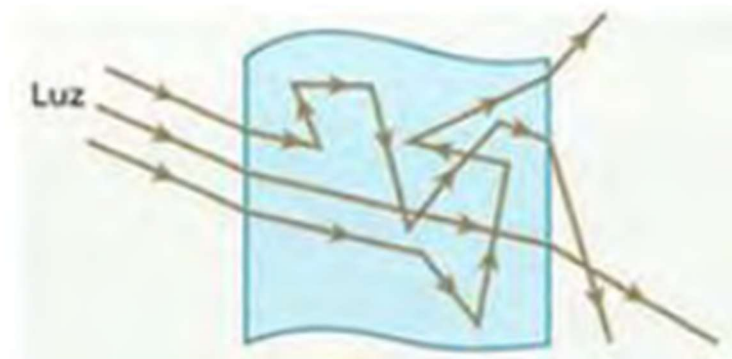
Figura 26 — Meio de propagação da luz transparente



Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

Meios translúcidos são os meios em que a luz realiza trajetórias irregulares e as partículas do meio causam a difusão da luz, espalhando-a e fazendo com que a imagem fique difuso, sem definição clara, como por exemplo em uma neblina. Na Figura 27 é possível observar a luz, representada pelas linhas vermelhas, incidindo em um material translúcido e emergindo de forma irregular, sem definição.

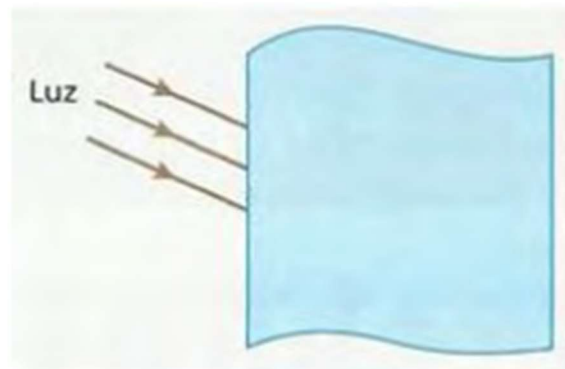
Figura 27— Meio de propagação da luz translúcido



Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

Nos meios opacos a luz não se propaga. Depois que a luz incide num meio opaco, a luz é parcialmente absorvida e parcialmente refletida por ele, sendo a parcela absorvida convertida em outras formas de energia, como a energia térmica. Temos exemplos de materiais opacos a madeira, metais, concreto etc. Na Figura 28 é possível observar a luz incidindo em um material opaco e não emergindo.

Figura 28 — Meio de propagação da luz opaco



Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

Como dito anteriormente, a luz é uma onda eletromagnética, no entanto, na natureza não existem somente as ondas eletromagnéticas, assim, cabe uma discussão breve sobre ondulatória e suas principais características. Podemos definir ondas como perturbações que se propagam pelo espaço transportando energia, no entanto, sem transportar matéria. Existem as ondas mecânicas e as ondas eletromagnéticas. As ondas mecânicas se propagam através da matéria, como a água, o ar e os diversos tipos de meios materiais, podendo ser sólidos, líquidos ou gasosos, assim, para que as ondas mecânicas se propaguem pelo espaço é necessário que as partículas desse meio vibrem. Já as ondas eletromagnéticas, diferente das ondas mecânicas, não

necessitam da matéria para se propagar, ela pode se propagar tanto em meios materiais, como em locais que não exista matéria, como é o caso do vácuo do espaço. Tanto as ondas mecânicas, como as ondas eletromagnéticas vão apresentar os seguintes elementos: amplitude, comprimento de onda, velocidade, frequência e período. A amplitude (A) é a distância da posição de repouso, podendo ser vertical ou horizontal, podemos chamar de eixo central, até o ponto mais alto, a crista, ou mais baixo da onda, o vale, estando associada a energia ou intensidade da onda. O comprimento de onda (λ) é a distância, no SI, medida em metros, entre dois pontos correspondentes consecutivos, esses pontos podem ser duas cristas ou dois vales. A frequência (f), dada em Hertz (Hz) no SI, é o número de oscilações ou ciclos completos que a onda executa em um segundo. A equação (9) determina a frequência:

$$f = \frac{1}{T} \quad (9)$$

f é a frequência (Hz) e T é o período (s).

O período (T), dado em segundos (s), é o tempo necessário para que a onda complete um ciclo. O período é o inverso da frequência e sua equação é dada pela equação (10):

$$T = \frac{1}{f} \quad (10)$$

T é o período (s) e f é a frequência (Hz).

Já a velocidade de onda é a velocidade com que a onda se move através de um meio. A equação da velocidade de onda é dada pela equação (11) :

$$v = \lambda \times f \quad (11)$$

No SI, v é a velocidade de onda (m/s), λ é o comprimento de onda (m) e f é a frequência (Hz).

Trataremos agora sobre a refração e a reflexão da luz. A refração da luz é o fenômeno que ocorre quando a luz é transmitida de um meio para outro com propriedades diferentes de forma a provocar alteração na velocidade da propagação. A grandeza física que mede essa redução da velocidade da luz quando ela passa de um meio para outro, chama-se índice de refração. Definimos meio como qualquer material, substância ou ambiente físico no qual a luz se propaga e interage. Segundo Tipler e Mosca (2008), o índice de refração, é definido como a

razão entre a velocidade da luz no vácuo, c , e a velocidade no meio, v . A equação que relaciona a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz no meio é dada pela equação (12):

$$\eta = \frac{c}{v} \quad (12)$$

η é o índice de refração absoluto, c é a velocidade da luz no vácuo, no SI em (m/s) e v é a velocidade da luz no meio, no SI em (m/s). Dessa forma, como a velocidade de propagação da luz no vácuo é c , é possível perceber que a razão terá valor 1, assim, o índice de refração no vácuo, qualquer que seja a frequência da luz, vale 1. Veja na Tabela 1 alguns meios materiais e seus respectivos índices de refração.

Tabela 1 — Índices de refração de alguns meios materiais

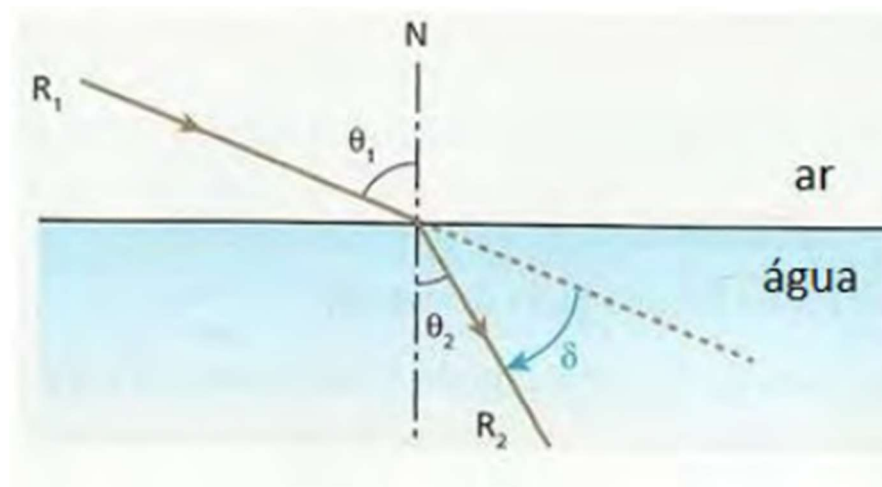
Material	Índice de refração
Ar	1,0003
Água	1,33
Gelo	1,31
Álcool	1,36

Fonte: Brasil Escola, 2026

Na Figura 29 observa-se a luz (R1) representada pela linha vermelha, saindo do ar, cujo índice de refração é de 1,0003, conforme a Tabela 1, formando assim um ângulo θ_1 em relação ao eixo vertical. O eixo vertical representa a normal (N). A "normal" é uma linha imaginária perpendicular e faz um ângulo de 90° à superfície que a luz incide. Ao incidir sobre a água, cujo índice de refração é de 1,33, conforme a Tabela 1, a luz é refratada com ângulo θ_2 , alteração a

velocidade e direção de propagação, conforme representado por (R2).

Figura 29 — Refração da luz



Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

A Figura 30 traz um exemplo real da luz sofrendo refração ao passar de um meio para outro.

Figura 30 — Exemplo real da refração da luz

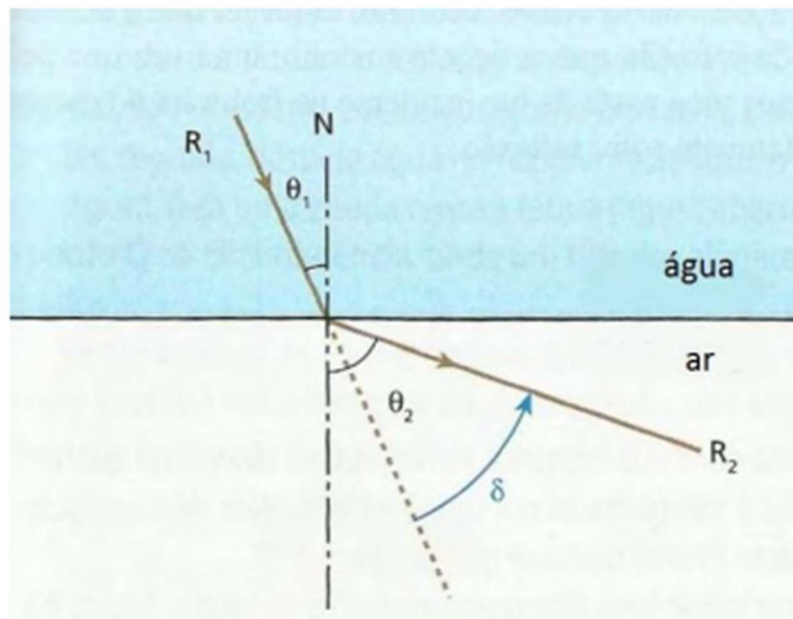


Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

Para determinarmos a intensidade do desvio que a luz sofrerá ao incidir em um meio com índice de refração diferente, é preciso observar a refringência do meio. A refringência de um meio em relação a outro depende do índice de refração de ambos, assim, o meio com maior valor de índice de refração será mais refringente em relação àquele com menor valor. Dessa

forma, conforme ilustra a Figura 31, é possível observar um feixe de luz (R1) representado por uma linha vermelha saindo da água, cujo índice de refração é de 1,33, conforme descrito na Tabela 1, formando um ângulo θ_1 com a reta normal, emergindo sobre o ar, cujo índice de refração é de 1,0003, conforme descrito na Tabela 1, formando um ângulo θ_2 e descrevendo uma nova direção de propagação (R2). Como o índice de refração da água é maior do que o índice de refração do ar, diz-se que a água é mais refrigente do que o ar. Assim, como o feixe de luz sai da água para o ar, ele se afasta da reta normal.

Figura 31 — Refração da luz e análise da refrigência



Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

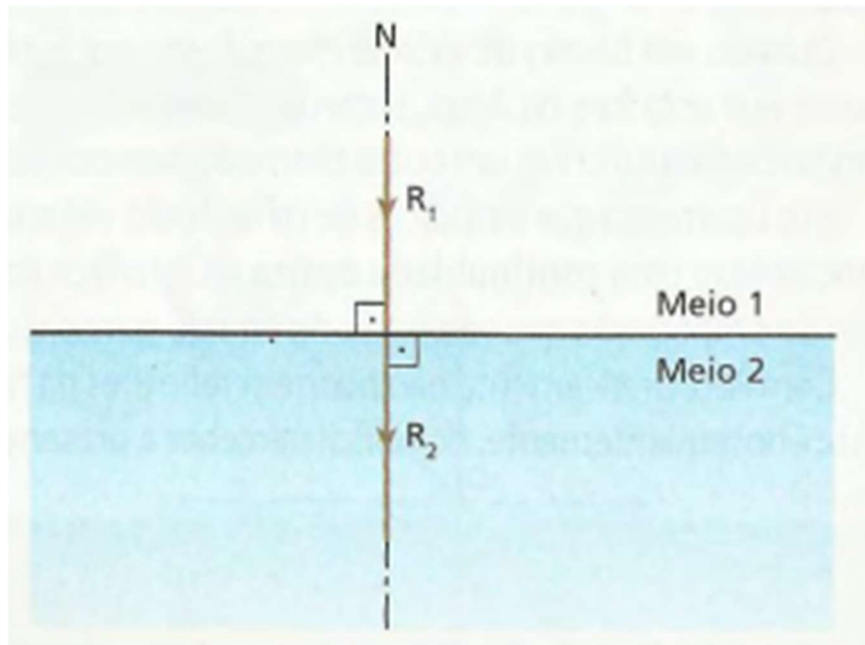
Segundo Walker (2009), a lei da refração diz que o raio refratado está no plano de incidência e tem um ângulo de refração θ_2 que está relacionado com o ângulo de incidência θ_1 . A equação que faz essa relação é dada pela lei de Snell. A lei de Snell é a lei que descreve o comportamento da luz quando ela se propaga entre meios de diferentes índices de refração e é dada pela equação (13).

$$\eta_1 \times \text{seno } \theta_1 = \eta_2 \times \text{seno } \theta_2 \quad (13)$$

Assim, se tivermos um raio incidente com ângulo nulo em relação a normal, não haverá desvio desse raio no meio. A Figura 32 ilustra um feixe de luz (R1) representado pela linha vermelha saindo de um meio 1 para um meio 2. O ângulo formado pelo feixe de luz (R1) em relação a normal é nulo, ou seja, $\theta = 0^\circ$, assim o ângulo feixe de luz (R2) em relação a normal

também será nulo. Nesta situação não ocorrerá desvio na direção de propagação da luz, mas a velocidade de propagação pode diminuir ou aumentar, a depender dos meios.

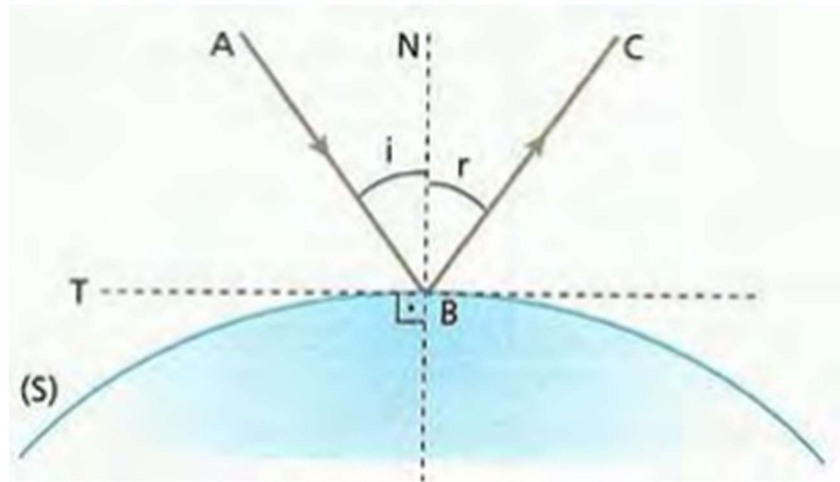
Figura 32 — Refração com ângulo nulo



Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

Outra propriedade fundamental para o estudo da óptica é a reflexão. Na reflexão, quando a luz incide sobre algum material reflexivo, ou seja, que tem capacidade de refleti-la, ela retornará para o meio de origem. Na Figura 33 observa-se um feixe de luz, representado pela linha (A), incidindo em uma superfície reflexiva (S), com um ângulo i em relação a reta normal. O feixe refletido está representando pela linha C, com um ângulo de reflexão r e de mesmo valor de i .

Figura 33 — Reflexão



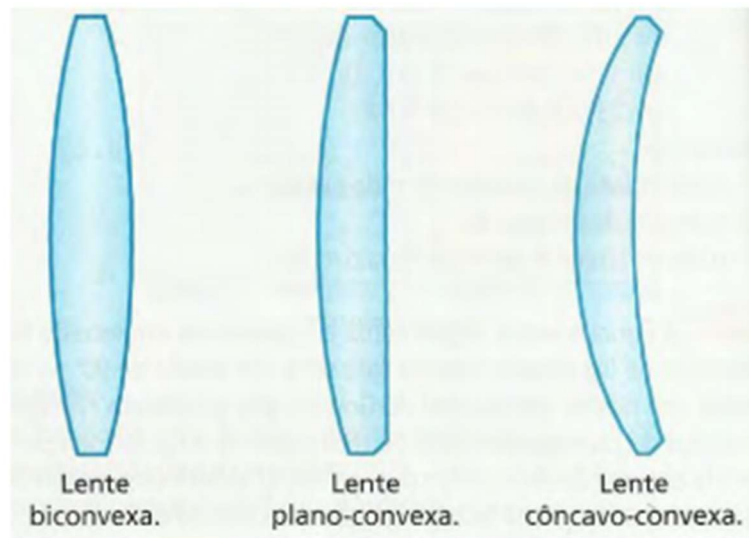
Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

Segundo Walker (2009), a lei da reflexão diz que o raio refletido está no plano de incidência e tem um ângulo de reflexão igual ao ângulo de incidência. Assim,

$$i = r$$

Como foi explanado, a luz interage com a matéria de diferentes maneiras, provocando efeitos luminosos diversos, entretanto aprofundaremos um pouco mais em entender como a luz interage com as lentes. Lentes são corpos transparentes limitados por duas superfícies refratoras com um eixo central em comum. As lentes podem ser fabricadas em vidro, cristal, acrílico etc. As lentes podem ser classificadas em duas grandes categorias distintas, dependendo da espessura da região periférica comparada à espessura da região central: lentes de bordas finas e lentes de bordas grossas. Na Figura 34 observa-se as lentes biconvexa, plano-convexa e côncavo-convexa, ambas apresentam as bordas finas como característica.

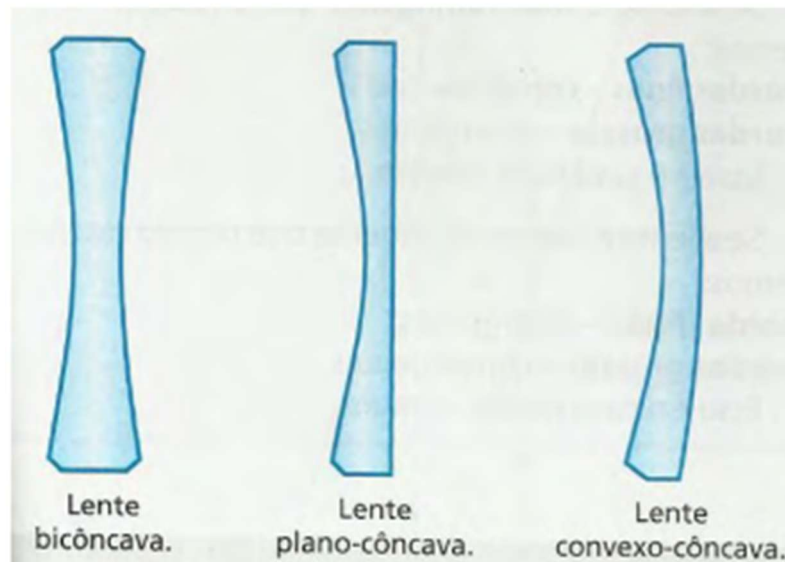
Figura 34 — Lentes de borda fina



Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

Na Figura 35 observa-se lentes bicôncava, plano-côncava e convexo-côncava, ambas apresentam as bordas grossa como característica.

Figura 35 — Lentes de borda grossa

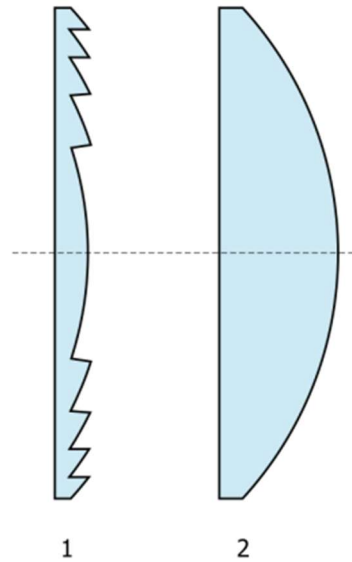


Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

Além das lentes de borda fina e borda grossa, outro tipo de lente de fundamental importância para a física e a tecnologia é a lente de Fresnel. A lente Fresnel é um tipo de lente inventada pelo físico francês Augustin-Jean Fresnel. Esta lente foi criada no intuito de ser utilizada em faróis de sinalização náutica. A sua estrutura possibilita a construção de lentes de grande abertura e curta distância focal, sem precisar da mesma quantidade de material que

uma lente convencional precisaria. Quando comparadas as lentes convencionais, a lente Fresnel é bem mais fina, permitindo passagem de mais luz, trazendo diversas vantagens ópticas, além de serem mais fácil de transportar e manipular. Na Figura 36 observa-se duas lentes. Uma lente Fresnel está representada pelo número 1 e uma lente convencional representada pelo número 2.

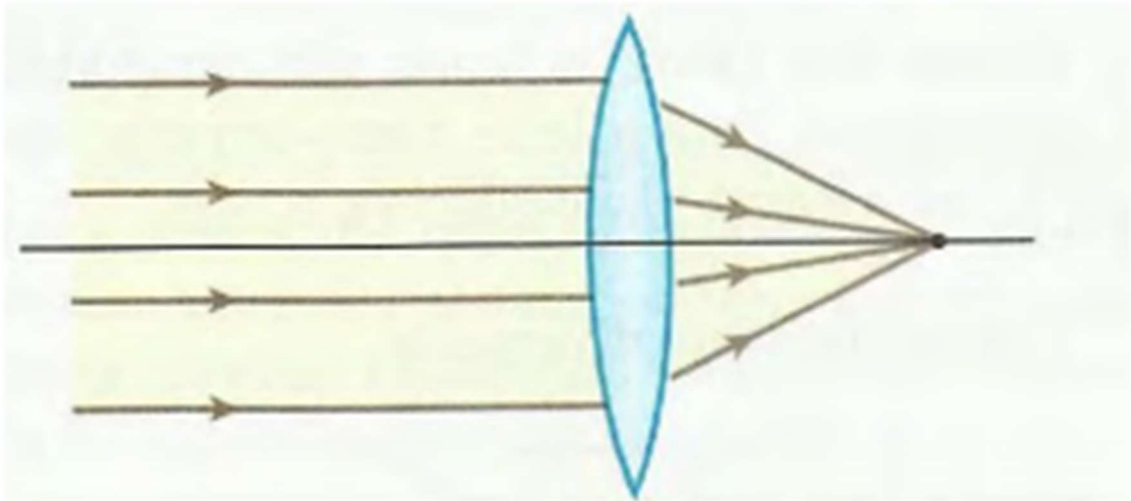
Figura 36 — Comparação entre uma lente fresnel e uma lente convencional



Fonte: Wikipédia, 2026

Como mencionado anteriormente, quando a luz interage com a matéria é possível observar diferentes fenômenos ópticos a depender do tipo de material. Nas lentes esféricas, cujo ao menos uma das superfícies é curva, podemos observar dois comportamentos ópticos diferentes: o comportamento convergente e o comportamento divergente. Dizemos que é convergente uma lente em que os raios luminosos inicialmente paralelos ao eixo central se aproximem do eixo. Na Figura 37 observa-se alguns feixes de luz incidindo sobre a superfície de uma lente biconvexa, que é uma lente que tem as duas as duas faces curvas, fazendo com que a luz que incide em uma das faces, refrate e converge para um único ponto, aproximando-se do eixo central.

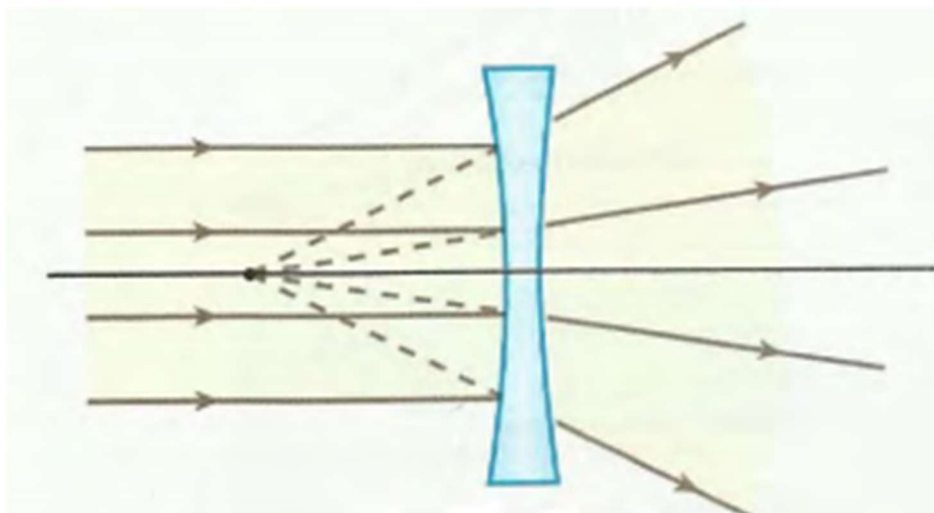
Figura 37 — Lente biconvexa convergente



Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

Dizemos que é divergente uma lente que faz com que os raios luminosos se afastem desse eixo. Na Figura 38 observa-se uma lente bicôncava convergente, alguns feixes de luz incidindo em umas das faces e divergindo ao refratarem na lente, ou seja, afastando do eixo central. Essa lente possui as duas faces côncavas, curvadas para dentro e possui a característica de espalhar a luz que incide em uma das faces.

Figura 38 — Lente bicôncava convergente



Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

Neste capítulo tratamos dos pontos mais fundamentais para o estudo da óptica. Como foi discutido, conhecimentos que foram construídos por muitas mãos ao longo de muitas gerações de estudiosos e estão presentes em muitas tecnologias essenciais para o ser humano.

5. METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentado o percurso metodológico, com a descrição detalhada de cada etapa percorrida para a concretização desta pesquisa, aprofundando sobre as características, o local de aplicação do produto, os aspectos éticos, os agentes participantes da pesquisa e a coleta e análise dos dados produzidos.

5.1. Percurso metodológico

Esta pesquisa possui um caráter quantitativo-qualitativo, devido a necessidade de caracterizar o percurso e a aprendizagem dos estudantes durante a aplicação da sequência didática. Além do caráter qualitativo, o caráter quantitativo tem como objetivo servir de base para uma análise com mais profundidade através de gráficos, que permitam uma melhor observação de aspectos referentes a este trabalho. Segundo esta perspectiva,

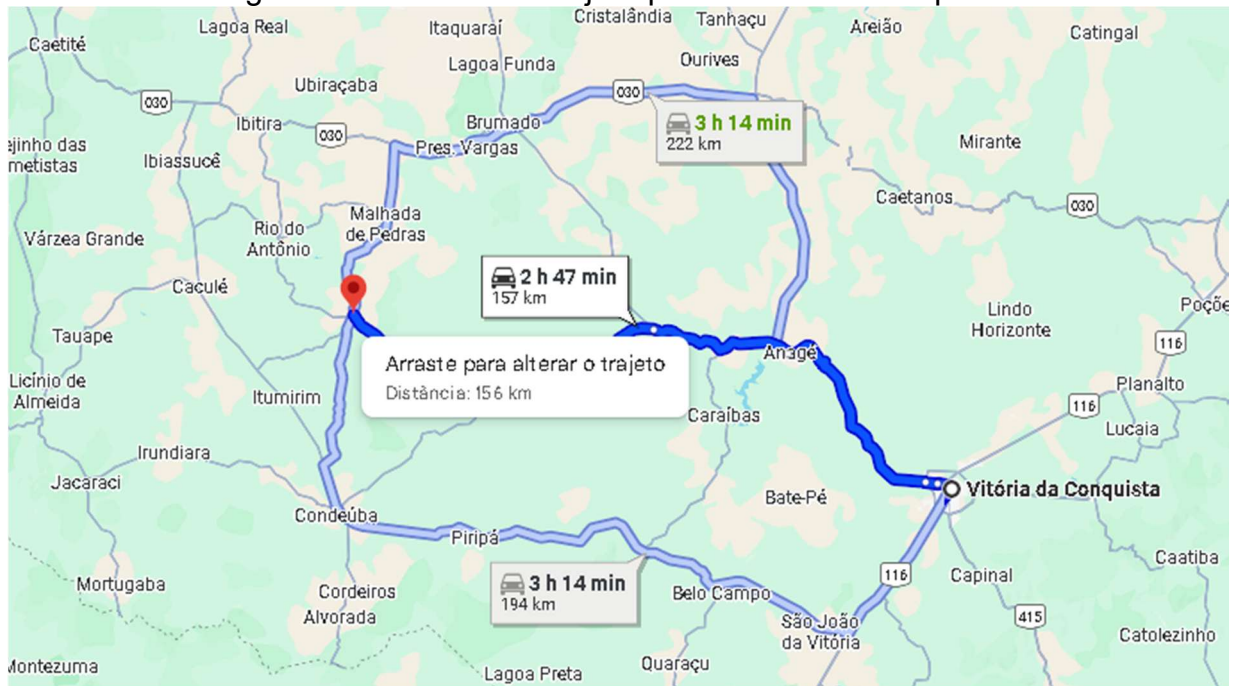
Um fenômeno pode ser melhor compreendido no contexto em que ocorre e do qual é parte, devendo ser analisado numa perspectiva integrada. Para tanto, o pesquisador vai a campo buscando “captar” o fenômeno em estudo a partir da perspectiva das pessoas nele envolvidas, considerando todos os pontos de vista relevantes. Vários tipos de dados são coletados e analisados para que se entenda a dinâmica do fenômeno. (GODOY, 1995, p.21).

O desenvolvimento desta sequência didática por meio dos pressupostos dos Três Momentos Pedagógicos, visa proporcionar ao estudante protagonismo na construção do conhecimento.

A educação libertadora é incompatível com uma pedagogia que, de maneira consciente ou mistificada, tem sido prática de dominação. A prática da liberdade só encontrará adequada expressão numa pedagogia em que o oprimido tenha condições de, reflexivamente, descobrir-se e conquistar-se como sujeito de sua própria destinação histórica. (FIORI, 1987, p. 5).

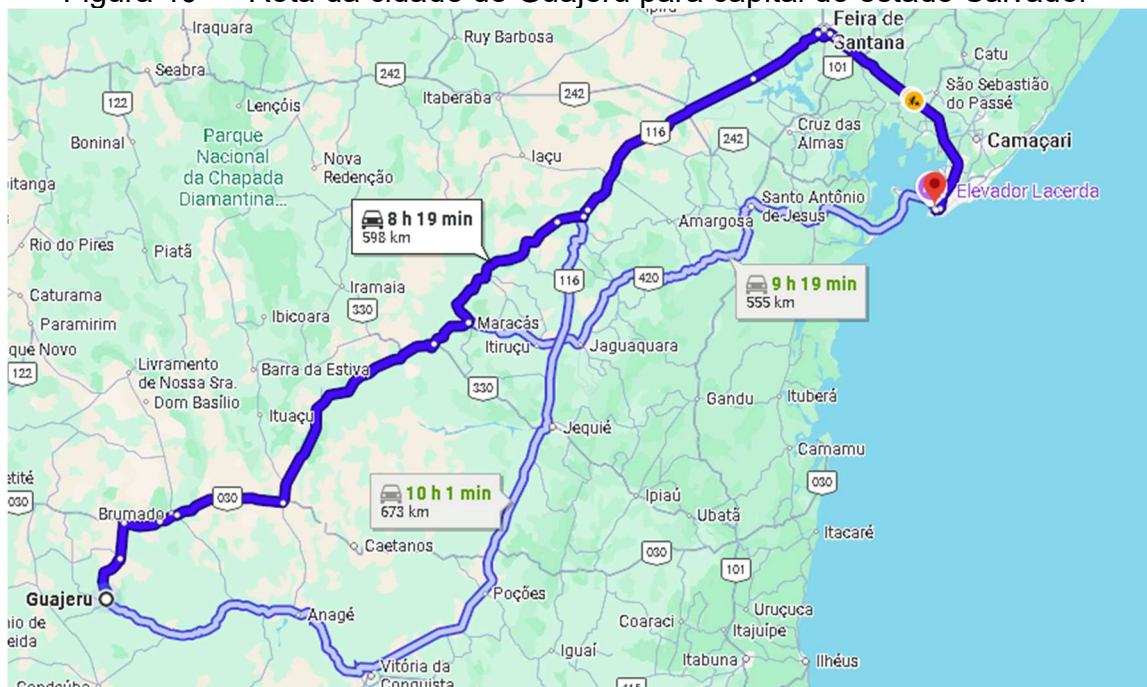
Esta pesquisa foi desenvolvida no Colégio Estadual de Tempo Integral Jorge Amado, que fica localizado na cidade de Guajeru - Bahia. Esta cidade é composta por 8.050 habitantes, de acordo com o último censo demográfico realizado pelo IBGE em 2022. Fica localizada na região sudoeste da Bahia, distante aproximadamente 160 km de Vitória da Conquista - Bahia e distante aproximadamente 600 km da capital do estado, Salvador. A Figura 39, Figura 40 e Figura 41 mostram a localização da cidade em relação à Vitória da Conquista, a capital Salvador e ao mapa do estado da Bahia.

Figura 39 — Rota de Guajeru para Vitória da Conquista



Fonte: Google Maps, 2026

Figura 40 — Rota da cidade de Guajeru para capital do estado Salvador



Fonte: Google Maps, 2026

Figura 41 — Localização da cidade de Guajeru no Mapa da Bahia



Fonte: Wikipédia, 2026

A sequência didática foi aplicada em uma turma do 2º ano de Ensino Integral. Nesta turma continha 17 alunos devidamente matriculados e a escolha da turma se deu pelo alinhamento da ementa da disciplina com a respectiva série e o objeto de estudo da sequência didática, desta forma, existiu uma intencionalidade na escolha da turma.

A aplicação desta sequência visa inserir o debate sobre as mudanças climáticas de maneira articulada com a necessidade do desenvolvimento de novos métodos de ensino que sejam inovadores e abordem sustentabilidade nas aulas de física, no intuito de romper com o ensino tradicional, proporcionando um caráter mais interativo, experimental e participativo. Os procedimentos metodológicos adotados como instrumentos dessa pesquisa foram: questionários, situações-problema, aulas expositivas, listas de exercícios e o experimento didático de baixo custo. Estas abordagens possibilitaram que no decorrer da aplicação do projeto, os pressupostos dos 3 MP's pudessem ser executados com clareza, permitindo contextualizar os conteúdos aprendidos durante as problematizações, com situações reais vivenciadas no dia a dia.

Esta sequência didática foi construída para ser aplicado no intervalo de 16 aulas de 50

minutos cada, de acordo com cada etapa dos 3 MP's. A Tabela 2 apresenta detalhadamente o cronograma de aplicação.

Tabela 2 — Cronograma de aplicação do sequência didática

CRONOGRAMA DE APLICAÇÃO DO SEQUÊNCIA DIDÁTICA A PARTIR DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS		
1º MOMENTO (PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL)	AULA 1	Aplicação do questionário de sondagem para o levantamento dos conhecimentos prévios sobre conceitos relacionados a termodinâmica, óptica e problemas ligados à produção de energia.
	AULAS 2 E 3	Aplicação das situações problemas com o uso de imagens e reportagens.
	AULAS 4 E 5	Formação de grupos para construir respostas para as situações-problema. Discussão aberta com os grupos, para que exponham suas explicações para as situações-problema.
2º MOMENTO (ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO)	AULAS 6 E 7	Exposição e explicação dos conceitos físicos da calorimetria, como temperatura, calor, propagação do calor, calor sensível etc. Articulando a exposição às discussões das situações-problema.
	AULAS 8 E 9	Exposição e explicação dos conceitos físicos da óptica,

		como a luz, fontes de luz, características da luz, ondulatória, reflexão, refração, lentes etc. Articulando a exposição às discussões das situações-problema.
	AULAS 10 E 11	Exposição e explicação dos conceitos de radiação solar: solarimetria, estações do ano etc. Articulando a exposição as discussões das situações-problema.
3º MOMENTO (APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO)	AULA 12 E 13	Aplicação da lista de exercícios de vestibular, como o ENEM, para e contextualizar os conceitos estudados.
	AULA 14 E 15	Aplicar experimento didático de baixo custo, com o uso da Lente Fresnel convergente, calorímetro e líquido (água e óleo). Comparação entre a teoria e a prática dos aspectos físicos do experimento de baixo custo. Análise e discussão.
	AULA 16	Reaplicação do questionário.

O questionário teve por objetivo verificar por meio de questões elaboradas de acordo com a Escala Likert, como os estudantes do 2º ano Integral do Colégio Estadual de Tempo Integral Jorge Amado, concebiam conhecimentos relacionados aos objetos de pesquisa da sequência didática, como a sustentabilidade e as energias renováveis, além dos conhecimentos da física, como a calorimetria e a óptica. Na aplicação deste questionário, não foi solicitado que

os estudantes colocassem o nome, preservando assim a identidade de cada um.

A Escala Likert é uma ferramenta muito utilizada para medir atitudes, opiniões ou comportamentos em pesquisas, sendo muito aplicada em questionários. Ela foi desenvolvida pelo psicólogo Rensis Likert em 1932 e nesta escala, os respondentes indiquem seu nível de concordância ou discordância em relação a uma afirmação, usando uma escala ordinal de respostas que variam geralmente de "discordo totalmente" a "concordo totalmente". A escala foi aplicada na seguinte ordem: discordo totalmente; discordo; neutro; concordo; concordo totalmente. Dessa maneira, a escolha da Escala Likert se deu a partir da necessidade de medir a opinião do estudante de forma mais ampla, permitindo que os estudantes manifestassem suas opiniões em relação as afirmações dos questionários em diferentes intensidades, como explicado acima.

A aplicação desse questionário se deu no período de 1 aula de 50 minutos, de forma individual, no início e ao fim da aplicação deste produto, como instrumento de investigação.

As situações-problema foram construídas no intuito de contribuir com o mapeamento dos conhecimentos prévios dos estudantes a partir de metodologias ativas de ensino, proporcionando mais interação do estudante com o objeto de estudo, rompendo assim com as metodologias tradicionais, abrindo espaço para a construção coletiva de soluções, com senso crítico e criatividade.

Há indicadores que nos permitem argumentar a favor do currículo por projetos como uma matriz de mudança em potencial para aqueles segmentos da educação que entendem ser necessário recuperar a totalidade do conhecimento e romper com o conservadorismo das práticas pedagógicas repetitivas e acríticas. (KELLER-FRANCO & MASSETTO, 2012, p.12).

Dessa forma, o uso das situações-problema potencializa a realização da problematização inicial dos objetos de conhecimento deste produto, ao permitir que as respostas para estas situações sejam construídas de forma coletiva, crítica e dialogada.

Toda situação que tem por objetivo alcançar uma meta mediante estratégias, raciocínio lógico, modelagem e interpretação. Assim, um problema requer mais do que aplicação de fórmula ou de operações aprendidas nas aulas e passa a existir quando é indispensável interpretar, estruturar e contextualizar a situação (ALVARENGA, ANDRADE & DE JESUS SANTOS, 2016, p.41).

Neste sentido, as situações-problema selecionadas para a problematização inicial desta sequência didática são diretamente alinhadas com os objetos de conhecimento e com as discussões que se espera levantar com os estudantes. Para aplicação e discussão das respostas apresentadas nas situações-problema foram necessárias 4 aulas de 50 minutos cada.

A aulas expositivas foram realizadas em sala de aula utilizando slides e lousa, para isso

foi utilizado o tempo de 6 aulas de 50 minutos cada, como foi explanado no cronograma apresentado na Tabela 2. As aulas expositivas fazem parte do 2º momento da sequência didática, a organização do conhecimento. A explicação dos conceitos na etapa da organização do conhecimento aconteceu de forma articulada com a etapa da problematização.

O 3º momento da sequência didática, a aplicação, iniciou-se com a aplicação da lista de exercícios com questões de vestibulares relacionadas com os conceitos trabalhados na organização do conhecimento. A aplicação da lista de exercícios aconteceu no período de 2 aulas de 50 minutos. As questões utilizadas propunham colocar em contexto os conceitos estudados, articulando as 3 etapas dessa sequência didática, a problematização, a organização do conhecimento e a aplicação. A lista de exercícios está anexada nesta dissertação.

Para a execução da atividade experimental são necessárias 2 aulas de 50 minutos. Os recursos utilizados foram os seguintes: 1 calorímetro; 1 termômetro culinário; 1 lente Fresnel de 30 cm de diâmetro; 1 bloqueador de luz solar para lente Fresnel de confecção caseira; Água; Óleo. As Figura 42, Figura 43, Figura 44, Figura 45 e Figura 46 trazem imagens dos recursos utilizados. A lente Fresnel pode ser encontrada em sites de compra na internet por preços variáveis a depender do tamanho, mas ficando em torno de 100,00 reais. Uma alternativa a lente Fresnel pode ser o uso de uma lupa; O termômetro pode ser o culinário, cujo valor é de aproximadamente 10,00 reais; O calorímetro na internet custa aproximadamente 50,00 reais. O calorímetro e o termômetro são facilmente encontrados nas escolas que possuem laboratórios. A lente Fresnel dificilmente é encontrada, mas pode ser substituída pela lupa, que por sua vez é mais fácil de encontrar.

Figura 42 — Calorímetro



Fonte: Acervo pessoal

Figura 43 — Termômetro culinário



Fonte: Acervo pessoal

Figura 44 — Lente Fresnel



Fonte: Acervo pessoal

Figura 45 — Bloqueador de luz solar de confecção caseira



Fonte: Acervo pessoal

Figura 46 — Copo com óleo a esquerda e copo com água a direita



Fonte: Acervo pessoal

Este experimento de baixo custo foi desenvolvido pelo autor da pesquisa, sendo uma proposta inovadora para o aquecimento ou cozimento de alimentos. Esta proposta de experimento foi apresentada pelo autor ao programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte da sequência didática na qualificação do projeto.

A aplicação da parte experimental se deu em dois momentos, conforme demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3 — Detalhamento da aplicação do experimento de baixo custo

OBJETIVO	Esta tabela tem por objetivo medir e verificar a aplicação da atividade experimental de baixo custo, como a variação de temperatura de um líquido quando exposto a uma determinada quantidade de radiação solar por um período; a quantidade de energia transmitida pela lente Fresnel de acordo com a área exposta a luz solar; verificação da eficiência do processo de transmissão da energia; verificação da eficiência do aquecimento do líquido levando em consideração as perdas para o ambiente; entre outros aspectos transversais;		
1º MOMENTO	Aplicação teórica para verificar a variação de temperatura da água e do óleo, quando expostos a luz solar com o uso da lente Fresnel. Levando	Aplicação com diâmetro total da lente. Diâmetro da lente: 30 cm.	Foi medida a variação da temperatura da água através da diferença entre as temperaturas final e inicial.
			Foi medida a variação da temperatura do óleo através da diferença entre as temperaturas final e inicial.

	em consideração a radiação solar média da região, de forma simulada.	Aplicação com o bloqueador da luz solar. Diâmetro lente com bloqueador: 15 cm.	Foi medida a variação da temperatura da água através da diferença entre as temperaturas final e inicial.
			Foi medida a variação da temperatura do óleo através da diferença entre as temperaturas final e inicial.
2º MOMENTO	Aplicação real para verificação prática da variação de temperatura da água e do óleo, quando estes eram expostos a luz solar com o uso da lente Fresnel por um determinado período.	Aplicação com diâmetro total da lente. Diâmetro da lente: 30 cm.	Foi medida a variação da temperatura da água através da diferença entre as temperaturas final e inicial.
			Foi medida a variação da temperatura do óleo através da diferença entre as temperaturas final e inicial.
		Aplicação com o bloqueador da luz solar. Diâmetro lente com bloqueador: 15 cm.	Foi medida a variação da temperatura da água através da diferença entre as temperaturas final e inicial.
			Foi medida a variação da temperatura do óleo através da diferença entre as temperaturas final e inicial.

Estes dois momentos para a execução do experimento foram idealizados para permitir que os estudantes observassem que nem toda luz que incide sobre a lente Fresnel (Figura 44) é de fato transmitida para o líquido, além disso, embora o sistema térmico utilizado (calorímetro adiabático) conservasse uma parte da energia térmica, parte da energia térmica absorvida perdia-se para o ambiente ao redor por propagação. A 2ª lei da termodinâmica diz que “nenhuma máquina térmica pode converter integralmente todo o calor em trabalho”, contudo, compreendo que a parte da segunda lei não se aplica, pois o calorímetro não é uma máquina térmica no sentido preciso da segunda lei, já que o isolamento térmico do calorímetro não é perfeito.

O experimento foi realizado em 2 momentos distintos, alterando propriedades como: a área da lente Fresnel e o líquido utilizado, conforme destacado na Tabela 3.

Para executar o experimento, consideramos que a irradiação média da região que está localizada a cidade de Guajeru-BA, é de 1 kWh/m², no horário de 12:00 h, conforme estabelecido nos mapas solarimétricos do Atlas Solarimétrico do Brasil, da Cresesb, Figura 15. Dessa forma, entre 12:00 h e 13:00 h, 1 kWh/m² de energia solar incidiu sobre uma área de 1 m².

Para definir a quantidade de energia que iria incidir sobre a lente, realizou-se o cálculo da área da Lente Fresnel (Figura 44) a partir da equação (14):

$$A = \pi \times r^2 \quad (14)$$

No SI, A é a área da lente em metros quadrados (m²), π é o símbolo pi, que equivale a aproximadamente 3,14 e r^2 é o raio da lente em metros quadrados (m²). Entretanto a fórmula pode ser aplicada em qualquer unidade de comprimento.

Após definir a área da Lente Fresnel (Figura 44) que serão experimentadas, no caso, 30 cm de diâmetro e 15 cm de diâmetro, conforme demonstrado na Tabela 3. Calcula-se agora a quantidade de energia solar que irá incidir sobre a lente. Para isso utiliza-se a equação (15):

$$\text{Energia total} = \text{Densidade de energia} \times \text{Área} \quad (15)$$

A energia total é dada em kWh, a densidade de energia é dada por kWh/m² e a área da lente em m².

Sabendo a quantidade de energia que irá incidir sobre a lente, é necessário converter essa energia em calorias, para isso utilizaremos uma regra de três simples, conforme definimos, a irradiação média de 1 kWh, essa quantidade de energia convertida em calorias será aproximadamente 860.000 calorias. Para realizar a conversão, multiplique a quantidade de energia em kWh por 860.000 cal. Dessa forma, dada pela equação (16)

$$kWh \times 860.000 \text{ cal} \quad (16)$$

Assim, para definirmos a quantidade de energia total em calorias que irá incidir sobre a área lente, dada em metros quadrados (m²), através de uma regra de três podemos definir a quantidade de calorias que irá incidir sobre a área da lente em questão pela equação (17):

$$\frac{1 \text{ kWh/m}^2}{\text{Área da lente (m}^2\text{)}} = \frac{860.000 \text{ cal}}{x \text{ cal}} \quad (17)$$

Assim, temos a relação entre a energia solar recebida por unidade de área, em kWh e seu equivalente em calorias. Este cálculo costuma ser utilizado para encontrar a energia total captada por uma lente ou painel. O lado esquerdo da equação define a densidade de energia e a área de energia em kWh e o lado direito define a mesma proporção em calorias (cal).

Assim, a Área da lente, substitui-se pelo valor da área encontrada no cálculo da área para a lente de diâmetro de 30 cm e utilizando o bloqueador solar (Figura 45), perfazendo assim um diâmetro de 15 cm.

Para determinar a variação de temperatura que uma determinada quantidade de água ou óleo terá quando exposto por um determinado período à lente, utilizaremos a equação (6) do calor sensível, dada por:

$$Q = m \times c \times \Delta t$$

Q é a quantidade de calor em calorias (cal), m a massa em gramas, c o calor específico da substância e Δt a variação de temperatura, em °C. Sabendo ainda que a variação da temperatura Δt é a temperatura final menos a temperatura inicial ($\Delta t = t_f - t_i$), temos a equação (18),

$$Q = m \times c \times (t_{\text{final}} - t_{\text{inicial}}) \quad (18)$$

Assim, conseguimos definir qual a variação de temperatura que a água e/ou óleo sofrerá quando exposto a esta quantidade de energia em calorias (cal).

Para a realização deste experimento vamos considerar que a lente transmita 100% da energia solar que incide sobre ela, no entanto, a transmitância, que é a capacidade da lente transmitir a luz, gira em torno de 90%, ou seja, 90% da luz que incide sobre a lente é transmitida para o outro meio.

A partir da obtenção dos dados no experimento de baixo custo, foi proposto aos estudantes que fizessem os cálculos, a análise e apresentassem de forma descritiva a que conclusão chegaram em relação aos dados obtidos e ao experimento de modo geral.

Posterior a esta análise, o questionário foi reaplicado como ferramenta de análise, ou seja, para verificar se o aluno conseguiu aprender quando comparado às respostas apresentadas no questionário aplicado no início da sequência.

Assim, estes foram os conjuntos de técnicas e métodos utilizados para a aplicação desta sequência didática.

6. ASPECTOS ÉTICOS

O Colégio Estadual de Tempo Integral Jorge Amado, representado pelo seu diretor geral e pelos coordenadores (a) pedagógicos da unidade de ensino, autorizaram a aplicação da sequência didática, parte do projeto do mestrado, nesta unidade de ensino.

A divulgação das atividades desenvolvidas pelos alunos (a) em sala de aula, foi autorizada legalmente pelos pais ou responsáveis, contando com a anuência da diretoria da escola. Esta autorização não contempla a divulgação de imagens dos estudantes, dessa maneira, nas imagens não serão mostrados os rostos dos alunos.

Todos os participantes foram informados a respeito dos objetivos do estudo e que não receberiam quaisquer compensações financeiras. Os estudantes concordaram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

7. RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados e as conclusões referentes a aplicação da sequência didática. A sequência didática foi desenvolvido com base nos pressupostos metodológicos dos Três Momentos Pedagógicos, que através de uma sequência didática e um experimento de baixo custo, discutiu-se os conceitos físicos e a sustentabilidade. Além da avaliação quantitativa que trará em números os dados colhidos a partir da aplicação da sequência didática, a discussão qualitativa trará a impressão que os estudantes tiveram a respeito da sequência didática e como esta pôde colaborar com o aprendizado referente aos conceitos físicos e com os aspectos relacionados a sustentabilidade.

7.1. Situações-problema

A abordagem das situações-problemas se deram a partir de três problemas que os estudantes puderam discutir em grupos, possíveis soluções para os problemas apresentados. As

situações-problema visam problematizar e entender de forma qualitativa o que os estudantes sabem sobre os referidos conceitos e como eles utilizam estes conhecimentos para encontrar soluções. As situações-problema apresentadas foram construídas a partir de matérias jornalísticas retiradas de sites na internet. Um trecho das situações-problema e as discussões realizadas estarão expostas a seguir. As situações-problema encontram-se no Apêndice B.

7.1.1. 1º Situação-problema

Prédio 'derrete' Jaguar na Inglaterra

*Reflexo derreteu retrovisor e emblema e danificou lateral do carro.
Edifício conhecido como walkie talkie pagou o conserto de R\$ 3,4 mil.*

Figura 47 — 1º Situação-problema – Prédio derrete Jaguar na Inglaterra



Foto: Leon Neal/AFP, 2025

As respostas dadas pelos grupos serão expostas abaixo através de imagens das folhas de respostas dos grupos. Os nomes dos estudantes não serão expostos para preservação das identidades. As discussões e análises das respostas dadas pelos grupos de estudantes estará ao final das respostas dada para cada situação-problema.

➤ Grupo 1.

Figura 48— Resposta de grupo para 1º situação-problema

Agora, com sua equipe, apresentem possíveis explicações para o que aconteceu na situação-problema: "Prédio 'derrete' Jaguar na Inglaterra".

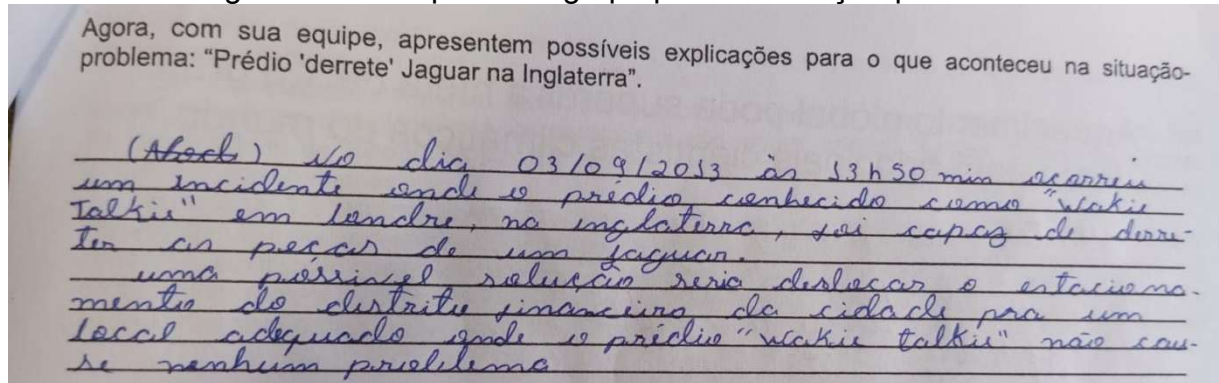
*Instalar películas anti-reflexo que evitam a reflexão do sol
nos vidros espelhados do prédio*

Fonte: Acervo pessoal

Transcrição da resposta: Instalar películas anti-reflexo que evitam a projeção do sol nos vidros espelhados do prédio.

➤ **Grupo 2.**

Figura 49— Resposta de grupo para 1º situação-problema

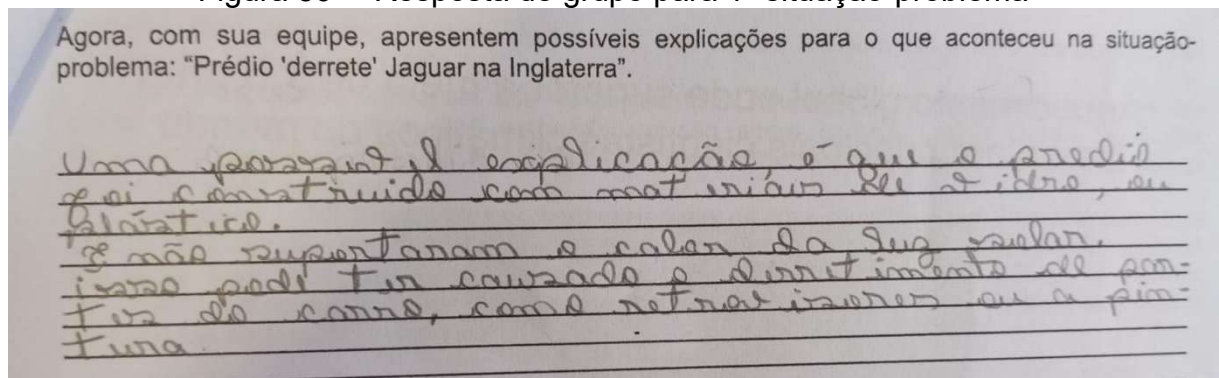


Fonte: Acervo pessoal

Transcrição da resposta: Uma possível solução seria deslocar o estacionamento do distrito financeiro da cidade pra um local adequado onde o prédio “walkie talkie” não cause nenhum problema.

➤ **Grupo 3.**

Figura 50— Resposta de grupo para 1º situação-problema

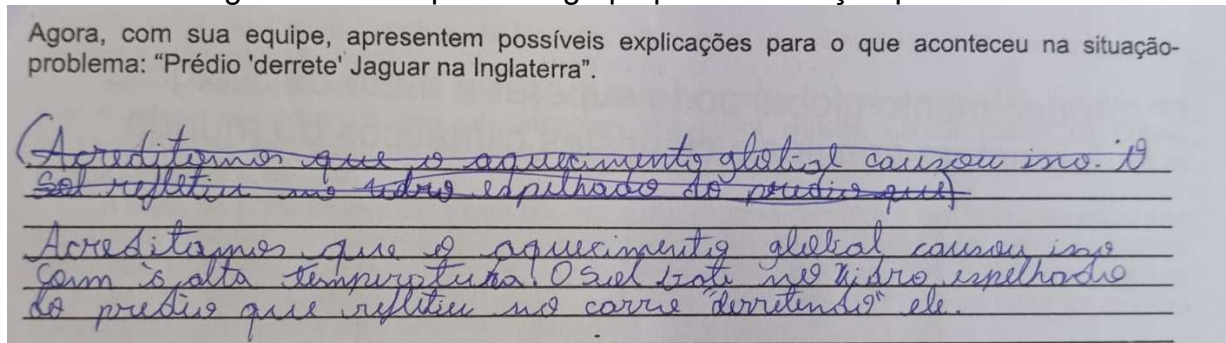


Fonte: Acervo pessoal

Transcrição da resposta: Uma possível explicação é que o prédio foi construído com materiais de vidro ou plástico e não suportaram o calor da luz solar. Isso pode ter causado o derretimento de partes do carro, como retrovisores ou a pintura.

➤ **Grupo 4.**

Figura 51— Resposta de grupo para 1º situação-problema

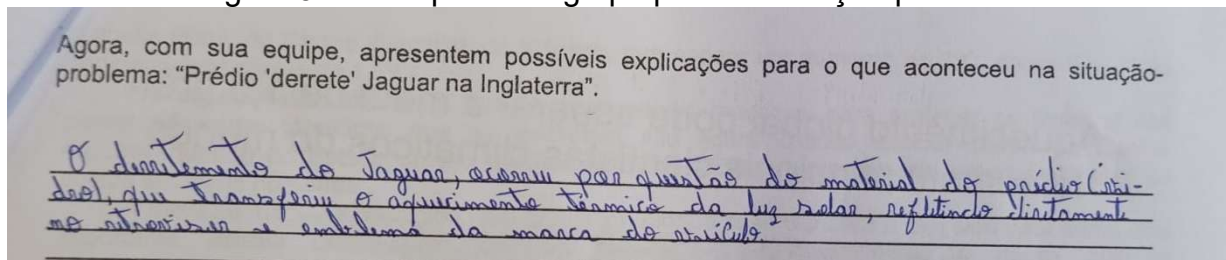


Fonte: Acervo pessoal

Transcrição da resposta: Acreditamos que o aquecimento global causou no com a alta temperatura. O sol bate no vidro espelhado do prédio que refletiu no carro “derretendo” ele.

➤ **Grupo 5.**

Figura 52— Resposta de grupo para 1º situação-problema



Fonte: Acervo pessoal

Transcrição da resposta: O derretimento do Jaguar ocorreu por questão do material do prédio (vidro), que transferiu o aquecimento térmico da luz solar, refletindo diretamente no retrovisor e emblema da marca do veículo.

➤ **Breve análise qualitativa.**

Ao analisar as respostas dadas pelos grupos é possível notar que os grupos 1, 4 e 5 conhecem o fenômeno da reflexão e apontam que este fenômeno pode explicar o derretimento dos carros na rua. Já os grupos 2 e 3 não explicam a situação-problema através do fenômeno da reflexão. O grupo 2 sugere mudar o estacionamento de lugar e o grupo 3 atribui o derretimento das peças dos carros a qualidade do material destes. O grupo 3 demonstra através da resposta

não terem entendido muito bem a pergunta. De modo geral, as respostas dadas pelos grupos carecem de explicações mais técnicas e são repletas de conhecimentos advindos do senso comum.

7.1.2. 2º Situação-problema

Aquecimento global pode superar a meta de 1,5 grau lamentam principais cientistas climáticos do mundo

Figura 53— 2º Situação-problema



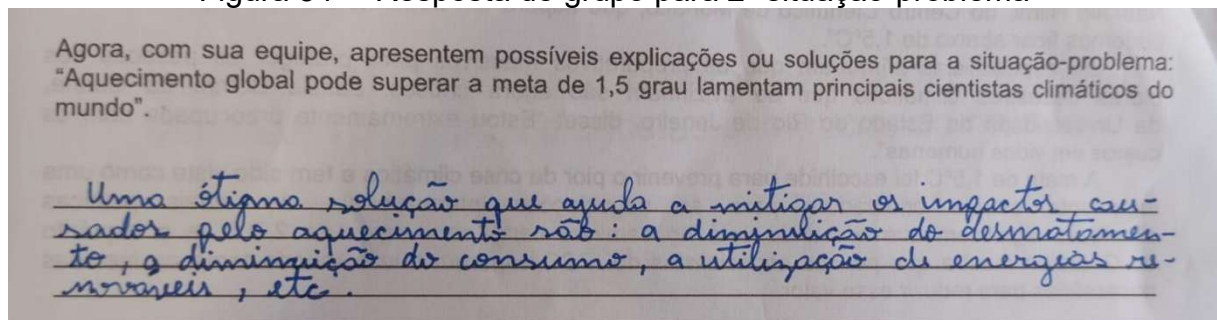
Fonte: Fatec Jales – Prof. José Camargo, 2025

Exclusivo: o planeta caminha para pelo menos 2,5 ° C de aquecimento com resultados desastrosos para a humanidade, descobriu uma pesquisa com centenas de cientistas.

As respostas dadas pelos grupos serão expostas abaixo através de imagens das folhas de respostas dos grupos. Os nomes dos estudantes não serão expostos para preservação das identidades. As discussões e análises das respostas dadas pelos grupos de estudantes estará ao final das respostas dada para cada situação-problema.

➤ Grupo 1.

Figura 54— Resposta de grupo para 2º situação-problema

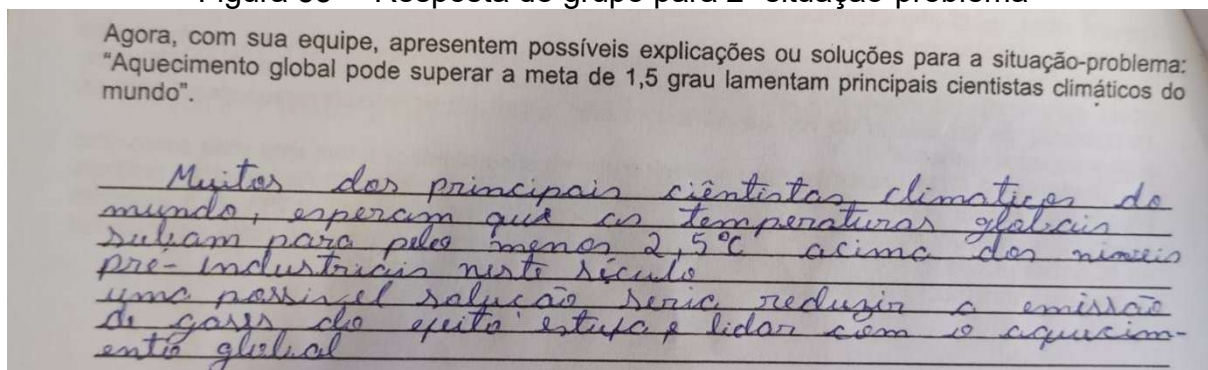


Fonte: Acervo pessoal

Transcrição da resposta: Uma ótima solução que ajuda a mitigar os impactos causados pelo aquecimento são: a diminuição do desmatamento, a diminuição do consumo, a utilização de energias renováveis etc.

➤ **Grupo 2.**

Figura 55— Resposta de grupo para 2º situação-problema

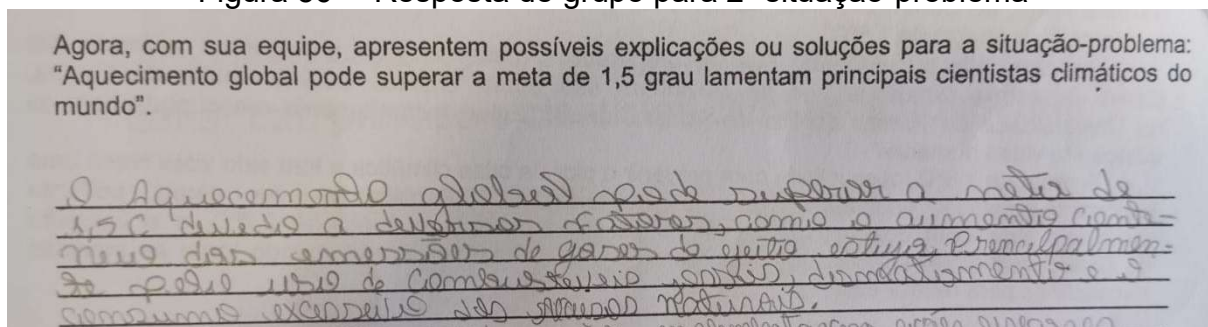


Fonte: Acervo pessoal

Transcrição da resposta: Uma possível solução seria reduzir a emissão de gases do efeito estufa e lidar com o aquecimento global.

➤ **Grupo 3.**

Figura 56— Resposta de grupo para 2º situação-problema

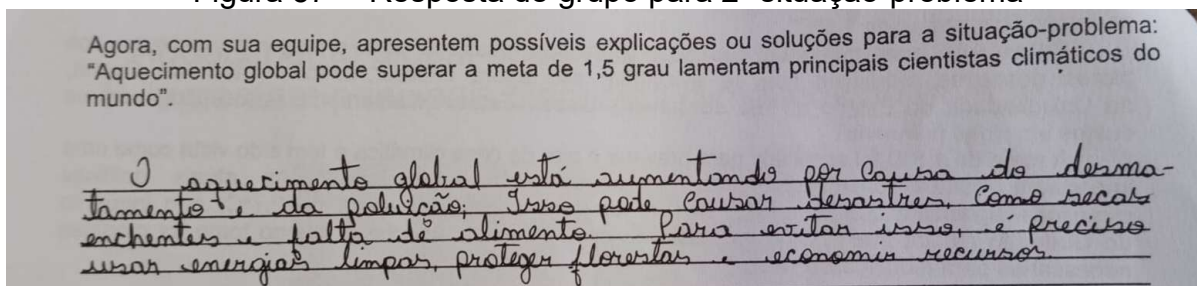


Fonte: Acervo pessoal

Transcrição da resposta: O aquecimento global pode superar a meta de 1,5 °C devido a diversos fatores, como o auto contínuo das emissões de gases de efeito estufa, principalmente pelo uso de combustíveis fósseis, desmatamento e o consumo excessivo dos recursos naturais.

➤ **Grupo 4.**

Figura 57— Resposta de grupo para 2º situação-problema

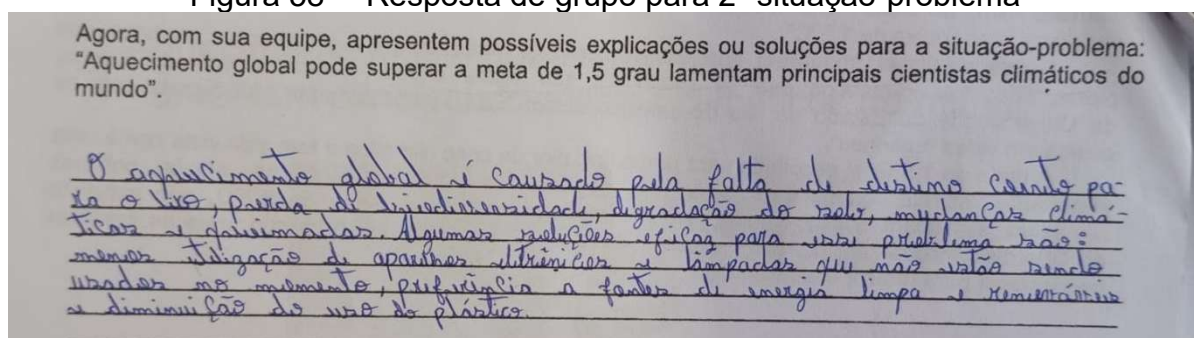


Fonte: Acervo pessoal

Transcrição da resposta: O aquecimento global está aumentando por causa do desmatamento e da poluição; isso pode causar desastres como secas, enchentes e falta de alimento. Para evitar isso, é preciso usar energias limpas, proteger florestas e economizar recursos.

➤ **Grupo 5.**

Figura 58— Resposta de grupo para 2º situação-problema



Fonte: Acervo pessoal

Transcrição da resposta: O aquecimento global é causado pela falta de destino correto para o lixo, perda de biodiversidade, degradação do solo, mudanças climáticas e queimadas. Algumas soluções eficazes para esse problema são: menor utilização de aparelhos eletrônicos e lâmpadas que não estão sendo usados no momento, preferência a fontes de energia limpa e renováveis e diminuição do uso de plástico.

➤ **Breve análise qualitativa**

Ao analisar as respostas dadas pelos grupos nota-se que os grupos 1, 4 e 5 apontam como solução, entre outras medidas, o uso de fontes de energias renováveis. De modo geral, os grupos apontam a redução do desmatamento, redução na emissão de gases de efeito estufa e utilização de equipamentos elétricos mais eficientes como possíveis soluções para a situação-

problema apresentada. Estas respostas foram dadas a partir dos conhecimentos prévios e senso comum adquiridos empiricamente ou até em aulas anteriores de outras disciplinas, matérias jornalísticas, filmes etc.

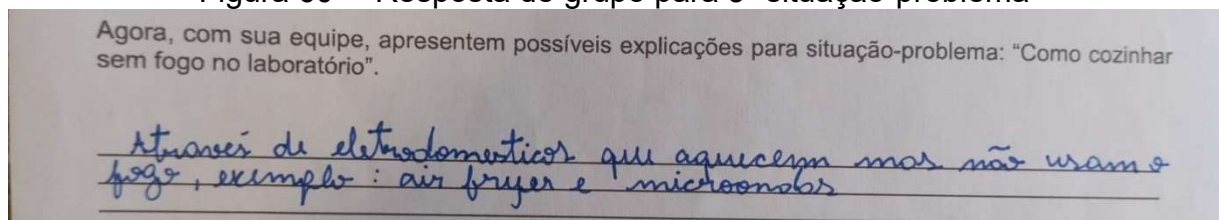
7.1.3. 3º Situação-problema



As respostas dadas pelos grupos serão expostas abaixo através de imagens das folhas de respostas dos grupos. Os nomes dos estudantes não serão expostos para preservação das identidades. As discussões e análises das respostas dadas pelos grupos de estudantes estará ao final das respostas dada para cada situação-problema.

➤ Grupo 1.

Figura 60— Resposta de grupo para 3º situação-problema

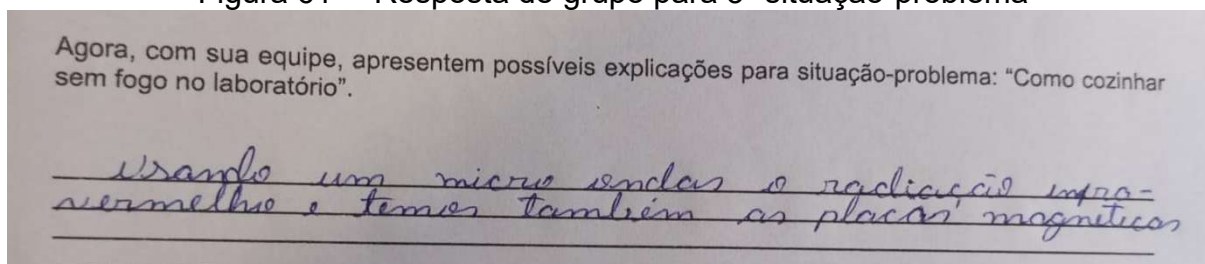


Fonte: Acervo pessoal

Transcrição da resposta: Através de eletrodomésticos que aquecem mas não usam o fogo, exemplo: air fryer e microondas.

➤ Grupo 2.

Figura 61— Resposta de grupo para 3º situação-problema

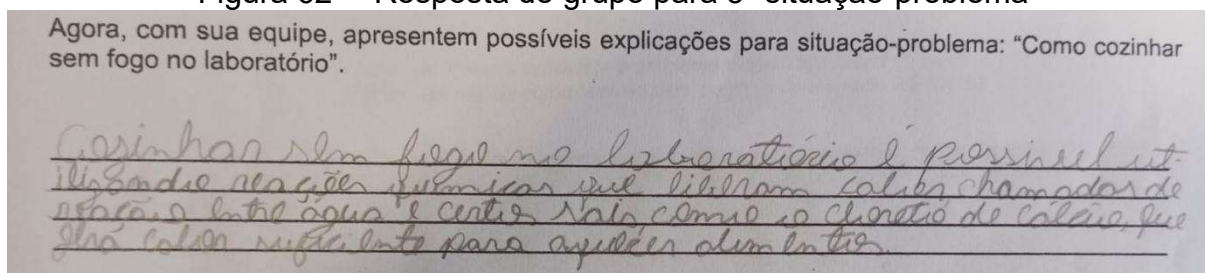


Fonte: Acervo pessoal

Transcrição da resposta: Usando um micro ondas a radiação infravermelho e temos também as placas magnéticas.

➤ Grupo 3.

Figura 62— Resposta de grupo para 3º situação-problema

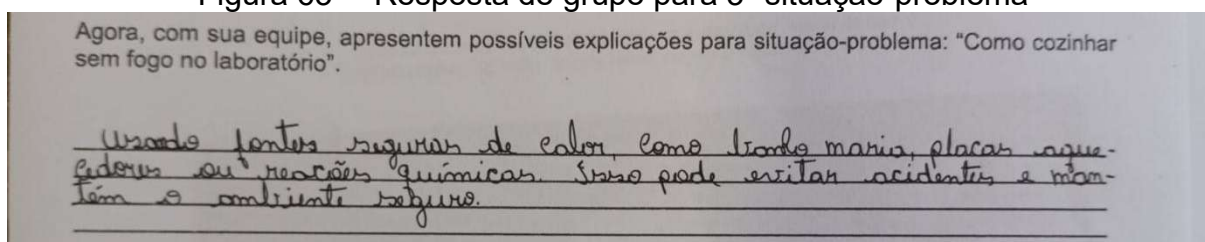


Fonte: Acervo pessoal

Transcrição da resposta: Cozinhar sem fogo no laboratório é possível utilizando reações químicas que liberam calor chamadas de reação entre água e certos sair, como o cloreto de cálcio, que gera calor suficiente para aquecer alimentos.

➤ Grupo 4.

Figura 63— Resposta de grupo para 3º situação-problema

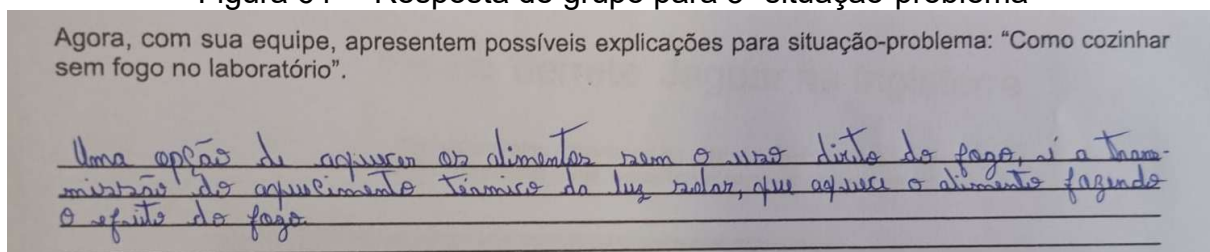


Fonte: Acervo pessoal

Transcrição da resposta: Usando fontes seguras de calor, como banho maria, placas aquecedoras ou reações químicas. Isso pode evitar acidentes e mantém o ambiente seguro.

➤ **Grupo 5.**

Figura 64— Resposta de grupo para 3º situação-problema



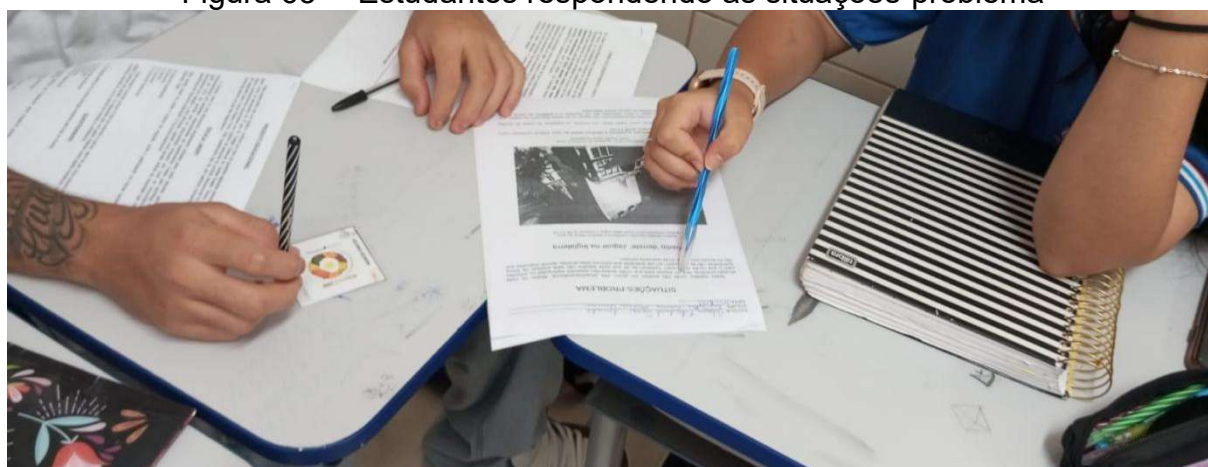
Fonte: Acervo pessoal

Transcrição da resposta: Uma opção de aquecer os alimentos sem o uso direto do fogo, é a transmissão do aquecimento térmico da luz solar, que aquece o alimento fazendo o efeito do fogo.

➤ **Breve análise qualitativa**

Ao analisar as respostas dadas pelos grupos, nota-se que muitos atribuem o ato de cozinhar sem fogo ao uso de placas magnéticas, reações químicas, luz solar, ondas de radiação infravermelhas e eletrodomésticos como o aparelho de micro-ondas. Isso demonstra que os estudantes entendem que existem outras maneiras de elevar a temperatura de materiais como a água e alimentos, mas somente o grupo 5 apontou a luz solar como uma possível solução para a situação-problema, demonstrando assim que a maior parte dos estudantes não veem a luz solar como uma fonte alternativa de energia para cozinhar ou esquentar materiais de modo geral, além de desconhecerem sobre magnetismo (placas magnéticas) e as microondas (infravermelho).

Figura 65— Estudantes respondendo as situações-problema



Fonte: Acervo pessoal

7.2. O experimento

Esta atividade experimental busca, por meio da integração dos recursos utilizados em sua execução, promover uma prática interdisciplinar significativa. A interdisciplinaridade e a articulação com os conceitos abordados nesta sequência didática são evidenciadas por diferentes elementos presentes no experimento, tais como o uso da lente de Fresnel, relacionado aos estudos da Óptica; a utilização do calorímetro, vinculada aos conceitos da Calorimetria; e o aproveitamento da energia solar como fonte energética, envolvendo conhecimentos de Óptica, Solarimetria e Energias Renováveis. Além disso, trata-se de uma atividade de caráter sustentável, que dialoga com questões contemporâneas, como a crise climática e a necessidade do desenvolvimento de tecnologias ambientalmente sustentáveis.

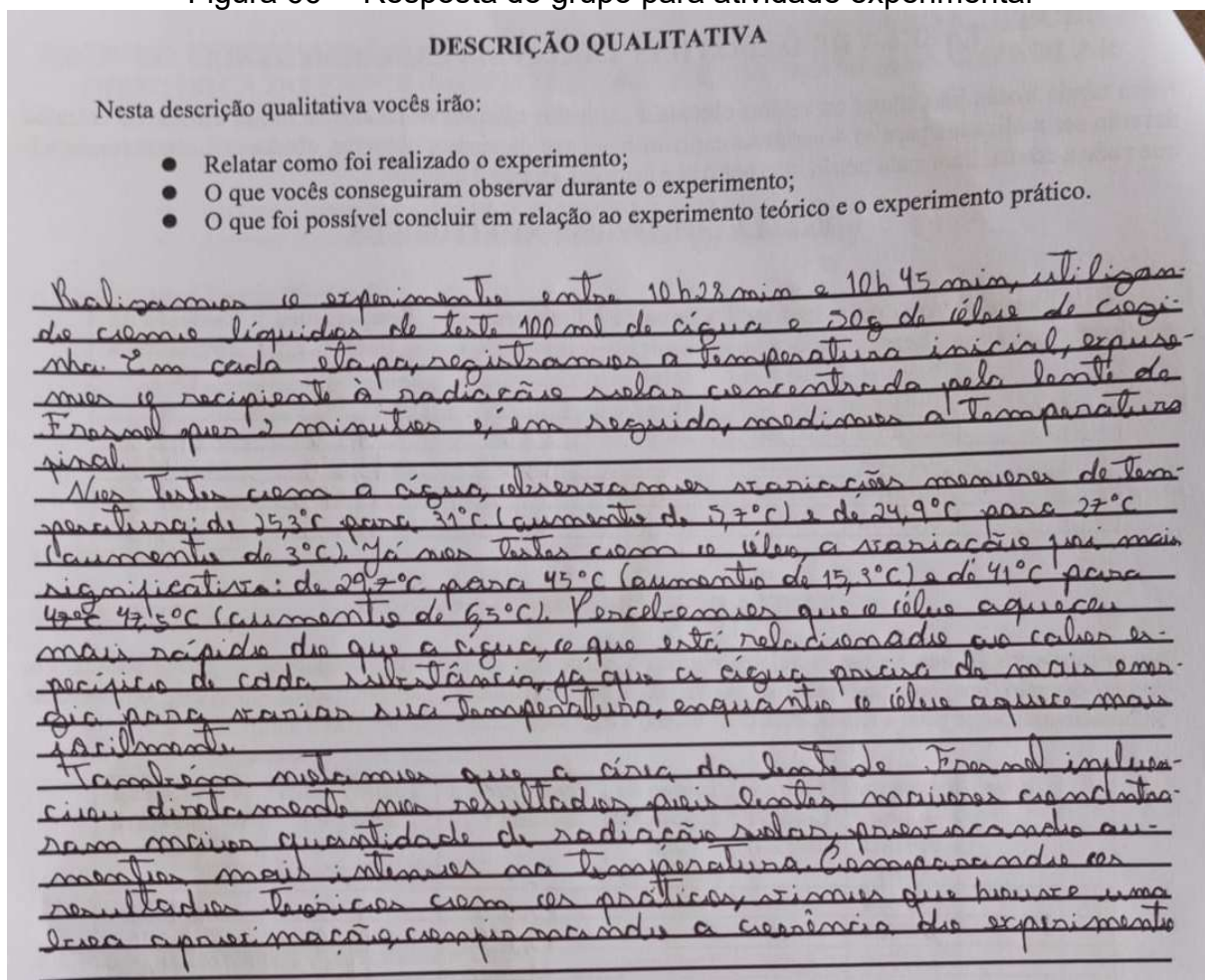
Dessa forma, os recursos empregados na realização do experimento contemplam diferentes áreas do conhecimento que, embora possuam objetos de estudo distintos, precisam ser articuladas para possibilitar sua execução e compreensão. Nesse contexto, a atividade evidencia a importância da interdisciplinaridade na construção de práticas didáticas mais significativas, contextualizadas e alinhadas aos desafios da sociedade contemporânea. Assim, os recursos utilizados para a execução desse experimento abordam conceitos diferentes, mas que para execução e compreensão do experimento, é necessária à sua associação.

Para execução da atividade experimental de baixo custo, foi entregue um roteiro experimental para que os grupos pudessem anotar os dados colhidos durante a experimentação e a partir das equações, trabalhar esses dados para obtenção dos resultados. Em seguida os estudantes puderam descrever a percepção que tiveram em relação ao experimento, seus resultados e potencial de aplicação. Os relatos descritos dos experimentos foram realizados por 3 grupos de estudantes de 4 a 5 alunos cada e estarão expostos em formato de imagens que foram tiradas das folhas de respostas dos grupos. A partir das respostas dadas pelos grupos, haverá uma análise qualitativa das respostas. O roteiro da atividade experimental encontra-se no Apêndice C.

ANÁLISE QUALITATIVA DAS RESPOSTAS

➤ Grupo 1.

Figura 66— Resposta do grupo para atividade experimental



Fonte: Acervo pessoal

Transcrição da resposta: Realizamos o experimento entre 10h28min e 10h45min, utilizando como líquidos de teste 100 ml de água e 50 g de óleo de cozinha. Em cada etapa registramos a temperatura inicial, expusemos o recipiente à radiação solar concentrada pela lente do Fresnel por 2 minutos e em seguida, medimos a temperatura final. Nos testes com a água observamos variações menores de temperatura de 25,3°C para 31°C (aumento de 5,7°C) e de 24,9°C para 27°C (aumento de 3°C). Já nos testes com o óleo a variação foi mais significativa: de 29,7°C para 45°C (aumento de 15,3°C) e de 41°C para 47,5°C (aumento de 6,5°C). Percebemos que o óleo aqueceu mais rápido do que a água, o que está relacionado com o calor específico de cada substância, já que a água precisa demais energia para variar sua temperatura, enquanto o óleo aquece mais facilmente. Também notamos que a área da lente de Fresnel influenciou diretamente nos resultados pois lentes maiores conduzem maior quantidade de radiação solar,

provocando aumento mais intenso na temperatura. Comparando os resultados teóricos com os práticos, vimos que houve uma boa aproximação, confirmando a coerência do experimento.

➤ **Grupo 2.**

Figura 67— Resposta do grupo para atividade experimental

DESCRIÇÃO QUALITATIVA

Nesta descrição qualitativa vocês irão:

- Relatar como foi realizado o experimento;
- O que vocês conseguiram observar durante o experimento;
- O que foi possível concluir em relação ao experimento teórico e o experimento prático.

O experimento foi realizado em duas etapas: teórica, no dia 19/08 e prática no dia 30/08. Na parte teórica, os valores foram obtidos através de cálculos, considerando condições ideais de captação da luz solar. Por isso, as variações de temperaturas apresentaram valores mais altos que na prática. Na prática, as medições foram feitas com termômetro digital, revelando valores menores devido à influência de fatores ambientais, como o vento, intensidade solar no momento do teste e o posicionamento da lente. Durante as nossas observações do experimento, notamos que o óleo aqueceu mais que a água em ambos os casos, mostrando que diferentes líquidos possuem capacidades de absorção de calor distintas. Também percebemos que a lente de maior área proporcionou maior aquecimento, comprovando que o tamanho da lente influencia diretamente no ganho térmico. Concluímos que a diferença entre os cálculos teóricos e os resultados práticos está relacionada às condições ideais assumidas nos cálculos e às condições reais no experimento, demonstrando a importância da comparação entre teoria e prática para validar os resultados científicos.

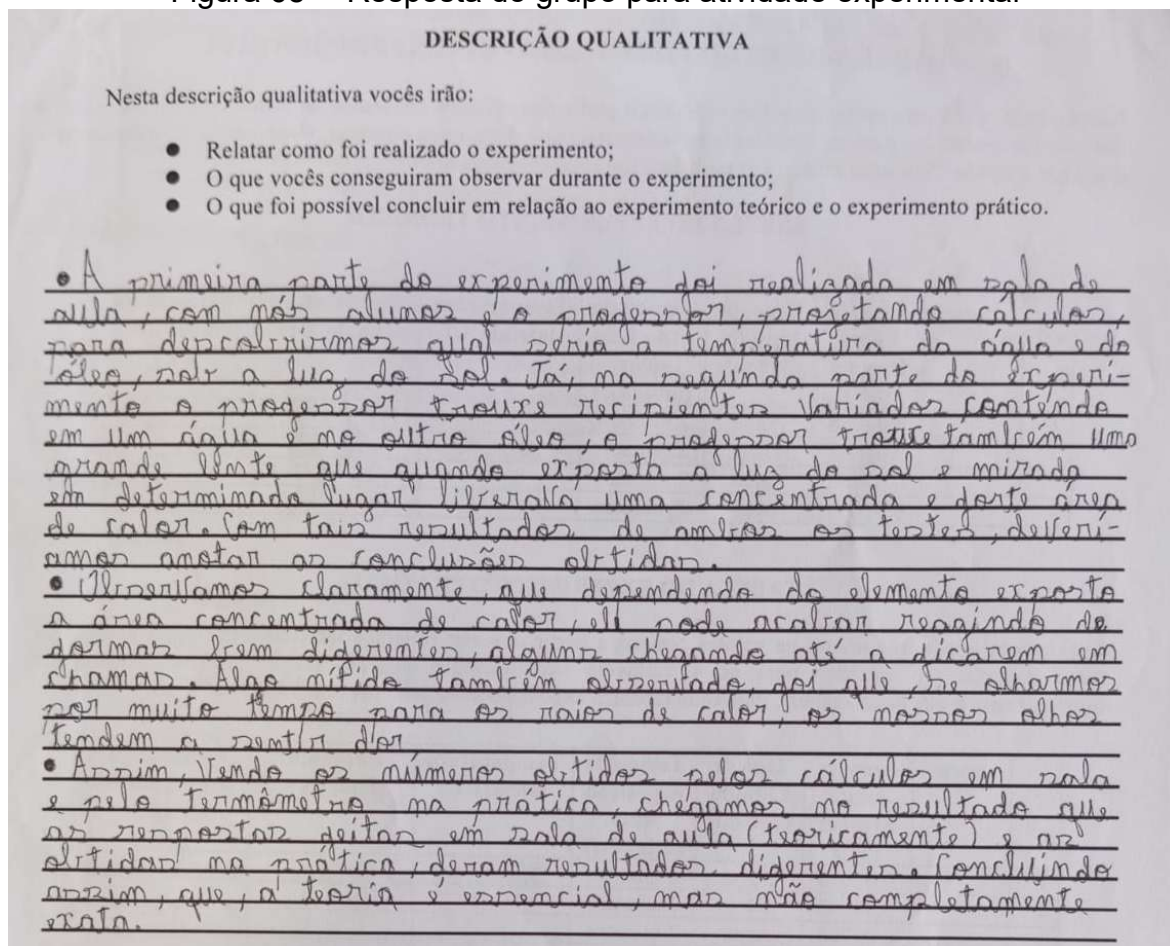
Fonte: Acervo pessoal

Transcrição da resposta: O experimento foi realizado em duas etapas: teórica, no dia 19/08 e prática no dia 30/08. Na parte teórica, os valores foram obtidos através de cálculos, considerando condições ideais de captação da luz solar. Por isso as variações de temperaturas apresentaram valores mais altos que na prática. Na prática, as medições foram feitas com termômetro digital, revelando valores menores devido à influência de fatores ambientais, como o vento, intensidade solar no momento do teste e o posicionamento da lente. Durante as nossas observações do experimento, notamos que o óleo aqueceu mais que a água em ambos os casos, mostrando que diferentes líquidos possuem capacidades de absorção de calor distintas. Também percebemos que a lente de maior área proporcionou maior aquecimento, comprovando que o tamanho da lente influencia diretamente no ganho térmico. Concluímos que a diferença entre os cálculos teóricos e os resultados práticos está relacionada às condições ideais assumidas nos

cálculos e as condições reais no experimento, demonstrando a importância da comparação entre teoria e prática para validar os resultados científicos.

➤ Grupo 3.

Figura 68— Resposta do grupo para atividade experimental



Fonte: Acervo pessoal

Transcrição da resposta: A primeira parte do experimento foi realizada em sala de aula, com nós alunos e o professor, projetando cálculos, para descobrirmos qual seria a temperatura da água e do óleo, sob a luz do sol. Já na segunda parte do experimento, o professor trouxe recipientes variados contendo em uma água e no outro óleo, o professor trouxe também uma grande lente que quando exposta a luz do sol e mirada em determinado lugar liberava uma concentrada e forte área de calor. Com tais resultados de ambos os testes, deveríamos anotar as conclusões obtidas. Observamos claramente que dependendo do elemento exposto a área concentrada de calor, ele pode acabar reagindo de formas bem diferentes, alguns chegando até a ficarem em chamas. Algo nítido também observado, foi que, se olharmos por muito tempo para os raios de calor, os nossos olhos tendem a sentir dor. Assim, vendo os números obtidos pelos cálculos em sala e pelo termômetro na prática, chegamos no resultado que as respostas

feitas em sala de aula (teoricamente) e as obtidas na prática, deram resultados diferentes. Concluindo assim que na teoria é essencial, mas não completamente exata.

➤ **Breve análise qualitativa**

Ao analisar as respostas dadas pelos grupos a partir dos experimentos teóricos e práticos realizados durante a aplicação da sequência didática, nota-se que os estudantes conseguiram compreender o conceito de calor específico das substâncias ao apontarem a diferença que a água e o óleo têm em seu aquecimento. Os grupos explicam também a razão pela qual a área da lente maior aquece mais rápido o líquido quando comparado a uma área menor da lente, atribuindo assim a quantidade de energia solar que incide sobre a lente. Os grupos apontam ainda que os experimentos realizados de maneira teórica e os experimentos realizados de maneira prática obtiveram resultados diferentes, embora com resultados aproximados, o aquecimento dos líquidos foi diferente nas duas situações, entendendo as possíveis perdas de calor que existem nos sistemas térmicos reais. De modo geral, os grupos conseguiram compreender o que era esperado para esta etapa da sequência didática.

Figura 69— Execução da atividade experimental



Fonte: Acervo pessoal

Figura 70— Execução da atividade experimental



Fonte: Acervo pessoal

Figura 71— Execução da atividade experimental



Fonte: Acervo pessoal

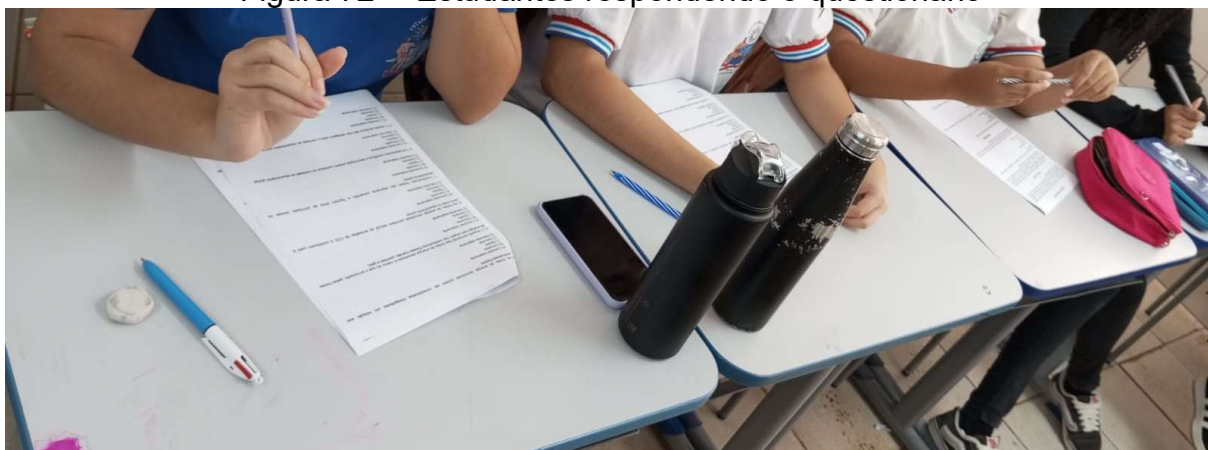
7.3. O questionário.

A aplicação dos questionários foi uma estratégia utilizada para fazer o levantamento dos conhecimentos prévios, mas também para analisar como se deu a aprendizagem do estudante através dos procedimentos desta sequência didática. Os questionários foram aplicados em dois momentos, no início e no fim, sendo aqui denominados questionário inicial (início) e questionário final (fim), entretanto, embora tenha sido aplicado em dois momentos, o questionário inicial e final é composto pelas mesmas questões afirmativas. Os estudantes puderam demonstrar sua opinião em relação a 20 questões afirmativas sobre a importância ou não dos conceitos da física e sustentabilidade. Dos 17 estudantes da turma, somente 14 estudantes estavam presentes no dia da aplicação do questionário inicial, dessa forma, apenas os mesmos 14 estudantes responderam ao questionário final. Este questionário serviu de base para entender como os estudantes concebiam os conceitos da física aplicados a promoção da sustentabilidade, utilizando para isso a Escala Likert, que compreende opções que vão desde concordo totalmente à discordo totalmente, assim como exposto na metodologia. As questões que foram utilizadas no questionário encontram-se as anexadas em apêndice A.

Para analisar quantitativamente as respostas dos estudantes quanto as questões apresentadas nos questionários inicial e final, serão utilizados gráficos de barras por entender que esse modelo permite uma visualização mais simples dos dados. É importante ressaltar que os estudantes responderam ao questionário inicial apenas com os seus conhecimentos prévios, podendo apresentar total desconhecimento sobre alguns conceitos. O questionário final tem o objetivo de verificar a aprendizagem dos estudantes a partir da aplicação desta sequência didática, de modo a comparar as respostas entre o questionário inicial e o questionário final. Além disso, será feita uma análise qualitativa buscando explicar em linhas gerais o que foi observado em cada questão.

Esse questionário final é a última etapa da sequência didática, os estudantes responderam a este questionário com os seus conhecimentos prévios, mas também a partir do que aprenderam no decorrer da aplicação desta sequência didática. Além da análise quantitativa apresentada através dos gráficos, haverá uma análise qualitativa de cada questão afirmativa deste questionário, buscando explicar em linhas gerais o que foi observado no gráfico a partir de cada questão.

Figura 72— Estudantes respondendo o questionário

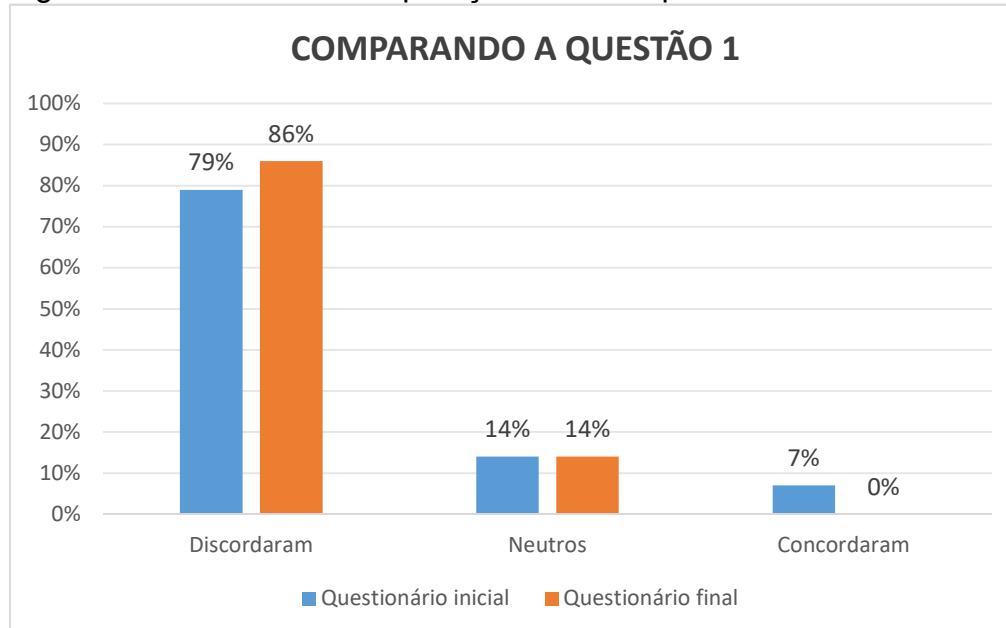


Fonte: Acervo pessoal

7.4. Comparação entre o questionário inicial e o questionário final

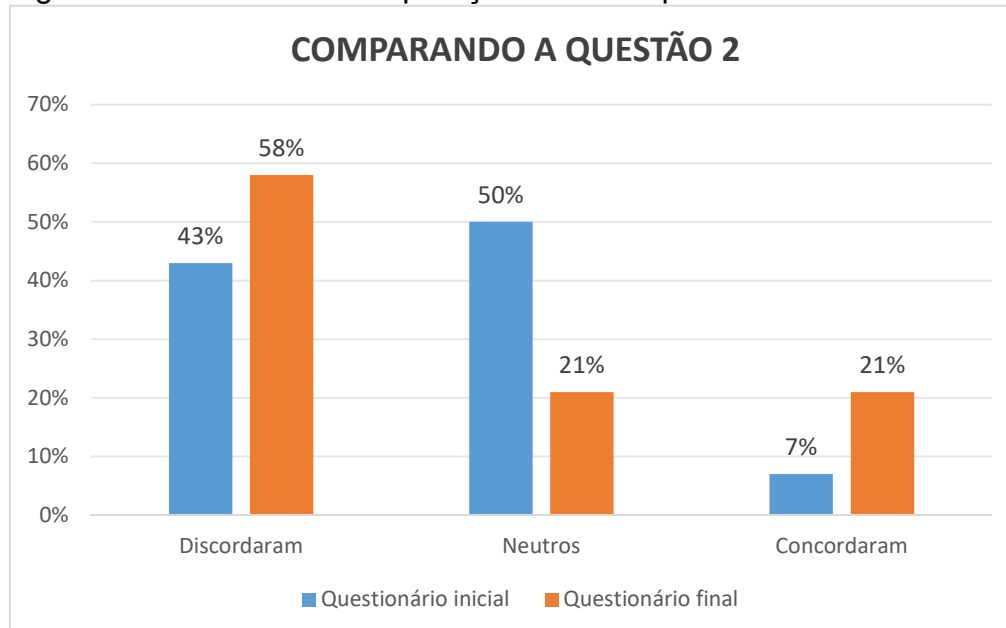
Nesse subcapítulo encontra-se a comparação entre os dois momentos da aplicação do questionário. É importante destacar que esta análise foi feita de forma subjetiva pelo autor. Para entender se os estudantes obtiveram aprendizado com a sequência didática a partir dos 3 MP's, aplicada entre o questionário inicial e o questionário final, busca-se aqui comparar estes dados através de um gráfico de colunas e a partir disso, analisar qualitativamente o que foi possível observar a partir desta comparação. Para simplificar a análise e construção dos dados, utiliza-se apenas as seguintes denominações de resposta: concordaram, neutros e discordaram. A 'coluna concordaram' irá abranger as respostas concordo e concordo totalmente. A 'coluna discordaram' irá abranger as respostas discordo e discordo totalmente.

Figura 73— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final



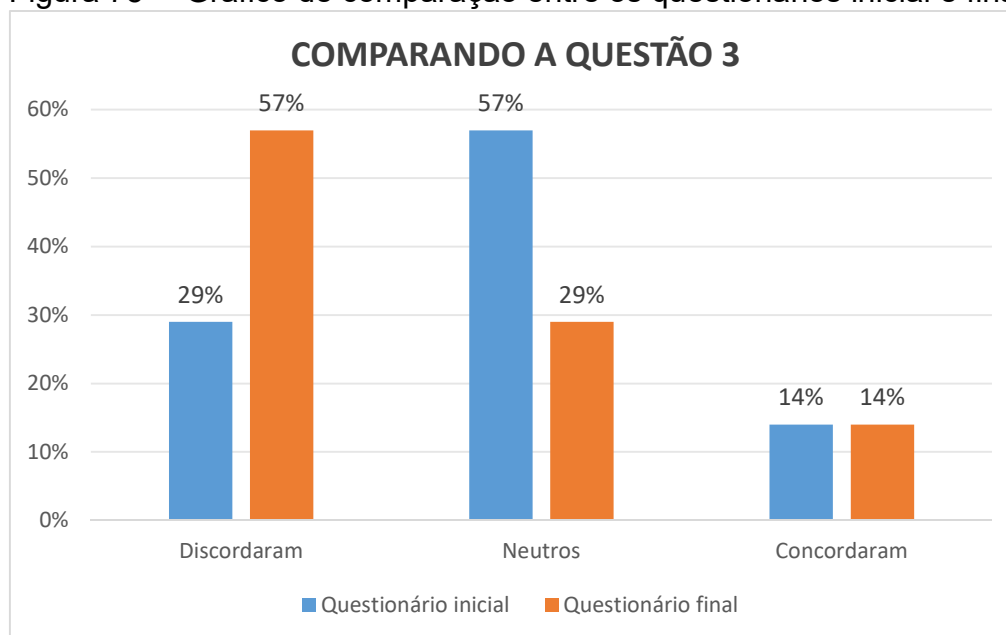
Dessa forma, para a questão 1 “A energia elétrica é a única energia existente até hoje no mundo”, houve um aumento na taxa de estudantes que discordam da afirmação, passando de 79% para 86%, demonstrando que houve aprendizagem sobre os tipos de energia existentes. A taxa de estudantes neutros permaneceu em 14%. A taxa de estudantes que concordam reduziu de 7% para 0%, evidenciando que nenhum estudante concorda que a energia elétrica é a única energia existente no mundo.

Figura 74— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final



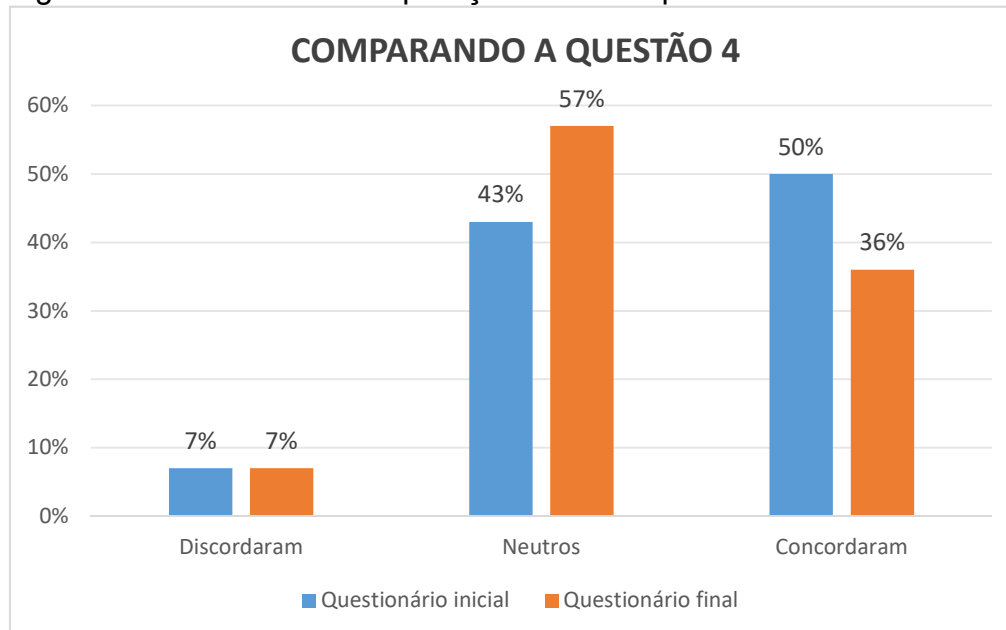
Dessa forma, para a questão 2 “A energia elétrica de Guajeru advém única e exclusivamente de usinas hidroelétricas”, houve um aumento na taxa de estudantes que discordam da afirmação, passando de 43% para 58%, demonstrando que houve aprendizagem sobre as fontes de energia que abastecem a cidade de Guajeru. Nota-se que houve uma redução de 50% para 21% na taxa de estudantes que foram neutros, evidenciando que os estudantes ficaram mais esclarecidos quanto as fontes de energia e consequentemente, saíram da neutralidade. Além disso, houve um aumento de 7% para 21% de estudantes que concordaram.

Figura 75— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final



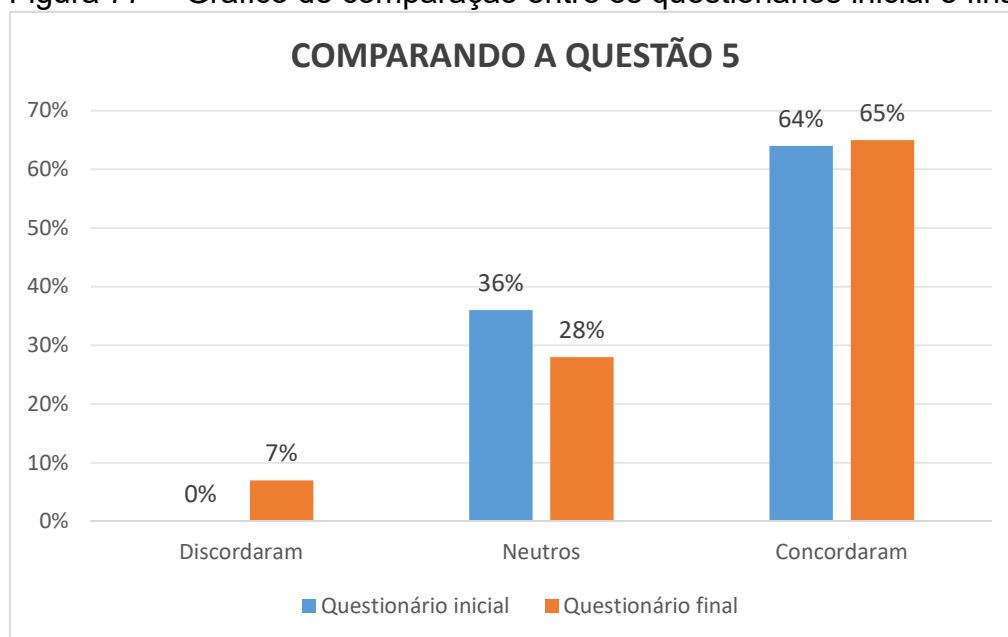
Dessa forma, para a questão 3 “A energia utilizada em Guajeru é totalmente renovável e limpa”, houve um aumento na taxa de estudantes que discordam da afirmação, passando de 29% para 57%, demonstrando que houve aprendizagem sobre as energias renováveis e limpas e as fontes de energia que abastecem a cidade de Guajeru. É possível notar ainda que houve uma redução de 57% para 29% na taxa de estudantes que foram neutros, evidenciando que os estudantes ficaram mais esclarecidos quanto a questão da sustentabilidade e consequentemente, saíram da neutralidade. A taxa de estudantes que concordaram permaneceu em 14%.

Figura 76— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final



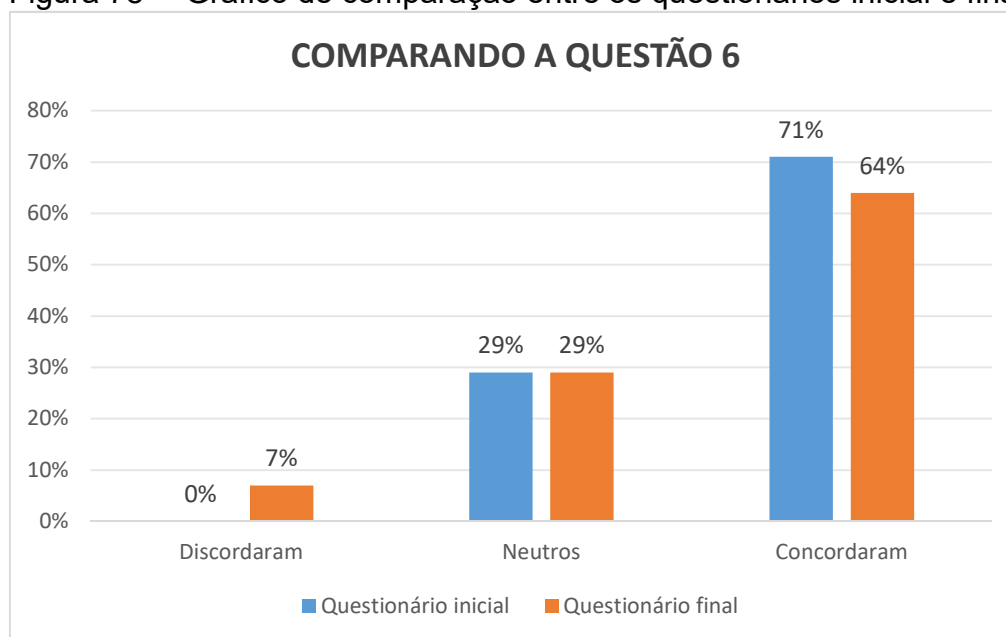
Dessa forma, para a questão 4 “As fontes de energia renováveis podem ser consideradas inesgotáveis em relação aos combustíveis fósseis”, houve uma diminuição na taxa de estudantes que concordam com a afirmação, passando de 50% para 36%, demonstrando que não houve aprendizagem sobre a característica das fontes de energia renováveis se renovarem à medida que vão sendo utilizadas. No entanto, é possível notar que houve um aumento de 43% para 57% na taxa de estudantes que foram neutros, evidenciando que mais estudantes ficaram com dúvidas com a afirmação, possivelmente devido as discussões relacionadas a 2ª lei da termodinâmica, pois, pela 2ª Lei, de fato não há fonte de energia 100% inesgotável.

Figura 77— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final



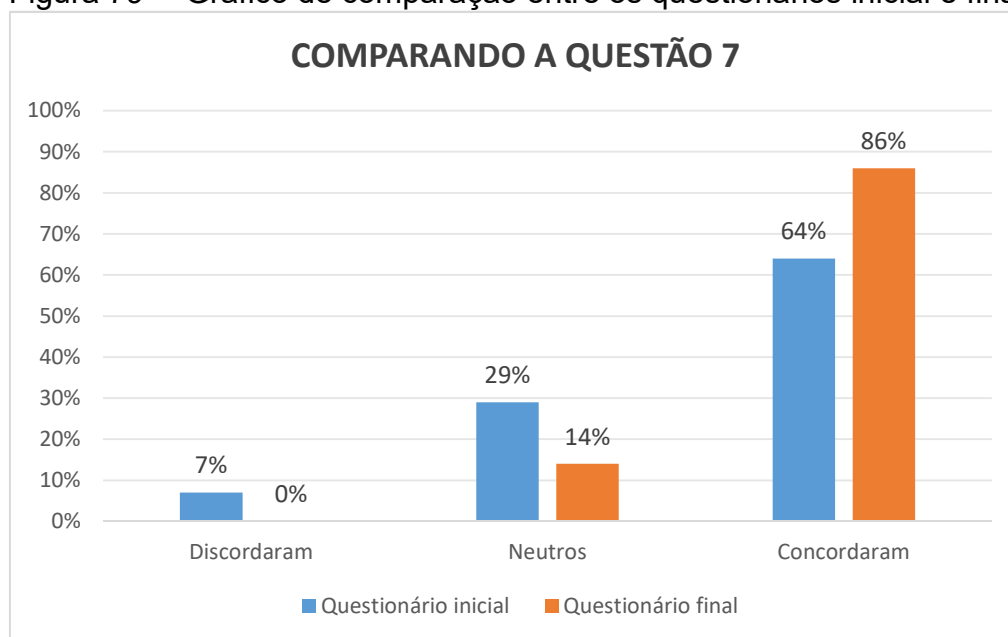
Dessa forma, para a questão 5 “O impacto ambiental das fontes de energia renováveis é menor do que o provocado pelas fontes de energia com origem nos combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás)”, houve um discreto aumento na taxa de estudantes que concordam com a afirmação, passando de 64% para 65%. No entanto, é possível notar que houve uma diminuição de 36% para 28% na taxa de estudantes que foram neutros. Toda via, a taxa de estudantes que discordaram da afirmação aumentou de 0% para 7%, demonstrando uma confusão quanto a percepção sobre as fontes de energia renováveis e seus impactos benéficos ao meio ambiente. No entanto, esta confusão pode ter sido ocasionada pelas discussões relacionadas a 2ª lei da termodinâmica, como foi citado na análise gráfica;

Figura 78— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final



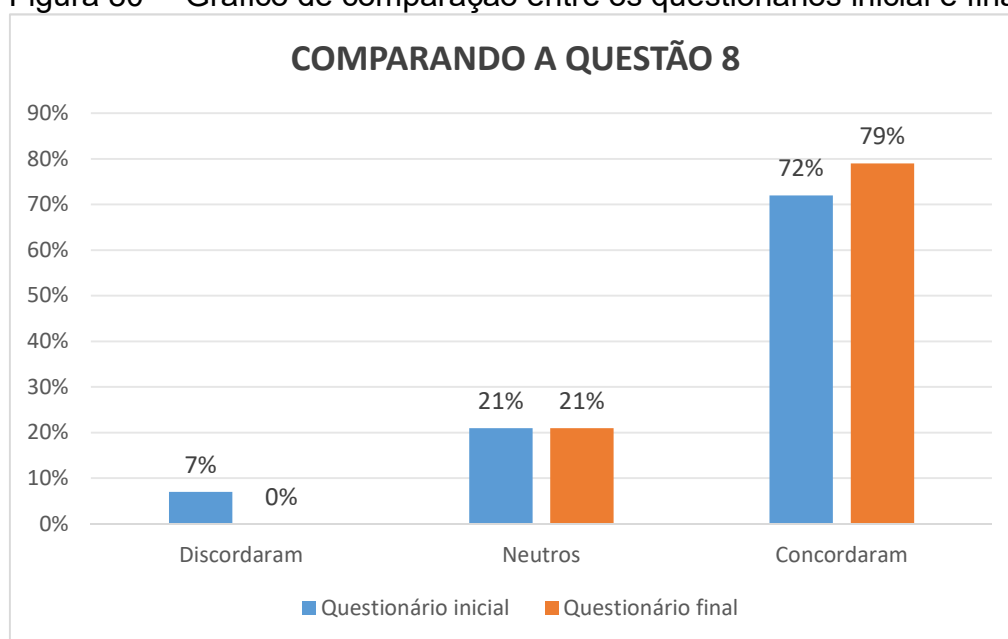
Dessa forma, para a questão 6 “As fontes de energia renováveis permitem reduzir as emissões de CO₂ e contribuem para a diminuição do aquecimento global”, houve uma redução discreta na taxa de estudantes que concordam com a afirmação, passando de 71% para 64%, demonstrando regressão no aprendizado sobre os potenciais benefícios das energias renováveis. A taxa de estudantes neutros permaneceu estagnada em 29%. Toda via, a taxa de estudantes que discordaram da afirmação aumentou de 0% para 7%, demonstrando confusão na percepção sobre as fontes de energia renováveis e seus impactos benéficos ao meio ambiente. No entanto, esta confusão pode ter sido ocasionada pelas discussões relacionadas a 2ª lei da termodinâmica, como foi citado na análise gráfica.

Figura 79— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final



Dessa forma, para a questão 7 “Combustíveis fósseis são altamente poluentes e figuram entre as principais causas do aquecimento global”, houve um aumento na taxa de estudantes que concordam com a afirmação, passando de 64% para 86%, demonstrando que uma parte dos estudantes obtiveram aprendizado sobre a característica que os combustíveis fósseis têm de emitir gases danosos ao meio ambiente. A taxa de estudantes neutros regrediu de 29% para 14% e a taxa de estudantes que discordaram passou de 7% para 0%.

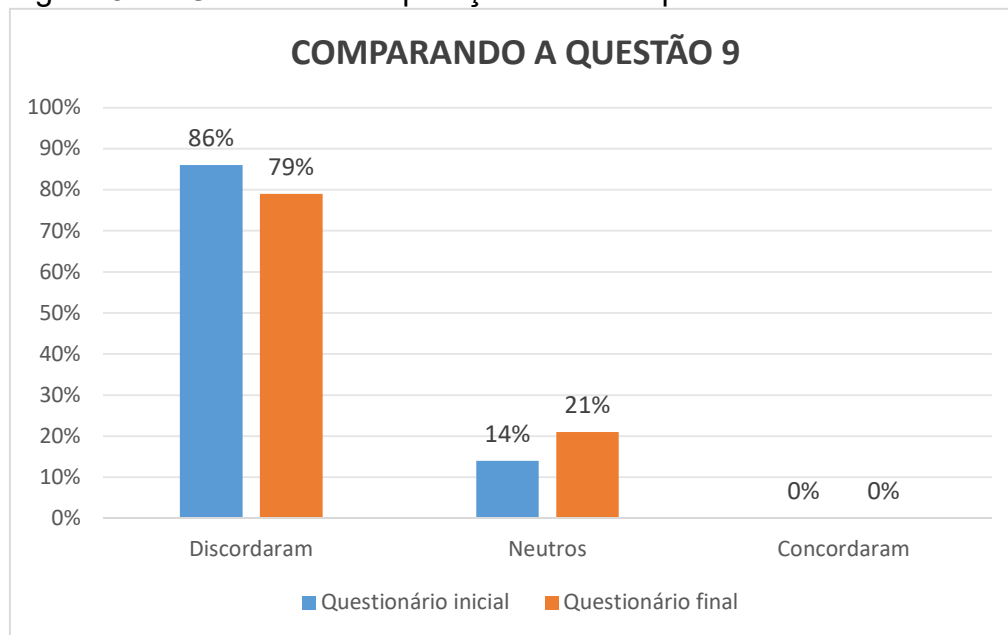
Figura 80— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final



Dessa forma, para a questão 8 “Conhecimentos científicos e tecnologias podem

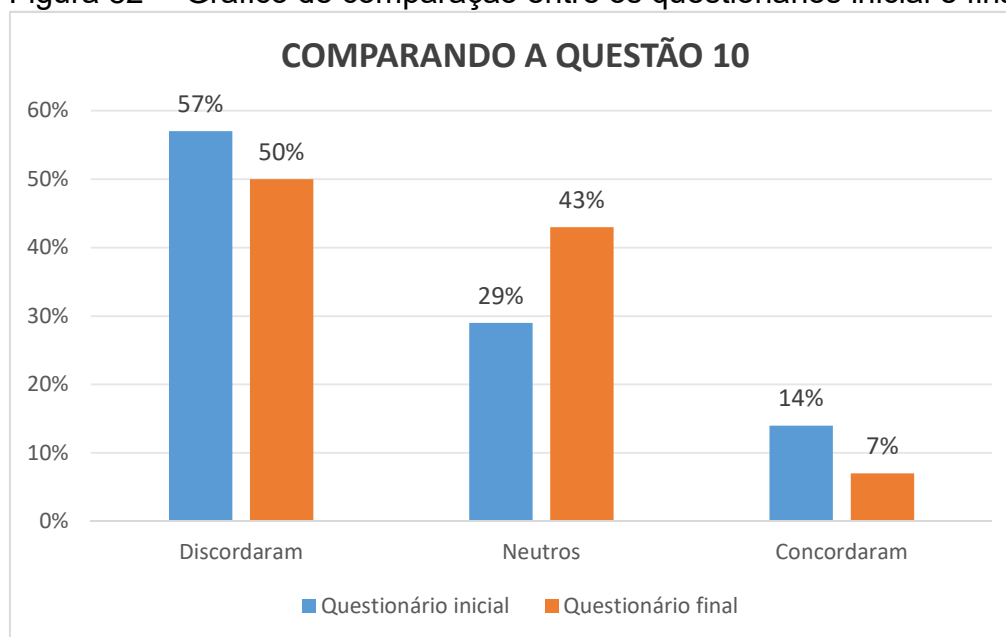
contribuir no combate ao aquecimento global”, houve um aumento na taxa de estudantes que concordam com a afirmação, passando de 72% para 79%, demonstrando que uma parte dos estudantes obtiveram aprendizado sobre o potencial que a ciência tem no combate ao aquecimento global. A taxa de estudantes neutros permaneceu em 21% e a taxa de estudantes que discordaram passou de 7% para 0%.

Figura 81— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final



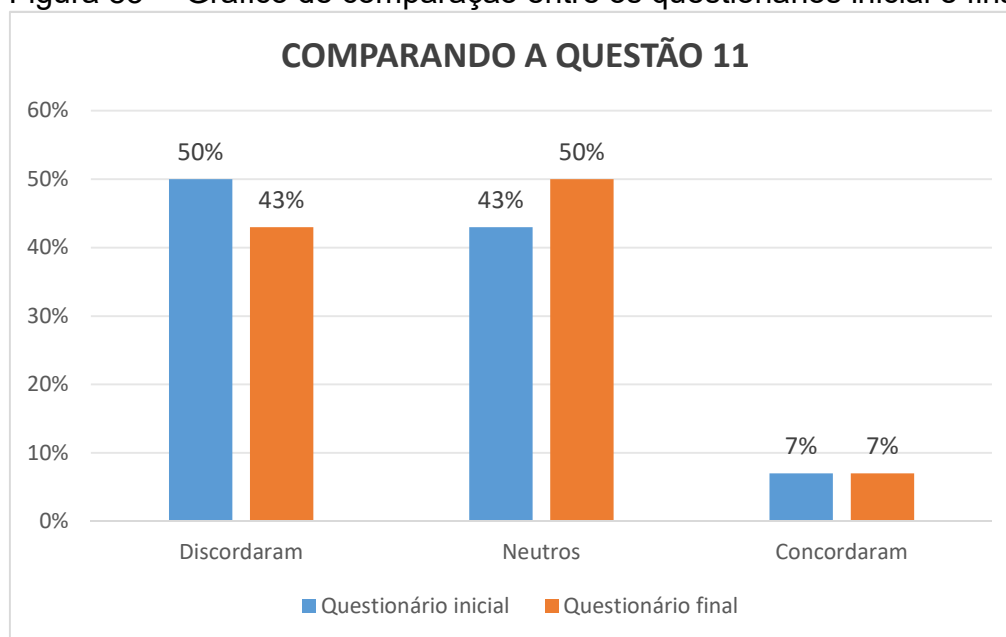
Dessa forma, para a questão 9 “O estudo da física não traz vantagens para o combate ao aquecimento global”, houve uma discreta redução na taxa de estudantes que discordam da afirmação, passando de 86% para 79%, demonstrando que uma pequena parte dos estudantes deixou de ver potencial no estudo da física para o combate do aquecimento global. A taxa de estudantes neutros aumentou de 14% para 21% e a taxa de estudantes que concordam permaneceu em 0%.

Figura 82— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final



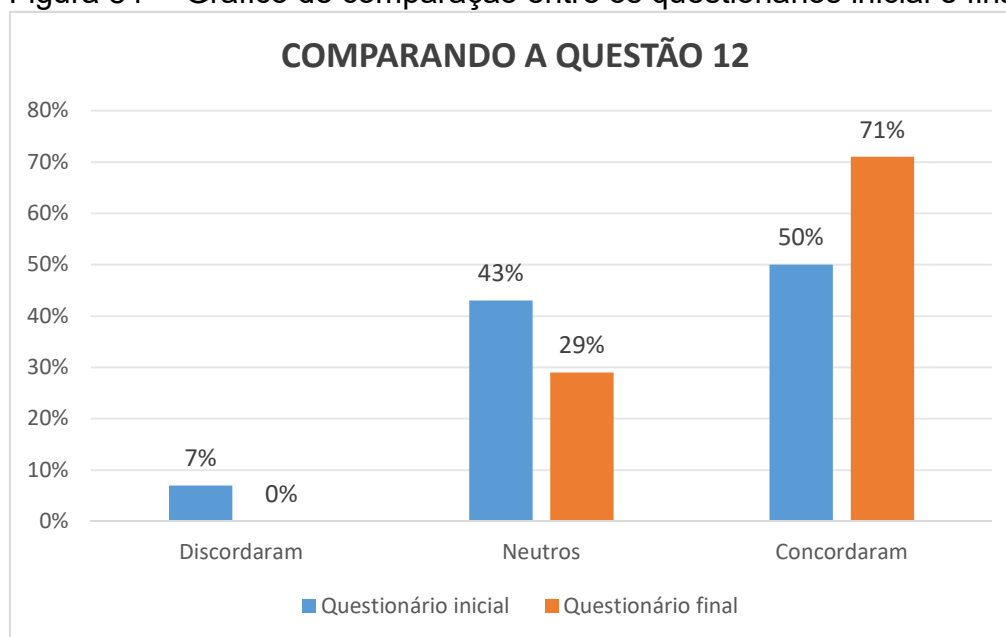
Dessa forma, para a questão 10 “Discutir o aquecimento global no Colégio Estadual Jorge Amado não irá contribuir no combate ao aquecimento global”, houve uma discreta redução na taxa de estudantes que discordam da afirmação, passando de 57% para 50%, demonstrando que uma pequena parte dos estudantes deixou de ver potencial nas discussões sobre o aquecimento global na escola. A taxa de estudantes neutros aumentou de 29% para 43%. Toda via, a taxa de estudantes que concordam reduziu de 14% para 7%, demonstrando que uma parte dos estudantes concorda que realizar discussões sobre o aquecimento global na escola pode contribuir com o combate ao mesmo.

Figura 83— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final



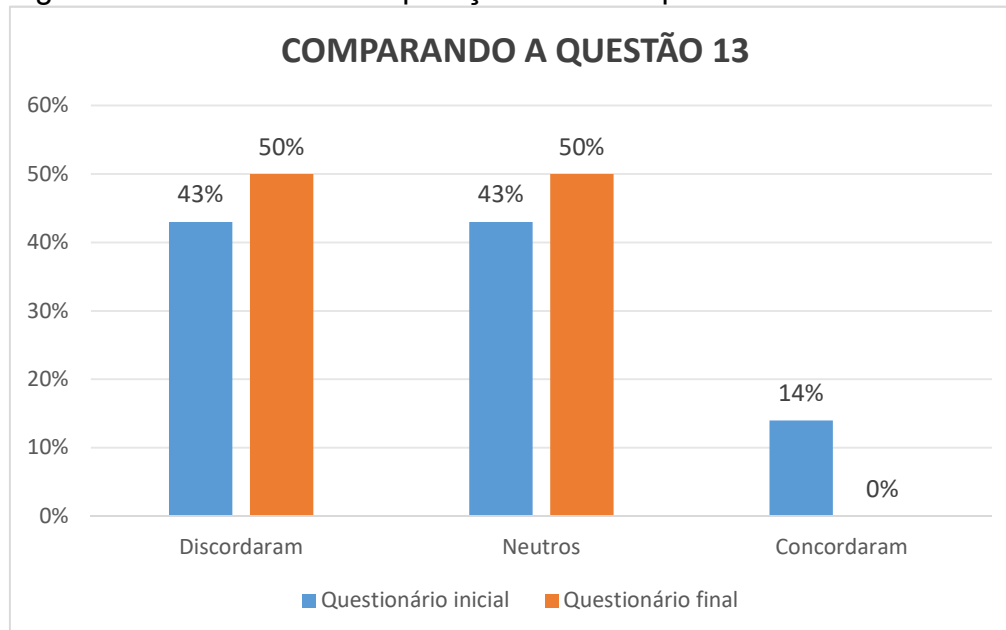
Dessa forma, para a questão 11 “Conhecimentos técnico-científicos não oferecem oportunidades de empreendedorismo em Guajeru para aqueles que os dominam”, houve redução na taxa de estudantes que discordam da afirmação, passando de 50% para 43%, demonstrando que uma pequena parte dos estudantes deixou de ver potencial no uso dos conhecimentos técnico-científicos para aplicação em práticas empreendedoras na cidade de Guajeru. A taxa de estudantes neutros aumentou de 43% para 50%, evidenciando que mais estudantes ficaram em dúvida em relação a esta aplicação. A taxa de estudantes que concordam permaneceu em 7%. Assim, estes resultados demonstram que é possível que os estudantes podem ter adquirido uma maior compreensão das oportunidades ou do mercado na cidade.

Figura 84— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final



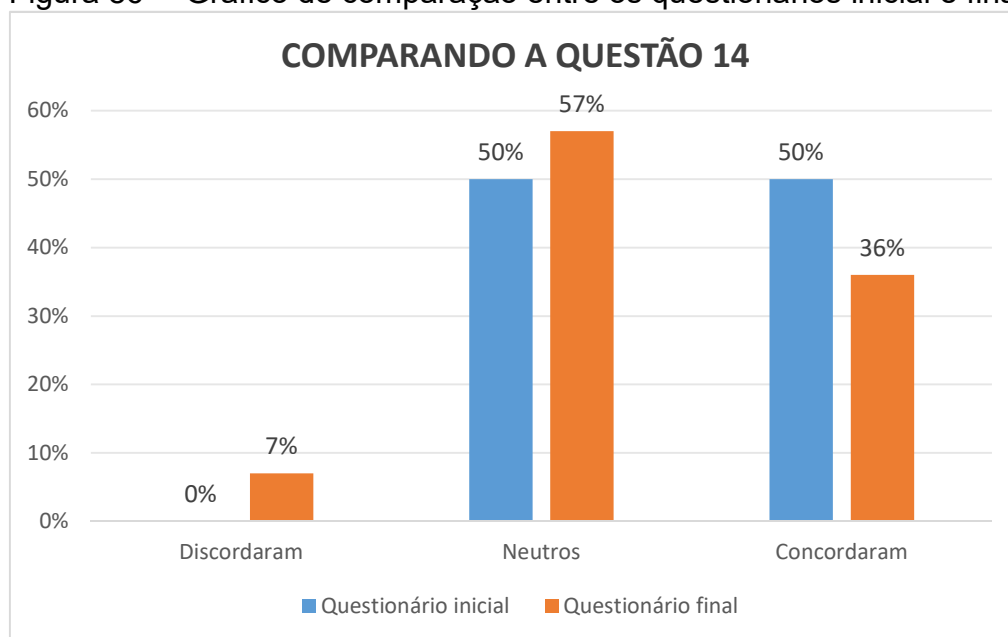
Dessa forma, para a questão 12 “O Ensino de Física no Colégio Estadual Jorge Amado é necessário para aprender sobre novas possibilidades de tecnologias que possam ajudar a mitigar o aquecimento global”, houve um aumento na taxa de estudantes que concordam com a afirmação, passando de 50% para 71%, demonstrando que uma parte maior dos estudantes passou a ver potencial no ensino da física para o combate do aquecimento global. A taxa de estudantes neutros reduziu de 43% para 29%, evidenciando que menos estudantes ficaram em dúvida em relação a esta aplicação. A taxa de estudantes que discordaram reduziu de 7% para 0%.

Figura 85— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final



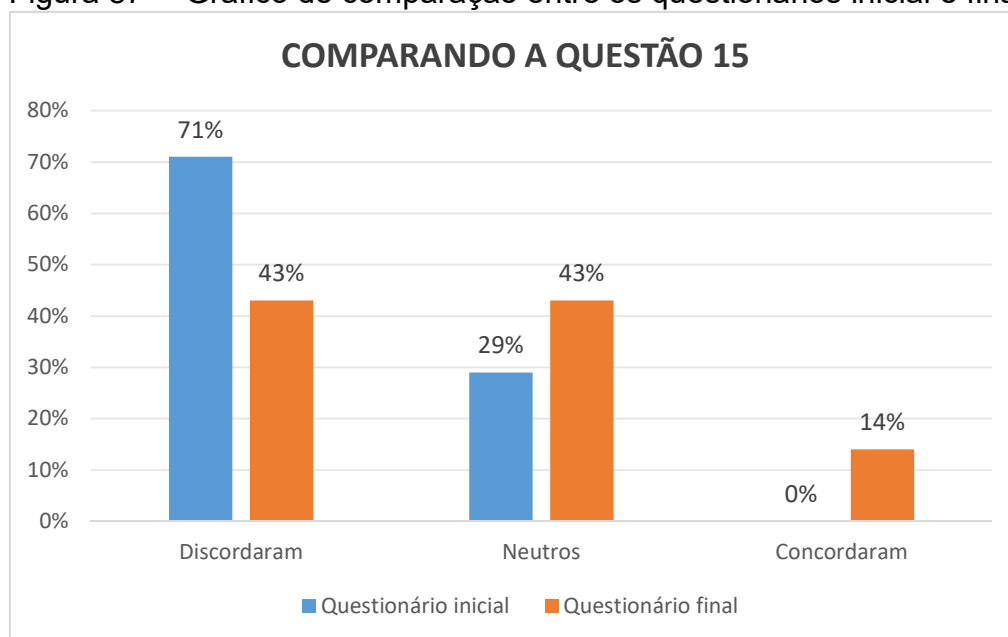
Dessa forma, para a questão 13 “A aplicação de conhecimentos de áreas da física como a óptica, não auxiliam a desenvolver métodos eficazes no combate ao aquecimento global”, houve aumento na taxa de estudantes que discordam da afirmação, passando de 43% para 50%, demonstrando que uma parte maior dos estudantes passou a ver potencial na aplicação de conhecimentos da física para o combate do aquecimento global. A taxa de estudantes neutros aumentou de 43% para 50%, evidenciando que mais estudantes ficaram em dúvida em relação a esta aplicação. A taxa de estudantes que concordam reduziu de 14% para 0%, evidenciando que uma parte dos estudantes que anteriormente não viam potencial na aplicação de conhecimentos da física no combate ao aquecimento global, passaram a ver potencial.

Figura 86— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final



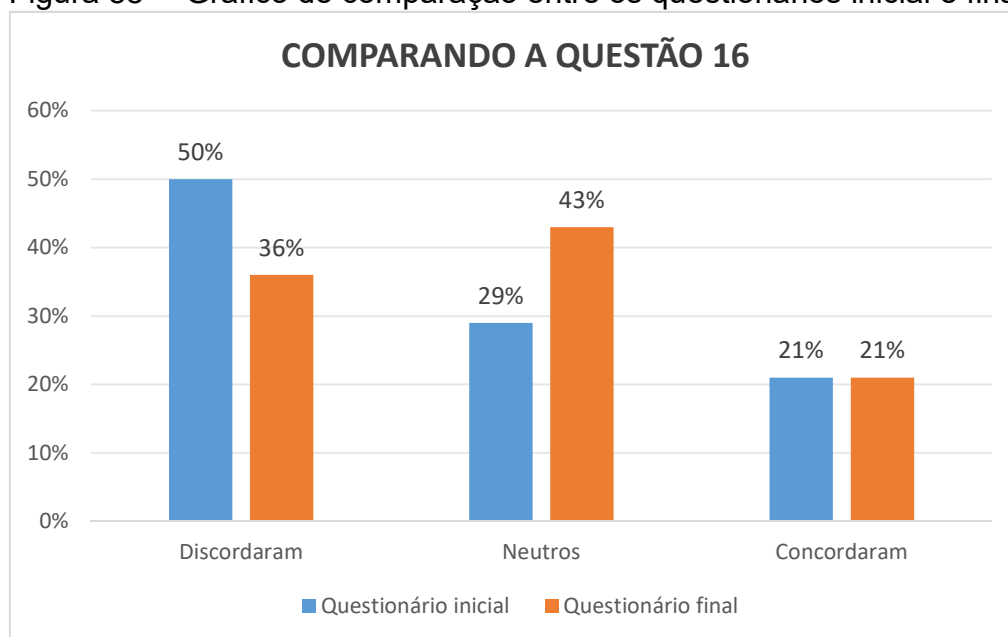
Dessa forma, para a questão 14 “O estudo dos espelhos e das lentes pode trazer vantagens para o desenvolvimento de equipamentos para produção de energia limpa”, houve redução na taxa de estudantes que concordam com a afirmação, passando de 50% para 36%, demonstrando que uma parte dos estudantes deixou de ver potencial no estudo dos espelhos e lentes para o desenvolvimento de equipamentos que possam ser aplicados no combate do aquecimento global. A taxa de estudantes neutros aumentou de 50% para 57%, evidenciando que mais estudantes ficaram em dúvida em relação a esta aplicação. A taxa de estudantes que discordam aumentou de 0% para 7%, evidenciando que uma pequena parte dos estudantes passou a não ver potencial no estudo dos espelhos e das lentes para o desenvolvimento de equipamentos para o combate do aquecimento global.

Figura 87— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final



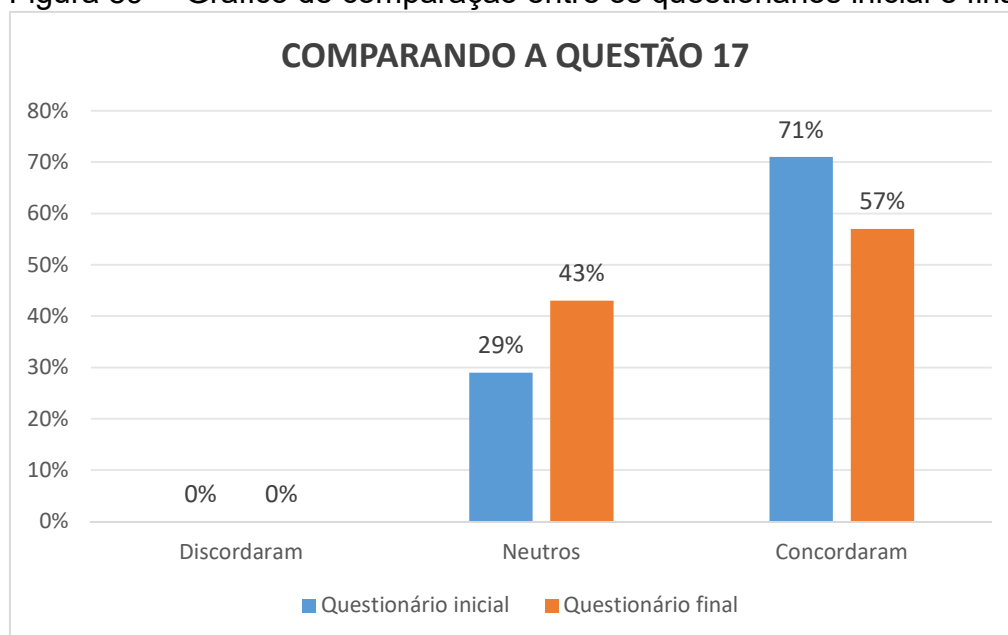
Dessa forma, para a questão 15 “Quaisquer equipamentos desenvolvidos a partir da aplicação de conhecimentos da física, serão incapazes de ajudar na solução dos problemas ambientais hoje existentes”, houve redução na taxa de estudantes que discordam da afirmação, passando de 71% para 43%, demonstrando que uma parte dos estudantes deixou de ver potencial no estudo da física para o desenvolvimento de equipamentos que possam ser aplicados no combate do aquecimento global. A taxa de estudantes neutros aumentou de 29% para 43%, evidenciando que mais estudantes ficaram em dúvida em relação a esta aplicação. A taxa de estudantes que concordam aumentou de 0% para 14%.

Figura 88— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final



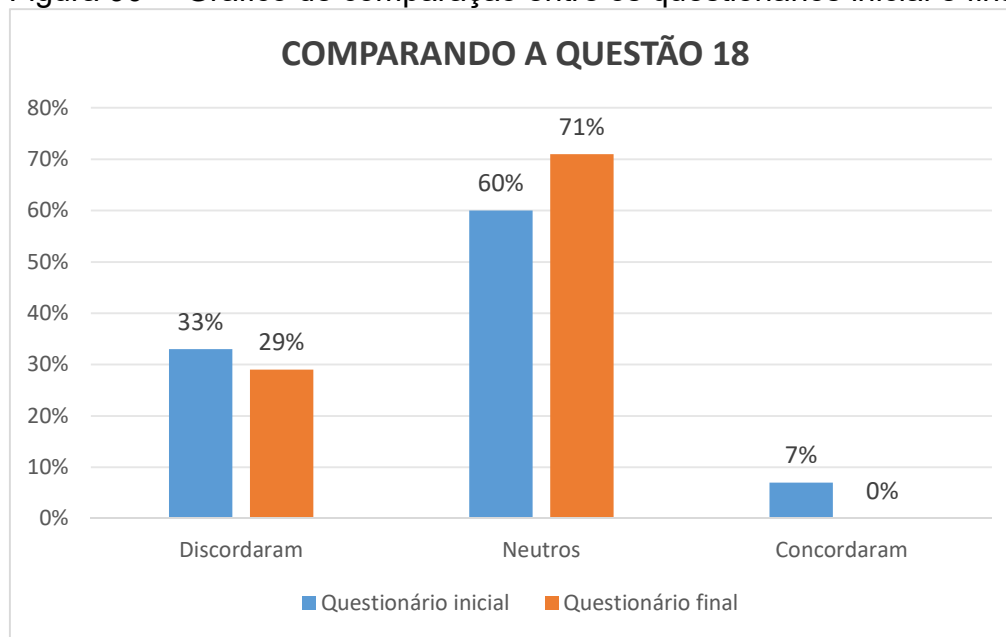
Dessa forma, para a questão 16 “Os conhecimentos da termodinâmica podem ser descartados na formação de um estudante do Ensino Médio do município de Guajeru”, houve redução na taxa de estudantes que discordam da afirmação, passando de 50% para 36%, demonstrando que uma parte dos estudantes passou a ver potencial no estudo da termodinâmica para a formação do estudante da escola. A taxa de estudantes neutros aumentou de 29% para 43%, evidenciando que mais estudantes ficaram em dúvida em relação a esta aplicação. A taxa de estudantes que concordam permaneceu em 21%.

Figura 89— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final



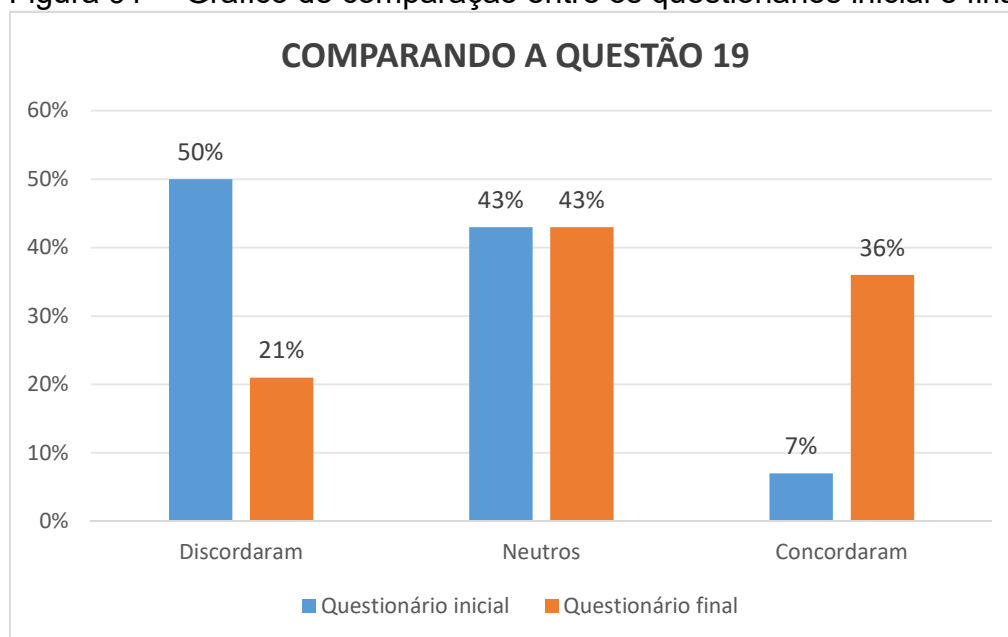
Dessa forma, para a questão 17 “A termodinâmica é a área da física que estuda diversos fenômenos e sistemas físicos complexos em que podem ocorrer trocas de energia na forma de calor. Esses conhecimentos podem contribuir para o entendimento da dinâmica do calor na Terra, consequentemente, também podem contribuir com o entendimento sobre o aquecimento global”, houve redução na taxa de estudantes que concordam com a afirmação, passando de 71% para 57%, demonstrando que uma parte dos estudantes deixou ver potencial no estudo da termodinâmica para o entendimento do aquecimento global. A taxa de estudantes neutros aumentou de 29% para 43%, evidenciando que mais estudantes ficaram em dúvida em relação a esta aplicação. A taxa de estudantes que discordam permaneceu em 0%, evidenciando que em algum grau, todos os estudantes entendem que o estudo da termodinâmica pode contribuir de alguma maneira para o combate do aquecimento global.

Figura 90— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final



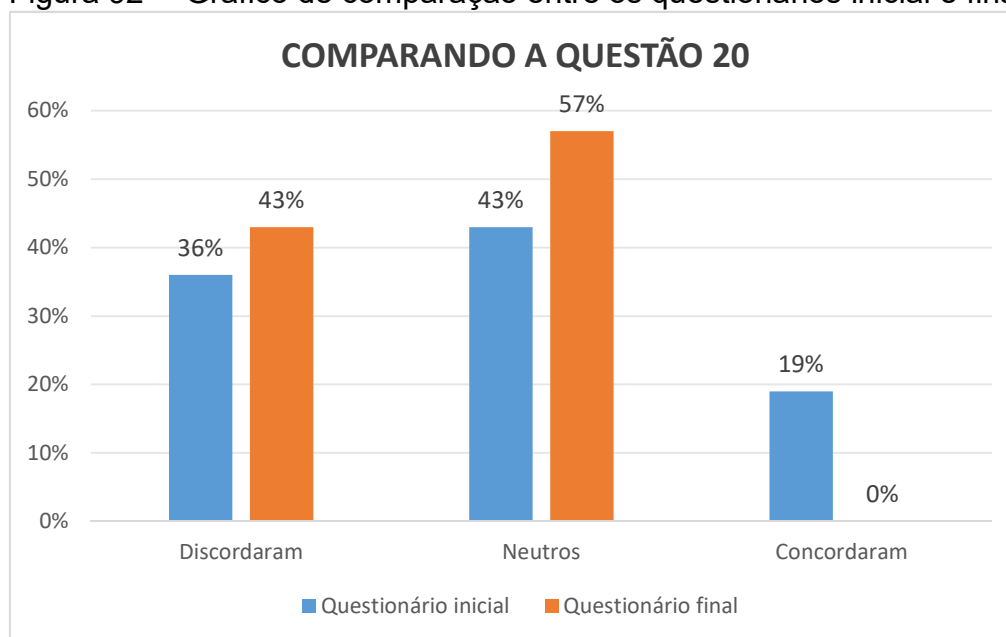
Dessa forma, para a questão 18 “Segundo a termodinâmica, em um sistema térmico real nunca haverá perda de calor, a eficiência será sempre de 100%”, houve uma discreta redução na taxa de estudantes que discordam com a afirmação, passando de 33% para 29%, demonstrando que uma parte dos estudantes não compreendeu que não é possível aproveitar 100% da energia em um sistema térmico real. A taxa de estudantes neutros aumentou de 60% para 71%, evidenciando que mais estudantes ficaram em dúvida em relação a este conceito. A taxa de estudantes que concordam reduziu de 7% para 0%, evidenciando que alguns estudantes passaram a compreender que não é possível aproveitar 100% da energia em um sistema térmico real.

Figura 91— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final



Dessa forma, para a questão 19 “Os conhecimentos da termodinâmica possibilitaram o desenvolvimento das máquinas térmicas presentes nas 1ª e 2ª revoluções industriais, conhecidas por seu alto grau de poluição. A termodinâmica deve ser desconsiderada para o avanço ao combate do aquecimento global”, houve uma considerável redução na taxa de estudantes que discordam com a afirmação, passando de 50% para 21%, demonstrando que uma parte dos estudantes não compreendeu que os conceitos da termodinâmica podem ser aplicados em diversos tipos de sistema, podendo ser eles poluentes e não-poluentes. A taxa de estudantes neutros permaneceu em 43%. A taxa de estudantes que concordam aumentou de 7% para 36%, evidenciando que alguns estudantes não compreenderam o potencial de aplicação da termodinâmica para o combate do aquecimento global.

Figura 92— Gráfico de comparação entre os questionários inicial e final



Dessa forma, para a questão 20 “A óptica e a termodinâmica não podem ser associadas para construção de projetos eficazes no combate do aquecimento global”, houve um discreto aumento na taxa de estudantes que discordam com a afirmação, passando de 36% para 43%, demonstrando que uma parte dos estudantes não vê aplicação dos conceitos da óptica termodinâmica para a construção de projetos aplicados ao combate do aquecimento global. A taxa de estudantes neutros aumentou de 43% para 57%. A taxa de estudantes que concordam reduziu de 19% para 0%, evidenciando que os estudantes são neutros ou concordam em algum grau que os conhecimentos da óptica e da termodinâmica podem ser aplicados na construção de projetos eficazes no combate do aquecimento global.

7.5. DISCUSSÃO GERAL SOBRE A APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS

Ao analisar os gráficos comparativos entre os questionários inicial e final desta sequência didática, é evidente que a maioria os estudantes conseguiram atingir o objetivo desta sequência, que é o aprendizado através das diversas abordagens adotadas durante a aplicação da sequência. Já na aplicação do questionário inicial é notável que muitos estudantes já possuíam entendimento sobre muitas afirmações, entretanto, a aplicação desta sequência permitiu o desenvolvimento de um nível maior de criticidade dos estudantes. Assim, a análise dos gráficos nos permitir observar que a aplicação da sequência didática trouxe impactos relevantes na compreensão dos estudantes acerca das energias renováveis, aquecimento global, física e termodinâmica. No entanto, os resultados evidenciam alguns pontos de avanço parcial,

algumas ambiguidades conceituais e regressões interpretativas, especialmente após as discussões mais aprofundadas sobre a 2ª Lei da Termodinâmica. Mas de maneira geral, os dados demonstram que houve ampliação do senso crítico e redução de concepções simplistas sobre energia e sustentabilidade. Nas questões relacionadas às fontes de energia e ao entendimento sobre a matriz energética, nas questões 1, 2 e 3, observa-se um avanço significativo. Já que os estudantes passaram a compreender que: a energia elétrica não é a única forma de energia existente; a energia consumida em Guajeru não provém exclusivamente de hidrelétricas; a matriz energética utilizada não é totalmente limpa e renovável. A análise aponta que nessas questões, houve aumento expressivo das respostas consideradas corretas e redução da neutralidade, indicando maior clareza conceitual e segurança nas respostas.

A análise aponta também que algumas as questões 7, 8, 12 e 13 apresentaram avanços importantes relacionados à percepção ambiental e científica. Ficou evidente que os estudantes demonstraram maior compreensão de que: os combustíveis fósseis estão associados ao aquecimento global; ciência e tecnologia podem contribuir no enfrentamento das mudanças climáticas; o ensino de Física possui relevância para a compreensão e mitigação do aquecimento global; áreas da Física, como a óptica, possuem aplicações importantes em soluções ambientais. Dessa forma, esses resultados sugerem que a sequência didática discutir bem a relação entre os conteúdos científicos e problemas reais da sociedade, aproximando o ensino de Física de contextos sociais e ambientais concretos.

Entretanto, é importante observar o aumento da neutralidade em algumas questões, especialmente aquelas relacionadas à termodinâmica, eficiência energética e aplicações tecnológicas, esse aumento na neutralidade foi observado nas questões 4, 5, 6, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20. Em muitas dessas questões, houve uma redução das respostas consideradas corretas e crescimento das respostas neutras, sugerindo que: os estudantes passaram a perceber maior complexidade nos conceitos; abandonaram certezas simplificadas; passaram a reconhecer limites físicos e ambientais associados aos sistemas energéticos.

Outro ponto importante que foi observado na análise é a influência das discussões sobre a 2ª Lei da Termodinâmica. Foi observado que ao compreenderem que nenhum sistema energético possui eficiência de 100%, e que até fontes renováveis possuem impactos ambientais e limitações físicas, muitos estudantes passaram a relativizar respostas que antes pareciam óbvias. Assim, o aumento da neutralidade pode não representar necessariamente que o estudante não aprendeu, mas indicar que os estudantes ficaram mais reflexivos e críticos diante dos temas estudados.

Entretanto, algumas questões podem indicar possíveis dificuldades conceituais. Nas

questões 15, 16, 17 e 19, que estão diretamente ligadas à aplicação da termodinâmica e da Física no combate ao aquecimento global, houve regressão nas respostas esperadas. Isso demonstra que parte dos estudantes podem ter interpretado as limitações físicas discutidas em aula como uma invalidação do potencial científico e tecnológico da Física na busca por soluções ambientais.

Além disso, percebe-se que os estudantes tiveram maior facilidade em compreender discussões ligadas a conceitos sociais e ambientais mais gerais, relações entre combustíveis fósseis e aquecimento global e importância da ciência e da tecnologia. No entanto, apresentaram maior dificuldade em compreender aspectos ligados a conceitos abstratos da termodinâmica, relacionar as limitações físicas com aplicações tecnológicas sustentáveis e compreender simultaneamente eficiência limitada e potencial tecnológico.

É importante observar também que os resultados indicam uma mudança qualitativa no perfil das respostas. Nota-se uma diminuição das respostas extremas e crescimento das respostas neutras, o que pode indicar amadurecimento intelectual, cautela interpretativa e maior consciência da complexidade científica dos temas abordados.

Dessa forma, é possível concluir que a sequência didática apresentou resultados positivos e relevantes, principalmente no desenvolvimento da consciência ambiental, da percepção crítica sobre energia e da valorização da ciência no enfrentamento do aquecimento global. Entretanto, também aponta desafios pedagógicos, como a necessidade de desenvolver estratégias para a consolidação dos conceitos termodinâmicos, relação entre limites físicos e inovação tecnológica e ao esclarecimento de que reconhecer limitações energéticas não significa negar o potencial da Física para construção de soluções sustentáveis.

Assim, a análise dos gráficos sugere que a proposta pedagógica foi eficaz ao promover reflexão crítica e problematização científica, ainda que parte dos conteúdos mais complexos tenha exigido maior amadurecimento conceitual por parte dos estudantes.

8.CONCLUSÕES

A partir da aplicação desta sequência didática fundamentada nos Três Momentos Pedagógicos (3MP's), envolvendo a problematização, a organização e a aplicação de conhecimentos relacionados à Física e à sustentabilidade, especialmente conceitos de calorimetria, óptica, solarimetria, energias renováveis, efeito estufa, aquecimento global e mudanças climáticas, foi possível compreender como estudantes do 2º ano do Ensino Médio desenvolveram seus conhecimentos a partir de diferentes abordagens didáticas voltadas à aprendizagem significativa.

Após a aplicação da sequência didática, observou-se que os estudantes apresentaram avanços significativos na compreensão dos conceitos físicos e das diferentes dimensões da sustentabilidade. Por meio das práticas investigativas teóricas e experimentais, os discentes tiveram contato com aspectos fundamentais da investigação científica, respeitando os limites de uma sala de aula do Ensino Médio e as possibilidades proporcionadas pelo uso de materiais e equipamentos de baixo custo, sem perder o rigor necessário às práticas científicas.

A metodologia fundamentada nos pressupostos dos Três Momentos Pedagógicos, propostos por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2001), estimulou os estudantes a problematizarem conhecimentos construídos empiricamente por meio das experiências cotidianas e do senso comum, utilizando-os na resolução de situações-problema relacionadas aos temas investigados nesta sequência didática. Além disso, durante o momento de organização do conhecimento, os estudantes puderam estruturar e aprofundar conceitos que anteriormente se apresentavam de forma fragmentada em sua estrutura cognitiva, articulando teoria e prática de maneira mais consistente. Já na etapa de aplicação do conhecimento, os discentes conseguiram relacionar os conceitos teóricos estudados às observações obtidas no experimento de baixo custo desenvolvido ao longo das atividades.

Dessa forma, a análise dos resultados obtidos por meio dos questionários, das situações-problema e das atividades experimentais permitiu concluir que os estudantes alcançaram uma aprendizagem significativa dos conteúdos abordados. Além disso, ampliaram a compreensão acerca da importância do desenvolvimento de práticas sustentáveis no contexto escolar e social, bem como reconheceram o potencial da ciência como instrumento fundamental no enfrentamento do aquecimento global e das mudanças climáticas.

Portanto, este trabalho contribuiu significativamente para a discussão de conceitos físicos articulados às questões ambientais contemporâneas, incentivando os estudantes a refletirem criticamente sobre as mudanças climáticas e suas implicações para a sociedade.

Assim, a pesquisa apresenta relevantes contribuições para o ensino de Física, servindo também como possibilidade metodológica para professores que desejem aplicar propostas semelhantes em suas turmas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABC da engenharia: HSP - Hora de Sol Pleno. **Construção+**, [s. l.], 27 ago. 2020. Disponível em: <https://www.construcaomais.com/post/abc-da-engenharia-hsp-hora-de-sol-pleno>. Acesso em: 29 jan. 2026.

ALBUQUERQUE, K. B.; SANTOS, P. J. S.; FERREIRA, G. K. Os Três Momentos Pedagógicos como metodologia para o ensino de Óptica no Ensino Médio: o que é necessário para enxergarmos? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 2, p. 461-482, ago. 2015. Disponível em: Portal de Periódicos UFSC. Acesso em: 29 jan. 2026.

ALVARENGA, K. B.; ANDRADE, I. D.; DE JESUS SANTOS, R. Dificuldades na resolução de problemas básicos de matemática: um estudo de caso do agreste sergipano. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, [s. l.], v. 12, n. 24, p. 39-52, 2016.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M. “Experiências” e “experimentos” alquímicos e a experimentação de Hermann Boerhaave. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (org.). **O saber fazer e seus muitos saberes: experimentos, experiências e experimentações**. São Paulo: Editora Livraria da Física; EDUC; Fapesp, 2006.

AMEND, Thora *et al.* **Uma Grande Pegada num Pequeno Planeta?** Contabilidade através da Pegada Ecológica. Ter sucesso num mundo com crescente limitação de recursos. In: DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT (GIZ). **A sustentabilidade tem muitas faces**. [S. l.]: GIZ, 2010.

ARTAXO, Paulo. Mudanças climáticas e a transversalidade do conhecimento. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 76, n. 3, p. 01-04, jul. 2024. Disponível em: SciELO - Ciência e Cultura. Acesso em: 29 jan. 2026.

ARTAXO, Paulo. Mudanças climáticas: caminhos para o Brasil. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 74, n. 4, p. 1-8, out./dez. 2022. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v74n4/v74n4a13.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2026.

BBC NEWS BRASIL. **COP29: o que é, quais as causas e como a mudança climática afeta o mundo**. BBC News Brasil, 5 dez. 2023. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/c72r70vjgi7o>. Acesso em: 29 jan. 2026.

BONFIM, Danúbia Damiana Santos; COSTA, Priscila Carozza Frasson; NASCIMENTO, William Júnior do. A abordagem dos três momentos pedagógicos no estudo de velocidade escalar média. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 1, p. 187-197, 2018. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID465/v13_n1_a2018.pdf. Acesso em: 29 jan. 2026.

BRAZIL GHI Solar-resource-map lang-PT GlobalSolarAtlas World-Bank-Esmap-Solargis. **Wikimedia Commons**, [s. l.], 2026. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brazil_GHI_Solar-resource-map_lang-PT_GlobalSolarAtlas_World-Bank-Esmap-Solargis.png. Acesso em: 29 jan. 2026.

CALORIMETRIA: diagrama de fases, gás ideal, termodinâmica. **Colégio CCREI**, [s. l.],

[202-?]. Disponível em:

https://www.ccrei.com.br/web3gestor/arquivos/81/%20Calorimetria_diagrama%20de%20fases_gas%20ideal_termodinamica.pdf. Acesso em: 29 jan. 2026.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. **Atlas solarimétrico do Brasil**: banco de dados solarimétricos. Recife: UFPE, 2000.

Disponível em:

https://cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas_Solarimetrico_do_Brasil_2000.pdf.

Acesso em: 29 jan. 2026.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. **Energia Solar - Fotovoltaica**. Rio de Janeiro: CRESEB/CEPEL, [2024?].

Disponível em: cresesb.cepel.br/pt/cid=311. Acesso em: 29 jan. 2026.

COMO cozinhar sem fogo no laboratório. **Superinteressante**, [s. l.], 31 out. 2016. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/como-cozinhar-sem-fogo-no-laboratorio/>. Acesso em: 29 jan. 2026.

COSTA, I. F. DA .; MAROJA, A. DE M.. Astronomia diurna: medida da abertura angular do Sol e da latitude local. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 1, 2018.

COSTA, Ronald Rodriguez. **O desenvolvimento da óptica**: da antiguidade à idade contemporânea. Orientador: Carlos Renato de Carvalho. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em:

<https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/2892/1/Ronald%20Rodriguez%20Costa%20nov15.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2026.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de ciências**: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2002.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1990.

ECHER, E.; SOUZA, M. P.; SCHUCH, N. J.. A Lei de Beer Aplicada na Atmosfera Terrestre. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p. 276–283, set. 2001.

ENTENDA as estações do ano pela orientação da Terra. **Hipercultura**, [s. l.], 2026.

Disponível em: <https://www.hipercultura.com/entenda-as-estacoes-do-ano-pela-inclinacao-da-terra/>. Acesso em: 29 jan. 2026.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 66. ed. Rio de Janeiro/São Paulo: Paz e Terra, 2018.

FIORI, Ernani Maria. **Textos escolhidos**: metafísica e história. Porto Alegre: L&PM, 1987. v. 1.

GEODESIGN EQUIPAMENTOS E LTDA. **GeoDesign Recurso Solar**. [s. l.], 2026.

Disponível em: <https://recursosolar.geodesign.com.br/energiasolar.html>. Acesso em: 29 jan. 2026.

GODOY, Arilda Schmidt. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **RAE - Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995. Disponível em: rae.fgv.br. Acesso em: 29 jan. 2026.

HELERBROCK, Rafael. **Índice de refração**. Brasil Escola, [2026]. Disponível em: <https://brasilestola.uol.com.br/fisica/indice-de-refracao.htm>. Acesso em: 30 jan. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Guajeru (BA)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2026. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/guajeru.html>. Acesso em: 29 jan. 2026.

IPCC. **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [S. l.]: Cambridge University Press, 2022. Disponível em: www.ipcc.ch. Acesso em: 29 jan. 2026.

LAMIM-GUEDES, V. Pegada ecológica: consumo de recursos naturais e meio ambiente. **Educação Ambiental em Ação**, [S. l.], n. 38, ano X, 2011. Disponível em: <http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1168>. Acesso em: 25 de maio de 2026.

LENGERT, Mathias. Aquecimento global pode superar a meta de 1,5 grau lamentam principais cientistas climáticos do mundo. **Instituto Humanitas Unisinos**, São Leopoldo, 14 maio 2024. Disponível em: <https://ihu.unisinos.br/categorias/639544-os-principais-cientistas-climaticos-do-mundo-esperam-que-o-aquecimento-global-ultrapasse-a-meta-de-1-5-c>. Acesso em: 29 jan. 2026.

LENTE de Fresnel. In: **Wikipédia: a enciclopédia livre**. [S. l.]: Wikimedia Foundation, 2024. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Lente_de_Fresnel&oldid=68611476. Acesso em: 29 jan. 2026.

MARTINS, Roberto de Andrade. **A história do conceito de calor**. São Paulo: Livraria da Física, 2012.

MASSETO, M. Competência pedagógica do professor universitário. 2. ed. São Paulo: Summus, 2012.

MATRIZ energética. **Empresa de Pesquisa Energética – EPE**, [s. l.], 2026. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 29 jan. 2026.

MOREIRA, M. A.. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20200451, 2021.

OIT: **Educação climática é fundamental para garantir empregos do futuro**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/125620-oit-educa%C3%A7%C3%A3o-clim%C3%A1tica-%C3%A9-fundamental-para-garantir-empregos-do-futuro>. Acesso em: 29 jan. 2026.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D.. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro "Física". **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 20, n. 3, p. 617–638, jul. 2014.

NEWTON et al, Tópicos de Física Vol. 2: Termologia, Ondulatória, Óptica. São Paulo, SP, Editora Saraiva, (2007), 18ª edição.

ONU alerta que o ciclo mundial da água está se tornando cada vez mais imprevisível; entenda consequências. **O Globo**, Rio de Janeiro, 7 out. 2024. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/mundo/clima-e-ciencia/noticia/2024/10/07/onu-alerta-que-ciclo-mundial-da-agua-esta-se-tornando-cada-vez-mais-imprevisivel-entenda-consequencias.ghtml>. Acesso em: 29 jan. 2026.

PIRES, D. P. L.; AFONSO, J. C.; CHAVES, F. A. B.. A termometria nos séculos XIX e XX. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 101–114, 2006.

POYNTING, Mark. Aquecimento global: os gráficos que mostram como 2024 foi o ano mais quente já registrado. **BBC News Brasil**, 10 jan. 2025. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/czj3yem097po>. Acesso em: 29 jan. 2026.

PRÉDIO “derrete” Jaguar com reflexo do sol na Inglaterra. **G1**, [s. l.], 3 set. 2013. Disponível em: <https://g1.globo.com/planeta-bizarro/noticia/2013/09/predio-derrete-jaguar-com-reflexo-do-sol-na-inglaterra.html>. Acesso em: 29 jan. 2026.

ROTAÇÃO e Translação: veja os principais movimentos da Terra. **Blog do Enem**, [s. l.], 2026. Disponível em: <https://blogdoenem.com.br/terra-principais-movimentos-geografia-enem/>. Acesso em: 29 jan. 2026.

SESTARI, Fabiane Beatriz; GARCIA, Isabel Krey; SANTAROSA, Maria Cecília Pereira. **Ações interdisciplinares no ensino de Física: pressupostos teóricos e revisão da literatura**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 38, n. 2, p. 883-913, ago. 2021. Disponível em: periodicos.ufsc.br. Acesso em: 29 jan. 2026.

SILVA, Ana Paula Bispo; FORATO, Thaís Cyrino de Mello; GOMES, José Leandro de A. M. Costa. Concepções sobre a natureza do calor em diferentes contextos históricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 3, p. 574-601, dez. 2013. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5165536.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2026.

TEVINI, M. (ed.). **UV-B Radiation and Ozone Depletion: Effects on Humans, Animals, Plants, Microorganisms, and Materials**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1993.

APÊNDICES

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO

PRODUTO EDUCACIONAL

Este questionário tem por objetivo, verificar por meio de questões aplicadas através da escala likert, como os estudantes do 2º ano Integral do Colégio Estadual Jorge Amado, concebem alguns conhecimentos relacionados aos objetos de pesquisa do produto educacional do estudante de mestrado Dean Carlos Ribeiro Porto. Este questionário não irá, em nenhum momento, expor o nome dos alunos (a) que irão respondê-lo.

ESCALA LIKERT

A Escala Likert é uma ferramenta amplamente utilizada para medir atitudes, opiniões ou comportamentos em pesquisas, especialmente em questionários. Criada pelo psicólogo Rensis Likert em 1932, ela permite que os respondentes indiquem seu nível de concordância ou discordância em relação a uma afirmação, usando uma escala ordinal de respostas que variam geralmente de "discordo totalmente" a "concordo totalmente".

Esta escala Likert irá conter 5 opções de resposta e o participante irá marcar somente 1 resposta. Veja:

- A) Discordo totalmente
- B) Discordo
- C) Neutro
- D) Concordo
- E) Concordo totalmente

Essa escala é popular porque é fácil de entender e aplicar, além de ser uma maneira eficaz de captar nuances de opinião. As respostas são, em geral, tratadas como dados numéricos, permitindo a análise estatística, como cálculo de médias e correlações.

QUESTIONÁRIO

1. A energia elétrica é a única energia existente até hoje no mundo.

- A) Concordo totalmente
- B) Concordo
- C) Neutro
- D) Discordo
- E) Discordo totalmente

2. A energia elétrica de Guajeru advém única e exclusivamente de usinas hidroelétricas.

- A) Concordo totalmente
- B) Concordo
- C) Neutro
- D) Discordo
- E) Discordo totalmente

3. A energia utilizada em Guajeru é totalmente renovável e limpa.

- A) Concordo totalmente
- B) Concordo
- C) Neutro
- D) Discordo
- E) Discordo totalmente

4. As fontes de energia renováveis podem ser consideradas inesgotáveis em relação aos combustíveis fósseis.

- A) Concordo totalmente
- B) Concordo
- C) Neutro
- D) Discordo
- E) Discordo totalmente

5. O impacto ambiental das fontes de energia renováveis é menor do que o provocado pelas fontes de energia com origem nos combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás).

- A) Concordo totalmente
- B) Concordo
- C) Neutro
- D) Discordo
- E) Discordo totalmente

6. As fontes de energia renováveis permitem reduzir as emissões de CO₂ e contribuem para a diminuição do aquecimento global.

- A) Concordo totalmente
- B) Concordo
- C) Neutro
- D) Discordo
- E) Discordo totalmente

7. Combustíveis fósseis são altamente poluentes e figuram entre as principais causas do aquecimento global.

- A) Concordo totalmente
- B) Concordo
- C) Neutro
- D) Discordo
- E) Discordo totalmente

8. Conhecimentos científicos e tecnologias podem contribuir no combate ao aquecimento global.

- A) Concordo totalmente
- B) Concordo
- C) Neutro

- D) Discordo
- E) Discordo totalmente

9. O estudo da física não traz vantagens para o combate ao aquecimento global.

- A) Concordo totalmente
- B) Concordo
- C) Neutro
- D) Discordo
- E) Discordo totalmente

10. Discutir o aquecimento global no Colégio Estadual Jorge Amado não irá contribuir no combate ao aquecimento global.

- A) Concordo totalmente
- B) Concordo
- C) Neutro
- D) Discordo
- E) Discordo totalmente

11. Conhecimentos técnico-científicos não oferecem oportunidades de empreendedorismo em Guajeru para aqueles que os dominam.

- A) Concordo totalmente
- B) Concordo
- C) Neutro
- D) Discordo
- E) Discordo totalmente

12. O Ensino de Física no Colégio Estadual Jorge Amado é necessário para aprender sobre novas possibilidades de tecnologias que possam ajudar a mitigar o aquecimento global.

- A) Concordo totalmente
- B) Concordo

- C) Neutro
- D) Discordo
- E) Discordo totalmente

13. A aplicação de conhecimentos de áreas da física como a ótica, não auxiliam a desenvolver métodos eficazes no combate ao aquecimento global.

- A) Concordo totalmente
- B) Concordo
- C) Neutro
- D) Discordo
- E) Discordo totalmente

14. O estudo dos espelhos e das lentes pode trazer vantagens para o desenvolvimento de equipamentos para produção de energia limpa.

- A) Concordo totalmente
- B) Concordo
- C) Neutro
- D) Discordo
- E) Discordo totalmente

15. Quaisquer equipamentos desenvolvidos a partir da aplicação de conhecimentos da física, serão incapazes de ajudar na solução dos problemas ambientais hoje existentes.

- A) Concordo totalmente
- B) Concordo
- C) Neutro
- D) Discordo
- E) Discordo totalmente

16. Os conhecimentos da termodinâmica podem ser descartados na formação de um estudante do Ensino Médio do município de Guajeru.

- A) Concordo totalmente
- B) Concordo
- C) Neutro
- D) Discordo
- E) Discordo totalmente

17. A termodinâmica é a área da física que estuda diversos fenômenos e sistemas físicos complexos em que podem ocorrer trocas de energia na forma de calor. Esses conhecimentos podem contribuir para o entendimento da dinâmica do calor na Terra, consequentemente, também podem contribuir com o entendimento sobre o aquecimento global.

- A) Concordo totalmente
- B) Concordo
- C) Neutro
- D) Discordo
- E) Discordo totalmente

18. Segundo a termodinâmica, em um sistema térmico real nunca haverá perda de calor, a eficiência será sempre de 100%.

- A) Concordo totalmente
- B) Concordo
- C) Neutro
- D) Discordo
- E) Discordo totalmente

19. Os conhecimentos da termodinâmica possibilitaram o desenvolvimento das máquinas térmicas presentes na 1ª e 2ª revoluções industriais, conhecidas por seu alto grau de poluição. A termodinâmica deve ser desconsiderada para o avanço ao combate do aquecimento global.

- A) Concordo totalmente
- B) Concordo
- C) Neutro
- D) Discordo

E) Discordo totalmente

20. A ótica e a termodinâmica não podem ser associadas para construção de projetos eficazes no combate do aquecimento global.

A) Concordo totalmente

B) Concordo

C) Neutro

D) Discordo

E) Discordo totalmente

APÊNDICE B – SITUAÇÕES-PROBLEMA

ESCOLA: _____

EQUIPE: _____

DATA: _____

SITUAÇÕES-PROBLEMA

Neste trabalho vocês irão analisar em grupo, três situações-problema. Abaixo de cada situação-problema, terá um espaço para que vocês apresentem possíveis explicações ou soluções para o que vocês observaram. Lembrem-se de que esse trabalho não será avaliado de forma quantitativa, não se preocupem em dar respostas que pareçam estar erradas, aponte respostas que vão de acordo com o que vocês realmente pensam.

1ª Situação-problema

Prédio 'derrete' Jaguar na Inglaterra

*Reflexo derreteu retrovisor e emblema e danificou lateral do carro.
Edifício conhecido como walkie talkie pagou o conserto de R\$ 3,4 mil.*

Figura B- 1—1º Situação-problema



Fonte: Leon Neal/AFP, 2026

03/09/2013 13h50 - Atualizado em 03/09/2013 14h00

Prédio 'derrete' Jaguar na Inglaterra (Foto: Leon Neal/AFP). (Link da imagem: <https://g1.globo.com/planeta-bizarro/noticia/2013/09/predio-derrete-jaguar-com-reflexo-do-sol-na-inglaterra.html>)

Reflexo derreteu retrovisor e emblema e danificou lateral do carro. Edifício conhecido como *walkie talkie* pagou o conserto de R\$ 3,4 mil. https://twitter.com/share?url=https://g1.globo.com/planeta-bizarro/noticia/2013/09/predio-derrete-jaguar-com-reflexo-do-sol-na-inglaterra.html?utm_source=twitter&utm_medium=share-bar-desktop&utm_campaign=share-bar&text=Pr%C3%A9dio%20'derrete'%20Jaguar%20com%20reflexo%20do%20sol%20na%20Inglaterra%20%23G1

https://plus.google.com/share?url=https://g1.globo.com/planeta-bizarro/noticia/2013/09/predio-derrete-jaguar-com-reflexo-do-sol-na-inglaterra.html?utm_source=googleplus&utm_medium=share-bar-desktop&utm_campaign=share-bar O edifício conhecido como *walkie talkie*, em Londres, na Inglaterra, foi capaz de derreter peças de um Jaguar.

O inglês Martin Lindsay havia estacionado seu Jaguar XJ no distrito financeiro da cidade, mas, quando voltou para pegar o carro, descobriu que um retrovisor e o emblema da marca haviam derretido e uma das laterais do veículo estava deformada.

"Não conseguia acreditar", disse Lindsay, destacando que o prédio pagou o conserto do veículo, que custou 946 libras (R\$ 3.490).

Na semana passada, a administração do prédio informou que estava investigando o episódio e que havia solicitado à cidade de Londres para não permitir o estacionamento em áreas afetadas.

Figura B- 2—1º Situação-problema



Fonte: Leon Neal/AFP, 2026

(Foto: Leon Neal/AFP). (Link da imagem: <https://g1.globo.com/planeta-bizarro/noticia/2013/09/predio-derrete-jaguar-com-reflexo-do-sol-na-inglaterra.html>)

Agora, com sua equipe, apresentem possíveis explicações para o que aconteceu na situação-problema: “Prédio 'derrete' Jaguar na Inglaterra”.

2º Situação-problema

Aquecimento global pode superar a meta de 1,5 grau³ lamentam principais cientistas climáticos do mundo

Figura B- 3—2º Situação-problema



Fonte: Fatec Jales – Prof. José Camargo, 2025

(Link da imagem: <https://www.fatecjales.edu.br/publicacoes/fatecnologia/1517-o-aquecimento-global-e-suas-consequencias>)

Exclusivo: o planeta caminha para pelo menos 2,5°C de aquecimento com resultados desastrosos para a humanidade, descobriu uma pesquisa com centenas de cientistas.

A reportagem é de Damian Carrington, publicada por The Guardian, 08-05-2024.

Centenas dos principais cientistas climáticos do mundo esperam que as temperaturas globais subam para pelo menos 2,5°C (4,5°F) acima dos níveis pré-industriais neste século, ultrapassando as metas acordadas internacionalmente e causando consequências catastróficas para a humanidade e o planeta, revelou uma pesquisa exclusiva do Guardian.

Quase 80% dos entrevistados, todos do renomado Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), preveem pelo menos 2,5°C de aquecimento global, enquanto quase metade prevê pelo menos 3°C (5,4°F). Apenas 6% consideraram que o limite internacionalmente acordado de 1,5°C (2,7°F) seria cumprido.

Muitos dos cientistas preveem um futuro “semi-distópico”, com fomes, conflitos e migrações em massa, impulsionados por ondas de calor, incêndios florestais, inundações e tempestades com uma intensidade e frequência muito superiores às que já ocorreram. Numerosos especialistas afirmaram que se sentiram desesperados, enfurecidos e assustados com o fracasso dos governos em agir, apesar das claras evidências científicas fornecidas.

“Penso que estamos a caminhar para uma grande perturbação social nos próximos cinco anos”, disse Gretta Pecl, da Universidade da Tasmânia. “[As autoridades] ficarão sobrecarregadas com evento extremo após evento extremo, a produção de alimentos será interrompida. Eu não poderia sentir maior desespero em relação ao futuro.”

Mas muitos disseram que a luta climática deve continuar, por mais elevada que seja a temperatura global, porque cada fracção de grau evitada reduziria o sofrimento humano. Peter Cox, da Universidade de Exeter, no Reino Unido, afirmou: “As alterações climáticas não se tornarão repentinamente perigosas a 1,5°C – já o são. E não será um ‘fim de jogo’ se passarmos de 2°C, o que podemos muito bem fazer.”

O Guardian abordou todos os principais autores ou editores de revisão contactáveis dos relatórios do IPCC desde 2018. Quase metade respondeu, 380 de 843. Os relatórios do IPCC são as avaliações padrão-ouro das alterações climáticas, aprovadas por todos os governos e produzidas por especialistas em ciências físicas e sociais. Os resultados mostram que muitas das pessoas mais bem informadas do planeta esperam que a destruição climática se desenvolva nas próximas décadas. A crise climática já está a causar danos profundos a vidas e meios de subsistência em todo o mundo, com apenas 1,2°C (2,16°F) de aquecimento global, em média, nos últimos quatro anos. Jesse Keenan, da Universidade de Tulane, nos EUA, disse: “Este é apenas o começo: apertem os cintos”.

Nathalie Hilmi, do Centro Científico de Mônaco, que espera um aumento de 3°C, concordou: “Não podemos ficar abaixo de 1,5°C”.

Os especialistas afirmaram que os preparativos massivos para proteger as pessoas dos piores desastres climáticos que se avizinham são agora críticos. Letícia Cotrim da Cunha, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, disse: “Estou extremamente preocupada com os custos em vidas humanas”.

A meta de 1,5°C foi escolhida para prevenir o pior da crise climática e tem sido vista como uma importante estrela orientadora para as negociações internacionais. As atuais políticas climáticas significam que o mundo está no caminho certo para cerca de 2,7°C, e o inquérito do Guardian mostra que poucos especialistas do IPCC esperam que o mundo tome as medidas necessárias para reduzir esse valor.

Agora, com sua equipe, apresentem possíveis explicações ou soluções para a situação-problema: “Aquecimento global pode superar a meta de 1,5 grau lamentam principais cientistas climáticos do mundo”.

3º Situação-problema

ANÁLISE DA NOTÍCIA

Observem o ‘print’ de uma página de curiosidades. Apresentem possíveis explicações para o texto.

Figura B- 4—3º Situação-problema



Fonte: Super abril, 2026

(Link da imagem: <https://super.abril.com.br/ciencia/como-cozinhar-sem-fogo-no-laboratorio#:~:text=Press%C3%A3o%20baixa%20faz%20m%C3%A1gica&text=1.,reduzida%20para%200%2C03%20atmosfera.>)

Agora, com sua equipe, apresentem possíveis explicações para situação-problema: “Como cozinhar sem fogo no laboratório”.

APÊNDICE C – ROTEIRO DA ATIVIDADE EXPERIMENTAL

MONTAGEM, OBSERVAÇÃO, INVESTIGAÇÃO E DESCRIÇÃO CIENTÍFICA DO EXPERIMENTO DE BAIXO CUSTO: FOGAREIRO SOLAR

1 INTRODUÇÃO

O ato de observar os fenômenos naturais está presente na natureza humana desde o princípio da evolução humana. Você se julga um bom observador? Certamente que sim. Entretanto há muito mais a observar, além daquilo que nos chama atenção à primeira vista.

Observar exige:

- ✓ Concentração
- ✓ Atenção aos detalhes
- ✓ Engenhosidade
- ✓ Paciência
- ✓ Prática

Para realizar um bom experimento, que tenha validade científica, é preciso que o cientista por trás do experimento tente observar e colher os resultados deixando de lado, ao máximo possível suas crenças e desejos, ou seja, os resultados do experimento devem mostrar aquilo que realmente aconteceu durante a sua realização.

Um segundo requisito importante da atividade científica é a DESCRIÇÃO. Significa o registro sucinto das observações, cujo conjunto denomina-se COLETA DE DADOS. Estes dados serão analisados e confrontados, evocando-se informações da literatura como princípios, teorias e leis conhecidas (DISCUSSÃO) para se extrair os RESULTADOS E CONCLUSÕES. Estes procedimentos constituem O MÉTODO CIENTÍFICO. Caso não haja nada conhecido na literatura sobre seus dados, isso pode vir a ser uma descoberta nova, uma geração de novo conhecimento.

De posse de seus resultados e conclusões, o passo seguinte é a DIVULGAÇÃO. Isso implica em transmitir as informações computadas, de forma concreta, organizada, clara e objetiva, fundamentada em um domínio de conhecimento formal, usando uma linguagem especializada: a linguagem científica.

ROTEIRO EXPERIMENTAL DE OBSERVAÇÃO, INVESTIGAÇÃO E DESCRIÇÃO CIENTÍFICA DO EXPERIMENTO DE BAIXO CUSTO: FOGAREIRO SOLAR

2 OBJETIVOS

- Observar, investigar e descrever os resultados do experimento.
- Analisar e comparar as variáveis submetidas ao experimento.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar as variações na temperatura do líquido conforme se altera as propriedades dos equipamentos empregados no experimento.
- Identificar como o tamanho da área da lente influencia no aquecimento do líquido.
- Identificar como diferentes tipos de líquido aquecem em tempos diferentes.
- Analisar os dados obtidos e descrever em relatório específico.
- Analisar e descrever qualitativamente o que se observou neste experimento.

3 EXPERIMENTO

3.1 RECURSOS

- ✓ 1 Calorímetro
- ✓ 1 corpo de prova de cobre
- ✓ 1 Lente fresnel de 30 cm de diâmetro;
- ✓ 1 superfície circular para bloquear a luz;
- ✓ 1 Termômetro Digital;
- ✓ 1 cronômetro;
- ✓ 200 ml de água;
- ✓ 50 g de óleo de cozinha;

4 PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS

1ª ETAPA: Montagem e realização do Experimento

- A) Em uma mesa, organize os recursos que serão utilizados no experimento.
- B) Monte o experimento utilizando os materiais de acordo o que mostra na tabela e faça a aferição da temperatura.
- C) Cada variável medida deverá manter o cronometro em 2 minutos.
- D) Colha os dados e anote na tabela.

2ª ETAPA: Descrição qualitativa

- A) Descrever o que foi observado no experimento;
- B) Descrever a diferença observada em cada alteração de variáveis.
- C) Apontar qual variável do experimento teve maior e menor eficiência no aquecimento dos diferentes líquidos.

TABELA DE DADOS DAS VARIÁVEIS EXPERIMENTAIS

Nesta tabela vocês irão anotar os valores obtidos a partir dos cálculos realizados de forma teórica. Os cálculos deverão ser realizados para as 4 variáveis experimentais que desejamos observar, obedecendo rigorosamente o que pede a tabela. Para cada tabela, a exposição a luz solar será de 2 minutos.

TABELA DE DADOS DAS VARIÁVEIS EXPERIMENTAIS

Na **Erro! Fonte de referência não encontrada.** tabela vocês irão anotar os valores obtidos a partir dos cálculos realizados de forma teórica. Os cálculos deverão ser realizados para as 4 variáveis experimentais que desejamos observar, obedecendo rigorosamente o que pede a tabela. Para cada tabela, a exposição à luz solar será de 2 minutos.

TABELA DO EXPERIMENTO TEÓRICO

Tabela C - 1— Atividade experimental

	Hora	Área da Lente Fresnel (M ²)	Tipo de Líquido (200 ml)	Tempo de exposição solar (minutos)	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Variação da temperatura (°C)
1		0,07068	Água (100 ml)	2 minutos			
2		0,07068	Óleo (50 g)	2 minutos			
3		0,01766	Água (100 ml)	2 minutos			
4		0,01766	Óleo(50 g)	2 minutos			

TABELA DO EXPERIMENTO PRÁTICO

Na tabela vocês irão anotar os valores obtidos a partir dos experimentos realizados de forma prática. Os dados deverão ser colhidos para as 4 variáveis experimentais que desejamos observar, obedecendo o que pede a tabela. Para cada tabela, a exposição à luz solar será de 2 minutos.

Tabela C - 2—Roteiro experimental

	Hora	Área da Lente Fresnel (M ²)	Tipo de Líquido	Tempo de exposição solar (minutos)	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)	Variação da temperatura (°C)
1		0,07068	Água (100 ml)	2 minutos			
2		0,07068	Óleo (50 g)	2 minutos			
3		0,01766	Água (100 ml)	2 minutos			
4		0,01766	Óleo (50 g)	2 minutos			

DESCRIÇÃO QUALITATIVA

Nesta descrição qualitativa vocês irão:

- Relatar como foi realizado o experimento.
- O que vocês conseguiram observar durante o experimento.
- O que foi possível concluir em relação ao experimento teórico e o experimento prático.

APÊNDICE D – TERMOS

TERMO DE CONSENTIMENTO E ANUÊNCIA DO GESTOR

Eu Dean Carlos Ribeiro Porto, discente do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) do Programa de Pós-Graduação na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, estarei desenvolvendo Produto educacional, Três momentos pedagógicos, no Colégio Estadual Jorge Amado – Guajeru -BA, tendo como orientador Prof. Dr. Sérgio Luiz Carmelo Barroso e coorientador o docente Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro. Sendo que os Três Momentos Pedagógicos estão vinculados às atividades educacionais e consistem numa problematização do objeto de conhecimento, com etapas ligadas entre si, e têm sido cada vez mais utilizadas como recursos para o ensino, com o objetivo de facilitar a aprendizagem. Fugir da abordagem tradicional, como estratégia de ensino, é cada vez mais comum na educação como recurso pedagógico para tornar o ensino dinâmico, atrativo e motivador. Caso necessite esclarecer alguma dúvida em relação ao estudo, estou à disposição para prestar quaisquer esclarecimentos. Se vossa senhoria estiver de acordo, posso garantir que as informações fornecidas serão confidenciais, e os dados utilizados apenas para fins de análises científicas.

Eu

fui

esclarecido(a) sobre a pesquisa citada acima e concordo que estes dados sejam utilizados na realização da mesma, considerando seu mérito e caráter científico.

Guajeru – BA, _____/_____/2025

Assinatura do Responsável

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, Dean Carlos Ribeiro Porto, discente do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia – UESB, gerido pela Sociedade Brasileira de Física – SBF, realizarei um projeto de ensino como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre em Ensino de Física intitulado **FOGAREIRO COM O USO DE ENERGIA SOLAR, LENTES E MATERIAIS DE BAIXO CUSTO: UM ESTUDO INTERDISCIPLINAR DA FÍSICA ATRAVÉS DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS** orientado pelo docente, prof. Dr. Sérgio Luiz Carmelo Barroso e coorientado pelo docente Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro.

Para a sua participação, deve estar ciente de que a participação será voluntária e a identidade será tratada em sigilo. O acesso e análise das respostas serão utilizadas apenas pelo (a) pesquisador (a) e/ou orientador (a) com a sua autorização. Ao aceitar, estará de acordo em participar das atividades desenvolvidas pelo (a) pesquisador (a) durante as aulas utilizadas. A participação poderá ser interrompida durante o processo, se assim desejar.

Prof. Dr. Sérgio Luiz Carmelo Barroso

Orientador

Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro

Coorientador

Dean Carlos Ribeiro Porto

Docente responsável

Participante da pesquisa ou seu responsável legal

Eu, _____, residente no município de:
_____ aceito participar voluntariamente da pesquisa aqui
mencionada, estando ciente do anonimato, em poder desistir a qualquer momento caso seja
meu desejo e de todos os tópicos livremente da minha participação, sem qualquer
obrigatoriedade.

Guajeru/ BA, _____ de _____ de 2025.

Participante da pesquisa ou seu responsável legal

APÊNDICE E – PRODUTO EDUCACIONAL

UNIVERSIDADE DO SUDOESTE DA BAHIA

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL NO ENSINO DE FÍSICA

PRODUTO EDUCACIONAL

**UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE FÍSICA INTERDISCIPLINAR
INSTRUMENTALIZADA POR UM FOGAREIRO SOLAR DE BAIXO CUSTO**

DEAN CARLOS RIBEIRO PORTO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação na Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia no Curso de Mestrado profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:

Prof. Dr. Sérgio Luiz Carmelo Barroso

Coorientador:

Prof. Dr. Luizdarcy de Matos Castro

VITÓRIA DA CONQUISTA - BA
JANEIRO - 2026



Este Produto Educacional foi desenvolvido e apresentado ao MNPEF, que por meio de uma sequência didática de caráter interdisciplinar, é realizado um conjunto de atividades de maneira dialógica com a física e com a sustentabilidade. Este produto educacional foi organizado através de uma sequência didática amparada nos pressupostos dos Três Momentos Pedagógicos, estruturado e difundido por Delizoicov, Angotti e Pernambuco, caracterizada em três etapas individuais, mas que dialogam entre si.

Além disso, esta sequência didática busca abordar os conhecimentos através de situações do cotidiano. Assim, a execução se deu através de situações-problema, aulas expositivas, atividades, atividades experimentais, conforme descrito na metodologia, previamente planejados através do cronograma.

A atividade experimental de baixo custo, intitulada fogareiro solar, foi idealizada para demonstrar os conceitos da física trabalhados nesse produto educacional em situações reais. Dessa maneira, buscou-se durante as três etapas de aplicação, relacionar os conceitos da física com as discussões a respeito das mudanças climáticas e inserção de novas tecnologias sustentáveis na sociedade. Com isso, estudantes puderam realizar diálogos entre si e com o professor, de maneira que várias indagações a respeito dos temas surgissem e amplificassem o potencial de aprendizagem dos estudantes através desta sequência didática.

Assim, essa abordagem pedagógica foi elaborada para ser aplicada em turmas do Ensino Médio, entretanto, pode ser adaptada para o Ensino Fundamental, já que os conceitos aqui discutidos são amplamente visualizados no cotidiano.

Professor Dean Carlos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	145
1.1 Os Três Momentos Pedagógicos.....	147
1.2 Problematização inicial.....	149
1.3 Organização do conhecimento.....	149
1.4 Aplicação do conhecimento.....	149
2 A CRISE CLIMÁTICA	151
2.1 O efeito estufa e o aquecimento global.....	152
2.2 As fontes de energia e as matrizes energéticas	154
2.3 Energia solar e solarimetria	161
3 CALORIMETRIA.....	170
3.1 Aplicação da calorimetria nesse contexto.....	171
4 ÓPTICA.....	183
4.1 Óptica e algumas aplicações	184
5 METODOLOGIA.....	197
5.1 Percurso metodológico.....	197
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	208

1. INTRODUÇÃO

Diante das emergências climáticas devido ao aquecimento global, surge a necessidade de desenvolver novos métodos de ensino de física que sejam capazes de melhorar a compreensão dos problemas relacionados às mudanças climáticas, além disso, subsidiar oportunidades para que os estudantes sejam capazes de desenvolver habilidades de maneira a desempenhar uma cidadania mais consciente e de alguma maneira, contribuir com o combate das mudanças climáticas e suas consequências.

Com o rápido aumento da temperatura média do ar e dos oceanos, os ecossistemas estão sofrendo mudanças e muitas espécies não poderão se adaptar a essas alterações. Destaca-se que, com o aumento da temperatura do ar, também ocorrerão variações na umidade relativa do ar e na precipitação pluviométrica, inclusive com a maior frequência de eventos climáticos extremos, como grandes chuvas e secas prolongadas (IPCC, 2022).

Associar os conteúdos de física com as emergências climáticas pode ser uma estratégia válida para proporcionar mais protagonismo aos estudantes. A escola precisa se aproximar mais dos debates atuais da sociedade, neste sentido, temas como o aquecimento global, mudanças climáticas, energias renováveis e inovação tecnológica possuem o potencial de engajar os estudantes com os estudos e com novas ideias. Desta forma, este produto educacional apresenta uma proposta interdisciplinar de ensino da física para o Ensino Médio, associada à crise climática, no âmbito da promoção de novas competências capazes de estimular a reflexão sobre como o estudo da física pode ser importante na resolução de problemas climáticos, assim como no desenvolvimento de atitudes capazes de promover avanços nesse caminho. A Educação no mundo contemporâneo enfrenta vários desafios, sejam eles metodológicos, disciplinares e até mesmo motivacionais. Os estudantes encontram-se cada vez mais dispersos e desinteressados, especialmente em disciplinas onde os conceitos pareçam ser demasiadamente abstratos, como é o caso da física,

Este é provavelmente o maior desafio do ensino da Física: o interesse. Como despertar nos alunos o interesse pela Física? É lugar comum que os alunos não gostem da Física, chegando ao ponto de dizerem que “detestam” a Física e, até mesmo, que “odeiam” a Física. (MOREIRA, 2021, p. 5).

Dessa maneira, torna-se necessário o uso de novos métodos didáticos que possam engajar e estimular o estudante a ser protagonista da construção do próprio conhecimento. Segundo Moreira (2021),

Mas porque ocupar-se de desafios para o ensino da física? Porque esse ensino é muito problemático. Porque os alunos não aprendem física significativamente. Memorizam

mecanicamente fórmulas, definições, respostas certas, para serem reproduzidas nas provas e esquecidas logo depois.

Além disso, a construção de uma abordagem interdisciplinar entre os problemas que envolvem a crise climática, as energias sustentáveis e os conteúdos da física, como a calorimetria, óptica e conceitos de solarimetria, pode ser uma ótima estratégia para promover uma aprendizagem significativa.

A aprendizagem mecânica, criticada em itens anteriores deste texto é aquela em que há, na estrutura cognitiva, um armazenamento de conhecimentos de forma literal, arbitrária, sem significados, que não requer compreensão e resulta em aplicação mecânica a situações conhecidas. Contrariamente, na aprendizagem significativa há uma incorporação de conhecimentos à estrutura cognitiva de forma substantiva, não arbitrária, com significado, com compreensão, com capacidades de explicação, descrição e transferência desses conhecimentos, inclusive a situações novas. (MOREIRA, 2021, p. 3).

A abordagem interdisciplinar neste trabalho, busca associar estas diferentes áreas do conhecimento por entender que nenhum conhecimento é totalmente deslocado um do outro, pelo contrário, de alguma maneira, as diversas áreas do conhecimento interagem entre si, dando forma ao mundo que vivemos.

Japiassu (1976, p. 8) caracteriza a interdisciplinaridade como uma possibilidade de reunificar os saberes fragmentados em favor de uma interpretação global do mundo e aponta a interdisciplinaridade como recurso válido para superação da mencionada divisão cartesiana e como opção para superar a crise da superespecialização. (SESTARI, 2021).

A interdisciplinaridade não é somente uma forma de organizar os diversos tipos de conhecimento, mas também uma necessidade metodológica levantada pelos diferentes planos educacionais do governo.

A interdisciplinaridade apresenta-se como um dos temas bastante evidenciados no contexto educacional, tanto em documentos curriculares oficiais, como as Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica DCNEB (BRASIL, 2013) e os Parâmetros Curriculares Nacionais PCN (BRASIL, 1998), bem como nas pesquisas acadêmicas e em discussões voltadas ao currículo e ao planejamento na área de Ensino, nos diversos níveis de ensino e modalidades da educação básica. Entretanto, conforme destaca Fazenda (2011b, p. 11) apesar das reformas na educação brasileira apontarem a necessidade de uma proposição interdisciplinar, desde a década de 70, mesmo nas décadas subsequentes ainda apresenta compreensões equivocadas. A partir da década de 2000 passa a ser apontada, nesses documentos curriculares nacionais, não somente como uma possibilidade metodológica, mas como pressuposto norteador de toda a organização do currículo e pedagógico do processo de ensino e aprendizagem. (SESTARI, 2021).

Neste sentido, este produto educacional pode contribuir para a aplicação dos conceitos de física na perspectiva da sustentabilidade.

1.1. Os Três Momentos Pedagógicos

Esta proposta interdisciplinar utiliza a abordagem dos pressupostos dos Três Momentos Pedagógicos (3MP's), estruturado e difundido por Demétrio Delizoicov, José André Angotti e Maria Pernambuco em meados da década de 1980. Além dos pressupostos teóricos de Delizoicov, Angotti e Pernambuco, as concepções de Educação de Paulo Freire puderam contribuir com o desenvolvimento dos 3MP's e de alguma maneira, a abordagem de Delizoicov. Angotti e Pernambuco dialoga com os pressupostos de Paulo Freire.

A dinâmica denominada de Três Momentos Pedagógicos foi proposta por Delizoicov e Angotti (1990) e também investigada por Delizoicov, Angotti e Pernambuco (2002), durante o processo de formação de professores na região de Guiné-Bissau, originada da transposição da concepção de Paulo Freire (1987) para um contexto de educação formal, que enfatiza uma educação dialógica, na qual o professor deve mediar uma conexão entre o que aluno estuda cientificamente em sala de aula, com a realidade de seu cotidiano. (BONFIM et al., 2018).

Devido ao seu caráter problematizador, esta abordagem tem o potencial de adequar-se melhor na perspectiva interdisciplinar, sendo assim dividida em passos bem estabelecidos e que conversam entre si. Além disso, esta abordagem pode proporcionar uma melhor interação do estudante com o professor, mas também do estudante com o objeto de conhecimento proposto. Foram Delizoicov, Angotti e Pernambuco que criaram e sistematizaram os Três Momentos Pedagógicos, são eles: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. Dessa forma, os 3MP's com seu caráter problematizador possibilitam que o estudante aprenda conceitos que fazem parte do seu cotidiano, promovendo a aprendizagem significativa. Segundo a abordagem 3MP's, os conteúdos programáticos são desenvolvidos a partir dos temas que emergem da realidade dos alunos (BONFIM et al., 2018). Assim, a construção dos 3MP's tem que ocorrer de maneira dialogada, através disso o professor realizará um recorte daqueles conteúdos que melhor contemplem as necessidades dos estudantes, em um momento ou situação específica. Como salienta Paulo Freire (Freire, 2018, p.16):

Para o educador-educando, dialógico, problematizador, o conteúdo programático da educação não é uma doação ou imposição (...), mas a devolução organizada, sistematizada e acrescentada ao povo daqueles elementos que este lhe entregou de forma de desestruturada. A educação autêntica, repitamos, não se faz de A para B, ou de A sobre B, mas de A com B, mediatizados pelo mundo.

O desenvolvimento dos 3MP's deu-se com o objetivo central de construir materiais didáticos para serem aplicados no ensino do 2º grau. Segundo Muenchen e Delizoicov (2014), a Coordenadoria para Articulação com Estados e Municípios da Secretaria do Ensino de 2º Grau do MEC, com apoio administrativo da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, propôs e

desenvolveu o “Projeto diretrizes gerais para o ensino de 2º grau: núcleo comum e habilitação magistério”. A partir desses subsídios, originou-se os livros da denominada Coleção Magistério – 2º grau, publicados a partir da década de 1980. Segundo Muenchen e Delizoicov (2014), em uma destas publicações surge como uma dinâmica didático-pedagógica os Três Momentos Pedagógicos.

Os subsídios referidos originaram os livros da denominada Coleção Magistério – 2º grau, que foram publicados a partir do final dos anos 1980. Publicado, em primeira edição em 1990, o livro Física (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990a) constituiu a série Formação Geral, que subsidiava o ensino das disciplinas do Núcleo Comum; e o livro “Metodologia do Ensino de Ciências” (DELIZOICOV; ANGOTTI, 1990b), a série Formação do Professor, que subsidiava o ensino das disciplinas da Habilitação Magistério. Ambos os livros propunham e usaram a dinâmica didático-pedagógica, que ficou conhecida como os “Três Momentos Pedagógicos” (3MP), em sintonia com a perspectiva, do que, posteriormente, denominou-se, abordagem temática (DELIZOICOV; ANGOTTI; PERNAMBUCO, 2002).

Ao longo do tempo, esta proposta dos 3MP’s foi passando por melhorias e ajustes de forma progressiva e continua em constante evolução até os dias atuais. Devido ao seu potencial de aplicação, os 3MP’s são de grande relevância e aplicabilidade para as pesquisas e publicações atuais. Neste sentido, o seu aprimoramento e utilização é de fundamental importância para o desenvolvimento do ensino de física. A organização dos 3MP’s se dá através de princípios fundamentais: problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento. Apresentamos a seguir a explicação de cada um desses princípios.

1.2. Problematização inicial

Os autores propõem que na problematização inicial ocorra a apresentação das questões e/ou situações para discussão com os alunos, buscando fazer a relação do conteúdo que será estudado com as práticas e vivências cotidianas destes e é através destas discussões que os alunos poderão problematizar e compreender aquilo que observam. Ou seja, é na problematização que se deseja aguçar explicações contraditórias e localizar as possíveis limitações do conhecimento que vem sendo expresso, quando este é cotejado com o conhecimento científico que já foi selecionado para ser abordado. (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2002, p. 201).

Dessa forma, é neste momento que os estudantes começarão a compreender o tema e problematizá-lo com base em pressupostos científicos. Com o auxílio do professor, o estudante irá questionar situações relacionadas ao tema que naturalmente não questionaria.

1.3. Organização do conhecimento

Os autores propõem que é na organização do conhecimento que os estudantes começarão a entender mais aprofundadamente o conteúdo em si, como definições, conceitos, relações, leis, aplicações entre outros aspectos, sendo cada passo realizado sob a orientação do professor. De acordo com Albuquerque, Santos e Ferreira (2015, p. 467),

Esse é o momento em que os conhecimentos científicos passam a ser incorporados nas discussões. Os alunos começam a desenvolver uma compreensão a respeito da problematização ou situação inicial. Entretanto, para que isso ocorra, materiais devem ser consultados e atividades devem ser sugeridas para complementar as discussões, no sentido de incentivar e melhorar a sistematização dos conhecimentos.

Para a realização desta etapa o professor deve dispor de materiais complementares para enriquecer as discussões e problematizar com outras situações, para melhorar a sistematização do conhecimento.

Nessa perspectiva, Delizoicov e Angotti (1990) vêm ressaltar a importância de diversificadas atividades, com as quais se poderá trabalhar para organizar a aprendizagem. Sugerem exposições, pelo professor, de definições e propriedades, além de formulações de questões (exercícios de fixação como dos livros didáticos), textos e experiências. Neste sentido, atualmente poderíamos acrescentar as mídias tecnológicas, como televisão, vídeos, filmes, programas tecnológicos, aplicativos de celulares, simulações, entre outros, de modo a auxiliar no processo da sistematização do conhecimento. (BONFIM et al., 2018, p 189).

1.4. Aplicação do conhecimento

Na proposta dos 3MP's, a aplicação do conhecimento é uma etapa fundamental pois o estudante irá conectar o que foi problematizado e aprendido nas duas etapas anteriores, com diversas situações que o estudante pode experimentar no seu dia a dia.

Essa última etapa aborda sistematicamente o conhecimento que vem sendo incorporado pelo aluno para analisar e interpretar tanto a situações iniciais que determinaram o seu estudo, como outras situações que não estejam diretamente ligadas ao motivo inicial, mas que são explicadas pelo mesmo conhecimento. (Delizoicov e Angotti, 1990, p. 31).

Dessa forma, neste momento o professor tem a oportunidade de continuar com sua problematização fazendo diversas conexões dos conhecimentos científicos com outras experiências que não foram mencionadas no decorrer da aplicação dos 3MP's. Segundo Albuquerque, Santos e Ferreira (2015, p. 467), este é um bom momento para o professor formalizar alguns conceitos que não foram aprofundados pelos alunos. Além disso, o professor e estudante tem a oportunidade de aprofundar o diálogo problematizador em torno dos conceitos,

contextualizando situações e ampliando a visão de mundo do estudante.

Assim, é importante que os estudantes reflitam sobre os conhecimentos, sistematizando-os e tendo domínio não apenas dos conceitos físicos, mas também suas possíveis aplicações práticas.

Para a realização da atividade experimental de baixo custo foram utilizados uma lente fresnel, um corpo de prova de cobre, um calorímetro e um termômetro, além de água e óleo de cozinha. No âmbito da aprendizagem significativa, neste experimento os estudantes puderam observar como os conhecimentos discutidos nesta pesquisa acontecem na prática, e como é possível aplicá-los em situações reais no dia a dia.

Para alcançar os objetivos, esta pesquisa necessitou de 16 aulas de 50 minutos cada aula, além disso, estas aulas e seus recursos metodológicos, como materiais didáticos, apresentações, materiais experimentais, foram organizados previamente.

Ao fim deste trabalho, esperou-se que os estudantes fossem capazes de compreender os conceitos físicos, as discussões sobre as mudanças climáticas e o importante papel que os conhecimentos da física podem ter para contribuir no desenvolvimento das energias renováveis e limpas, para um desenvolvimento mais sustentável de nossa sociedade.

2. A CRISE CLIMÁTICA

As mudanças climáticas pela qual o Planeta Terra vem passando devido ao uso inconsequente dos recursos naturais pela humanidade, trazem uma série de desafios para a sociedade. Segundo Paulo Artoxo (2024), a ciência não tem dúvidas sobre o fato de que as mudanças climáticas estão gerando impactos significativos para o Brasil e para o planeta como um todo. O efeito estufa que em equilíbrio é benéfico para a manutenção da vida na terra, tem se intensificado devido a queima de combustíveis fósseis para obtenção de energia, além de outras causas, como as queimadas, o desmatamento, entre outras atividades danosas ao meio ambiente, afetando diretamente clima do planeta. De acordo com uma reportagem da BBC News Brasil, “quando os combustíveis fósseis são queimados, liberam gases com efeito estufa, principalmente dióxido de carbono (CO_2). Isso retém energia extra na atmosfera perto da superfície da Terra, fazendo com que o planeta aqueça”. As consequências das mudanças climáticas já podem ser sentidas em todo planeta, sendo estas mudanças imprevisíveis, podendo ter mais intensidade em algumas regiões do que em outras. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU) “Inundações e secas cada vez mais intensas são um "sinal de socorro" do que está por vir, à medida que as mudanças climáticas tornam o ciclo da água do planeta cada vez mais imprevisível”.

Com tantos e tamanhos desafios a serem enfrentados pela humanidade no que concerne as mudanças climáticas, é cada vez mais evidente que grandes medidas devem ser tomadas no sentido de reduzir os efeitos das mudanças climáticas e proteger o meio ambiente, a sociedade e biodiversidade.

Com o rápido aumento da temperatura média do ar e dos oceanos, os ecossistemas estão sofrendo mudanças e muitas espécies não poderão se adaptar a essas alterações. Destaca-se que, com o aumento da temperatura do ar, também ocorrerão variações na umidade relativa do ar e na precipitação pluviométrica, inclusive com a maior frequência de eventos climáticos extremos, como grandes chuvas e secas prolongadas (IPCC, 2022).

Superar e abandonar gradativamente o uso dos danosos combustíveis fósseis e outras fontes de energia não sustentáveis deve ser um caminho a ser trilhado pelas autoridades competentes e pela sociedade, na busca de equilíbrio ambiental saudável para todos os seres vivos na terra.

O Brasil é o sétimo maior emissor de gases de efeito estufa (GEE) do planeta e o quarto em emissões per capita. Historicamente, desde a revolução industrial, o Brasil é o sexto maior emissor global de GEE, o que faz de nosso país um dos maiores responsáveis pela crise climática. O Brasil tem vantagens estratégicas enormes, como a possibilidade de reduzir fortemente as emissões de gases de efeito estufa, com ganhos importantes para a sociedade. Temos um potencial de geração de energia solar e eólica que nenhum outro país possui. (ARTAXO, 2022).

Neste sentido, é fundamental que a sociedade e os governos financiem e apoiem o desenvolvimento e a exploração de fontes de energias sustentáveis, como a energia solar, a energia eólica, entre outras fontes.

Assim, quando o consumo humano se baseia em recursos provenientes de meios e práticas sustentáveis, contribuímos com a redução da pegada ecológica, que é consumo de recursos naturais feito por uma pessoa. Segundo Guedes (2011), o consumo de recursos naturais de uma pessoa pode ser convertido em área, a chamada pegada ecológica (*Ecological Footprint*, em inglês), termo criado na década de 1990 pelos pesquisadores Mathis Wackernagel e William Rees (1996).

Esta ferramenta é um cálculo da quantidade de área de terra e água (por exemplo, floresta, solos agrícolas, rios, etc.) que uma população humana requer para produzir os recursos que usa e para assimilar os seus resíduos, utilizando a tecnologia disponível (AMEND *et al.*, 2010).

Dessa forma, mais políticas públicas e políticas educacionais que estimulem as práticas sustentáveis são fundamentais para o enfrentamento da crise climática.

Aumentar a resiliência socioambiental é muito importante. Para além do potencial impacto nos ecossistemas, com boa vontade e colaboração governamental, as mudanças climáticas podem ser vistas como uma oportunidade para transformações socioeconômicas significativas e para agilizar o desenvolvimento tecnológico em diversos setores, incluindo indústria, agronegócio, sistemas de energia, transportes, etc., buscando uma transição para uma sociedade mais sustentável. (ARTAXO, 2022).

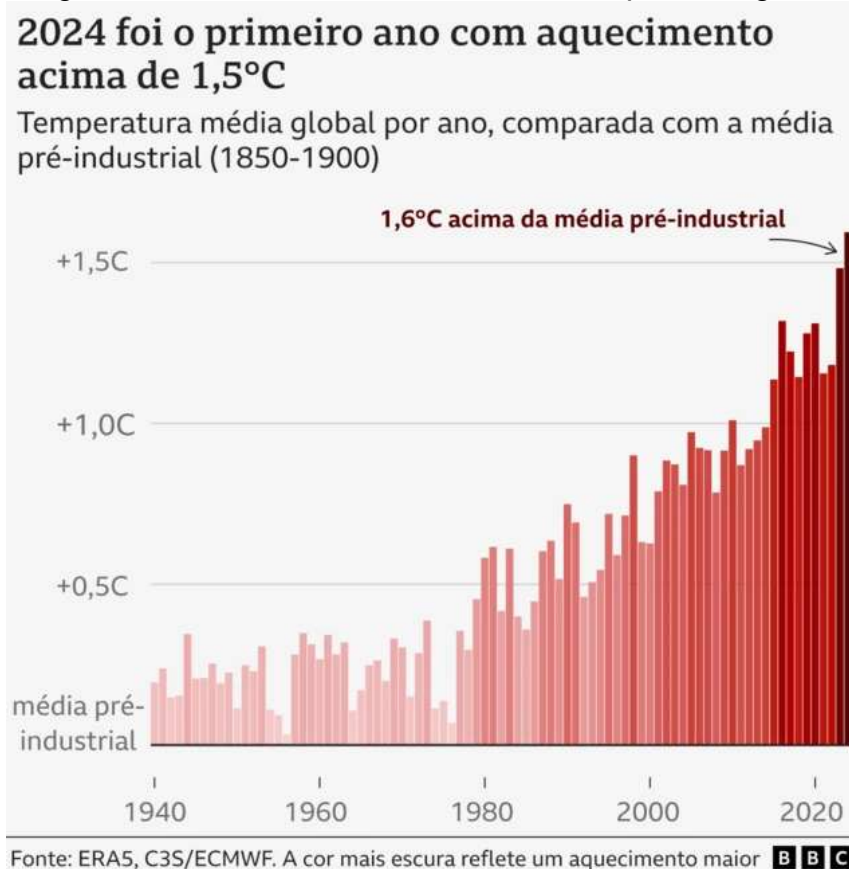
2.1. O efeito estufa e o aquecimento global

A queima de combustíveis fósseis na indústria, transporte e muitas outras atividades humanas, como agropecuária e o cultivo inconsequente e indiscriminado das terras, levaram a um aumento significativo do nível de concentração de GEE (gases de efeito estufa) na atmosfera, intensificando o efeito estufa e causando mudanças climáticas que já afetam o equilíbrio dos ecossistemas, ameaçando a manutenção da vida no planeta. O efeito estufa é um fenômeno natural, nele o Planeta Terra absorve uma parte dos raios solares que chegam à

superfície e refletem outra parte, sendo esse calor absorvido necessário para a manutenção da água líquida e qualquer forma de vida na Terra. Devido a queima de combustíveis fósseis, queimadas, criação animal, entre outras atividades, cada vez mais emitimos para a atmosfera terrestre GEE, tendo como consequência a diminuição da luz solar refletida para o espaço, ficando presa na atmosfera e sendo absorvida pela atmosfera, oceanos e continentes, ocasionando o aquecimento do planeta. O aumento da média anual da temperatura na superfície do planeta, sendo extremamente provável que mais da metade dessa elevação tenha sido causado por reflexo das atividades humanas, que geram a emissão de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera, intensificando esse fenômeno de aquecimento.

No gráfico apresentado na Figura E - 1 é possível notar a diferença na média anual da temperatura global ao longo de 80 anos. As temperaturas médias globais de 2024 ficaram cerca de 1,6 °C acima das do período pré-industrial — antes de os seres humanos começarem a queimar grandes quantidades de combustíveis fósseis, de acordo com os dados do Copernicus, o observatório climático da União Europeia.

Figura E - 1— Gráfico de aumento da temperatura global



Fonte: ERA5, C3S/ECMWF, 2026

Dessa forma, o aquecimento global tem se tornado uma grande ameaça para a vida e os

ecossistemas globais da forma como conhecemos. Vários sintomas do problema já são sentidos ao redor do globo, no entanto, caso o problema não seja revertido, a situação tende a se agravar e uma série de eventos climáticos extremos se tornarem cada vez mais frequentes. Alguns destes eventos climáticos extremos podem ser:

- Altas temperaturas
- Derretimento de geleiras e aumento do nível dos oceanos
- Tempestades severas
- Enchentes e deslizamentos
- Aumento da seca e dos períodos de estiagem
- Aumento do volume e frequência de chuvas
- Desequilíbrio de ecossistemas: perda da biodiversidade
- Aumento de pestes, doenças e pandemias
- Destruição e perdas de safras e lavouras
- Aumento da fome e das desigualdades sociais
- Alagamento de cidades e comunidades em ilhas e à beira-mar

Além destas, podem existir muitas outras consequências imprevisíveis. Devido a esta imprevisibilidade, é necessário estudos mais aprofundados sobre as causas e também sobre consequências, para um entendimento mais profundo da dinâmica climática do Planeta para ações mais efetiva diante deste cenário.

2.2. As fontes de energia e as matrizes energéticas

A humanidade vem travando há muitos anos uma luta em busca de eficiência energética. Cada vez mais o ser humano desenvolve-se tecnologicamente e conseqüentemente a sua demanda por energia aumenta. A energia é fundamental para diversas atividades do nosso dia a dia, por exemplo, para acender a luz, preparar nossas refeições e nos transportar de carro até a escola, entre outros. Mas afinal, de qual tipo de energia estamos falando? Quando falamos a

palavra 'Energia', logo nos vem à cabeça a energia elétrica! No entanto, o conceito de energia é muito mais amplo, mas para entender melhor a luta humana por energia, precisamos discutir um pouco sobre os principais tipos de energia ao qual temos acesso.

Energia é a capacidade de executar um trabalho, e "Trabalho" significa deslocar, rodar, transformar. Existem várias formas de energia disponíveis na natureza. Algumas destas são:

- Energia Elástica
- Energia Potencial Gravitacional
- Energia Química
- Energia Elétrica
- Energia Térmica
- Energia Cinética

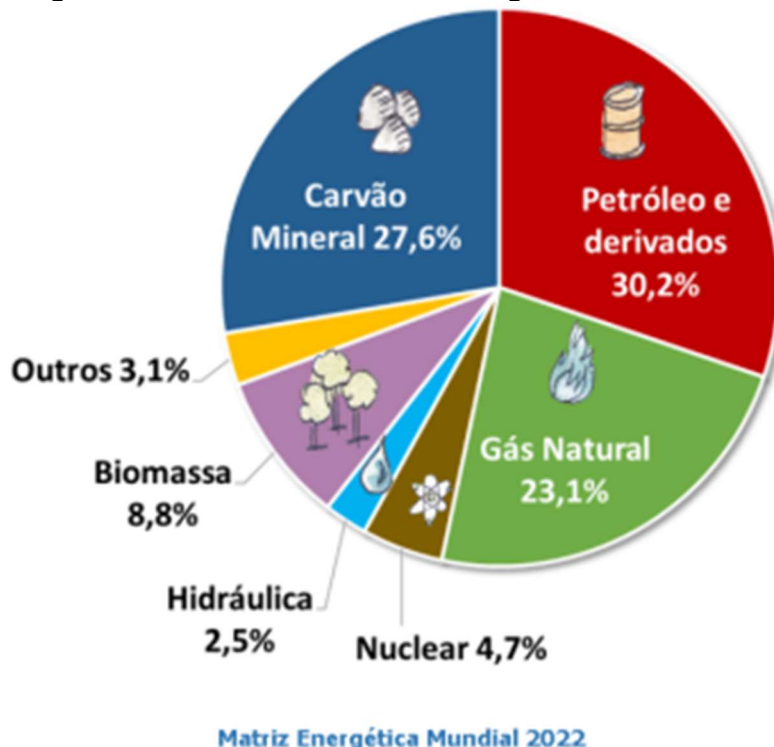
Todas essas formas de energia estão disponíveis na natureza para o uso humano, no entanto, a maior demanda de humana hoje em dia é de energia elétrica e para que o ser humano a produza em quantidade suficiente para a manutenção do seu modo de vida, é necessário fazer a transformação destas energias apresentadas acima em energia elétrica, o que requer desenvolvimento de tecnologias e investimentos. A Lei da Conservação da Energia, um dos princípios mais fundamentais da física, pode ser enunciada da seguinte forma: "A energia não pode ser criada nem destruída, apenas transformada de uma forma para outra ou transferida entre sistemas". Neste sentido, o ser humano, ao longo de sua história, desenvolveu várias tecnologias de transformação de energia: energia química da madeira em energia térmica, energia química do animal que se transformou em energia cinética para movimento uma carroça, entre tantos outros exemplos capazes de traduzir a transformação da energia. No entanto, depois dos processos industriais, o ser humano aumentou significativamente o uso de energias fósseis, advindas do petróleo, da madeira, entre outros combustíveis, que dentre seus subprodutos estão os GEE, diretamente ligado a maior parte dos problemas relacionados ao aquecimento global e mudanças climáticas que tanto falamos hoje em dia. Como evidenciado anteriormente, existem diversos tipos de energia presentes na natureza e o ser humano já possui aparato tecnológico para fazer a transformação dessas energias em energia elétrica ou outra forma de energia para outros fins, o que difere uma energia da outra é a sua capacidade de se renovar ao mesmo tempo que o ser humano a utiliza e esse é um dos critérios da

sustentabilidade. Desses diferentes tipos de energia, algumas chamamos de renováveis e outras de não-renováveis.

É evidente que a energia é essencial para a vida na terra e para o desenvolvimento tecnológico da sociedade. A energia que é utilizada no Brasil e no mundo vem de um conjunto de fontes que formam o que chamamos de matriz energética. Ou seja, ela representa o conjunto de fontes utilizadas em um país, ou no mundo, para suprir a necessidade de energia. É preciso destacar que existe uma diferença entre matriz energética e matriz elétrica, a matriz energética refere-se ao conjunto de fontes de energia que utilizamos no dia a dia para movimentar os carros, alimentar os fornos das indústrias e gerar eletricidade. Já a matriz elétrica é formada pelo conjunto de fontes que utilizamos apenas para a geração de energia elétrica.

No mundo, a maior parte da energia que é utilizada tem origem em fontes de energia não renováveis, como o carvão, petróleo e gás natural. O gráfico apresentado na Figura E - 2 mostra como se dá essa produção de energia. Este gráfico foi preparado a partir de dados da Agência Internacional de Energia (cujas sigla em inglês é IEA):

Figura E - 2— Gráfico Matriz Energética Mundial 2022



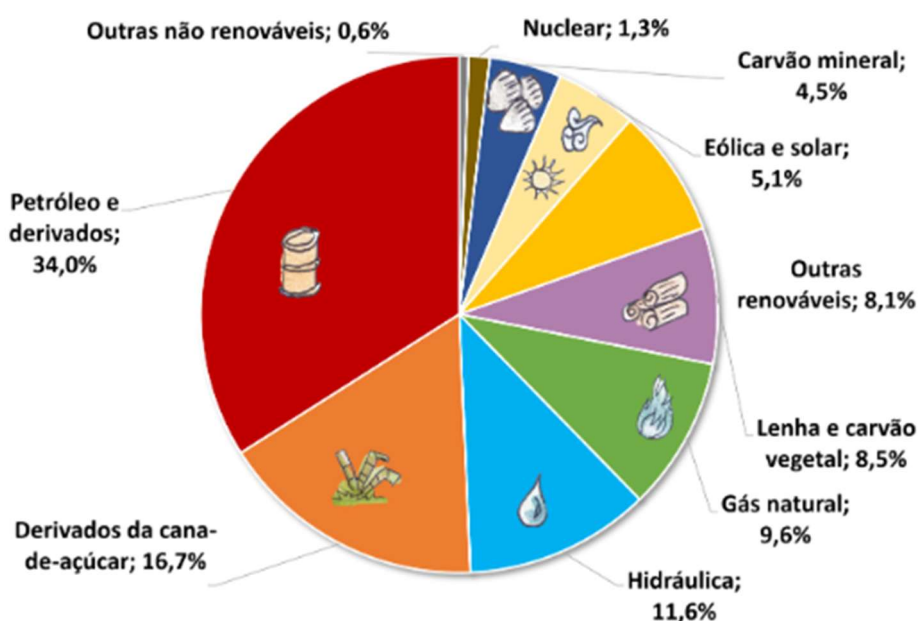
Fonte: IEA, 2023

O gráfico na Figura E - 2 nos apresenta que o mundo utiliza poucas fontes renováveis de energia, como solar, eólica e geotérmica, correspondendo a apenas 3,1% da matriz energética mundial, assinaladas como “Outros” no gráfico. Temos a energia hidráulica, que também é uma

energia renovável, correspondendo a apenas 2,5% do total. O somatório de energias renováveis totaliza apenas 14%.

Já no Brasil, a situação é diferente. O uso de fontes renováveis é maior do que no restante do mundo. Tendo a Lenha e carvão vegetal, hidráulica, derivados de cana, eólica e solar, entre outras renováveis, nossa produção de energia através de fontes renováveis totalizam 49,1%, quase metade da nossa matriz energética. Observe abaixo o gráfico apresentado na Figura E - 3
3Fonte: BEN, 2025, construído através dos dados do Balanço Energético Nacional (BEN):

Figura E - 3— Gráfico da Matriz Energética Brasileira 2023

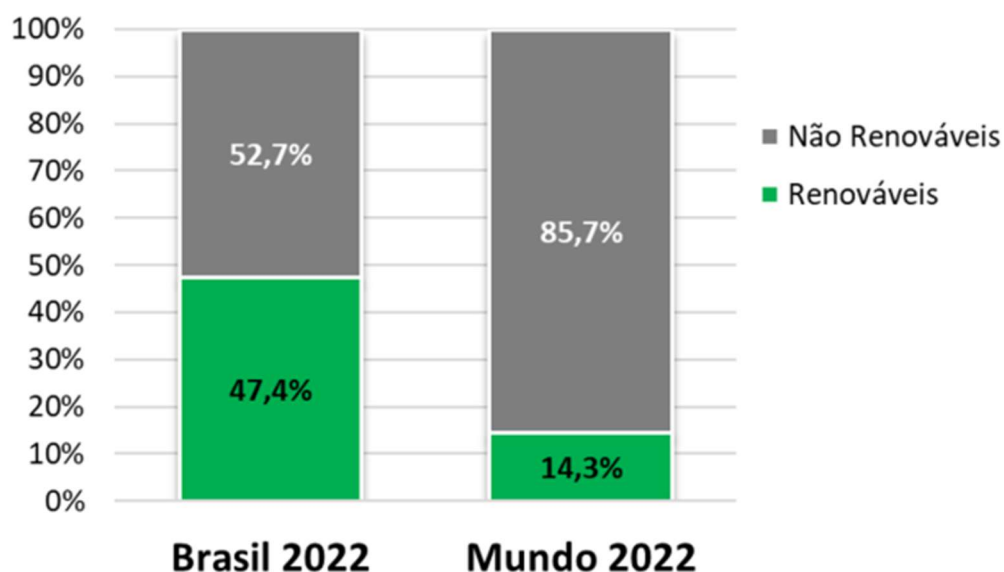


Matriz Energética Brasileira 2024

Fonte: BEN, 2025

O gráfico apresentado na Figura E - 3 evidencia um grande avanço na produção de energias renováveis no Brasil quando comparado ao restante do mundo, no entanto, é possível avançar mais, já que 50% da matriz energética ainda vem de fontes não renováveis. Comparando a produção de energia através de fontes renováveis no Brasil e no mundo no ano de 2022 através do gráfico da Figura E - 4, é possível perceber essa diferença.

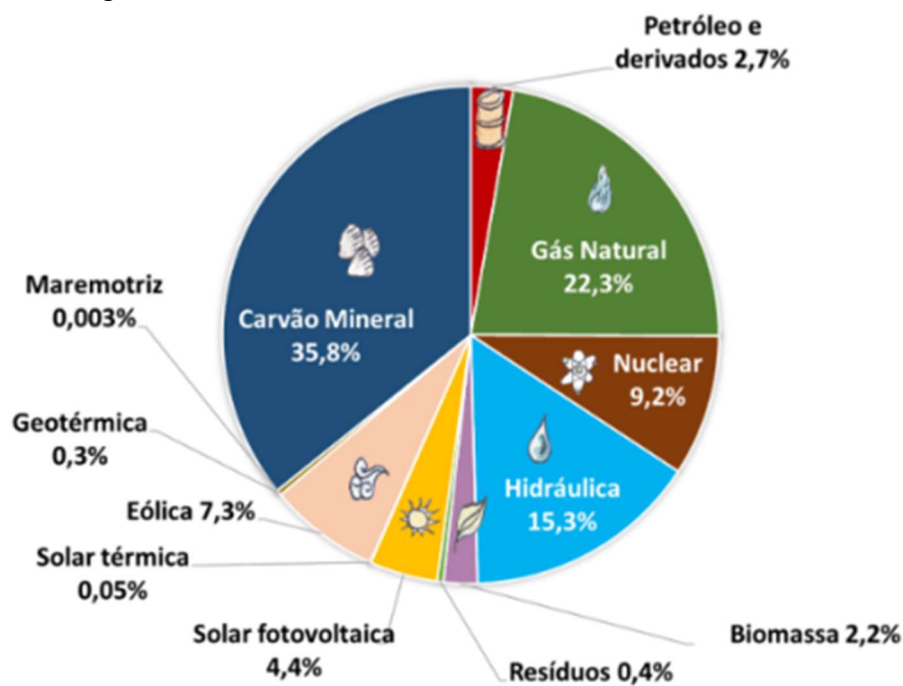
Figura E - 4— Gráfico comparativo entre Brasil e o Mundo



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (epe), 2026

Já a matriz elétrica é constituída pelo conjunto de fontes disponíveis apenas para a geração de energia elétrica. A energia elétrica é fundamental para a manutenção do modo de vida humano no mundo moderno. Utilizamos a energia elétrica para assistir televisão, ouvir músicas no rádio, utilizar o computador, o celular, ligar nossa geladeira, carregar nosso celular, movimentar os carros elétricos, entre outras formas de uso que encontramos para energia elétrica. No mundo, a geração de energia elétrica é feita em sua maior parte a partir de combustíveis fósseis como carvão e gás natural, em termelétricas.

Figura E - 5— Gráfico da Matriz Elétrica Mundial 2022



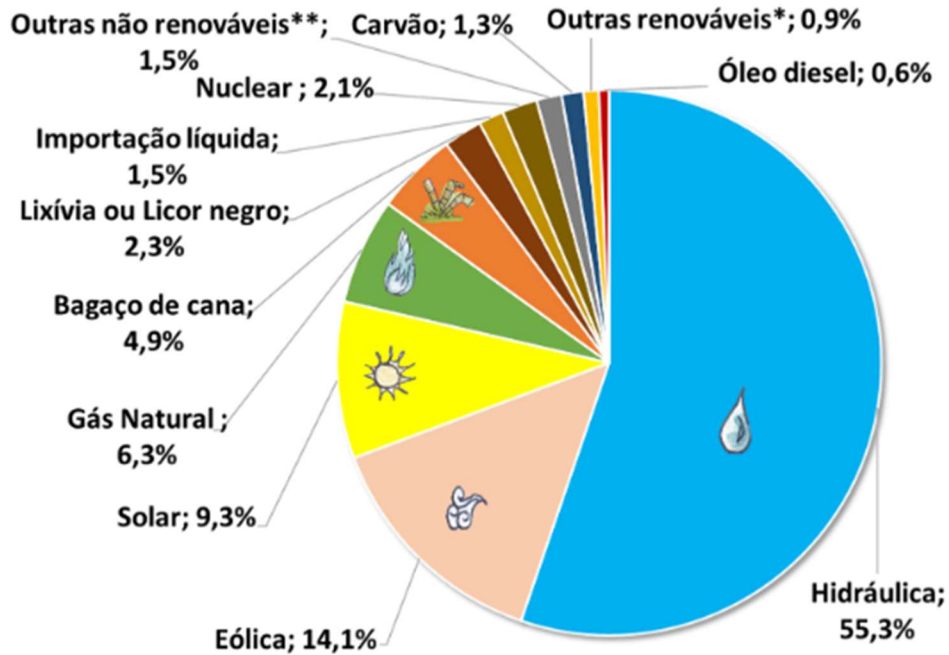
Matriz Elétrica Mundial 2022

Fonte: IEA, 2023

O gráfico apresentado na Figura E - 5 nos mostra que a maior parte da energia elétrica produzida no mundo é gerada a partir de fontes não renováveis, como o carvão mineral que corresponde a 35,8% e o gás natural que corresponde a 22,3%. Fontes de energia renováveis correspondem a uma parcela menor, como a maremotriz, responsável apenas por 0,003% e a Eólica com 7,3%.

A matriz elétrica brasileira se destaca ainda mais quando comparamos com a matriz energética, devido ao grande papel que as usinas hidrelétricas têm para a produção da energia elétrica. Outras formas de produção da energia elétrica em destaque é a energia eólica, energia solar, ambas vêm crescendo bastante, contribuindo para que a nossa matriz elétrica continue sendo, em sua maior parte, renovável. O gráfico apresentado na Figura E - 6 evidencia isso:

Figura E - 6— Gráfico da Matriz Elétrica Brasileira 2023

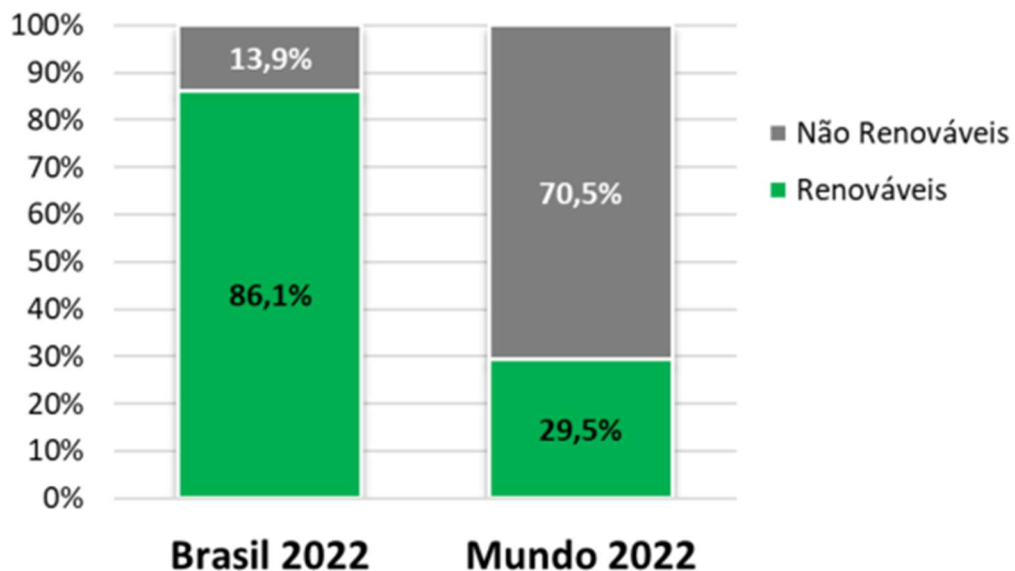


Matriz Elétrica Brasileira 2024

Fonte: BEN, 2025

Colocando em perspectiva os dados dos gráficos apresentados nas Figura E - 5 e Figura E - 6, é possível perceber a diferença entre a forma que se produz energia elétrica no Brasil e no mundo, veja o gráfico apresentado na Figura E - 7:

Figura E - 7— Gráfico comparativo entre o Brasil e o Mundo



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (epe), 2026

2.3. Energia solar e solarimetria

A radiação solar incide sobre o nosso planeta todos os dias, entender de que forma é distribuída em termos de intensidade é fundamental para o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis que têm como fonte de energia a luz solar. Na radiação solar, tanto a componente direta como a componente difusa na superfície terrestre têm grande importância para os estudos das influências das condições climáticas e atmosféricas. A utilização de dados obtidos ao longo de um período, pode viabilizar a instalações de sistemas térmicos e fotovoltaicos em uma determinada região, otimizando ao máximo o aproveitamento ao longo do ano, já que a intensidade da radiação solar sofre variações significativas. De acordo com a CRESESB,

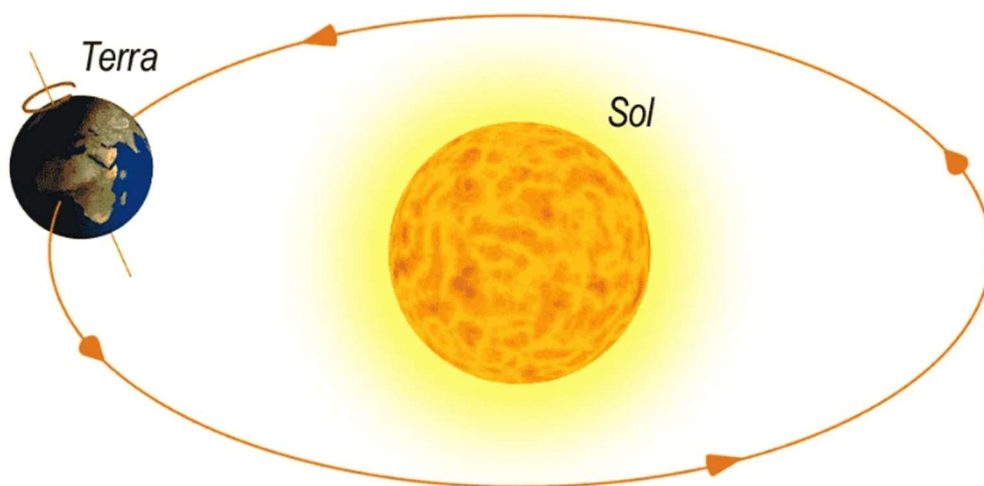
A medição da radiação solar, tanto a componente direta como a componente difusa na superfície terrestre é de maior importância para o estudos das influências das condições climáticas e atmosféricas. Com um histórico dessas medidas, pode-se viabilizar a instalações de sistemas térmicos e fotovoltaicos em uma determinada região garantindo o máximo aproveitamento ao longo do ano onde, as variações da intensidade da radiação solar sofrem significativas alterações.

No estudo da radiação solar, a ciência que estuda os diferentes elementos e medidas dessa radiação é a solarimetria. Esta medida pode ser realizada de diferentes formas e tecnologias, no entanto neste trabalho não nos ocuparemos em entender essas tecnologias, mas apenas em entender o que já existe de medições realizadas no Brasil. O monitoramento da energia solar também é imprescindível para estudos dos efeitos da radiação em animais, plantas, microorganismos, humanos e materiais (Tevini, 1993). Alguns dos elementos que devem ser considerados no estudo da radiação solar são: Radiação Solar – fenômeno físico de transporte de energia na forma de ondas eletromagnéticas. Irradiância – taxa na qual a radiação solar incide em uma superfície de forma instantânea, por unidade de área desta superfície, normalmente medida em $Potência/Área^2$ (W/m^2). Irradiação – irradiância solar integrada durante um intervalo de tempo especificado, normalmente horário ou diário, medida em $Energia/Área^2$ (Wh/m^2) ou (kWh/m^2). Insolação – também chamada de “horas de sol”, a insolação é período durante o qual o feixe de radiação solar direto ilumina uma superfície, sua unidade de medida é horas. Pode ser obtida experimentalmente registrando-se o número de horas do dia no qual a irradiância permaneceu acima de um valor pré-definido. Entender esses elementos são de fundamental importância para a aplicação de projeto utilizando energia solar.

Além disso, a irradiância que incide em um determinado ponto da superfície terrestre vai depender diretamente de diversos fatores, os mais básicos são: estações do ano; horário do dia; nebulosidade; entre outros.

O movimento de translação que a terra realiza ao redor do sol e seu natural eixo de inclinação faz com que a radiação solar que incide em um determinado ponto da superfície terrestre ao longo de um ano varie em termos de irradiância, a este fenômeno damos o nome de estações do ano. Veja na Figura E - 8 uma representação didática do movimento de translação da terra.

Figura E - 8— Representação didática do movimento de translação e rotação da terra



Fonte: Blog do Enem, 2026

As estações do ano surgem devido a inclinação de $23,5^\circ$ do eixo terrestre, fazendo com que ao longo do ano a taxa de irradiância varie ao longo da superfície terrestre, como ilustra a Figura E - 9. Nela é possível observar o Hemisfério Sul e Norte, a linha do equador e a inclinação de $23,5^\circ$ do eixo da terra.

Figura E - 9— Inclinação do eixo terrestre

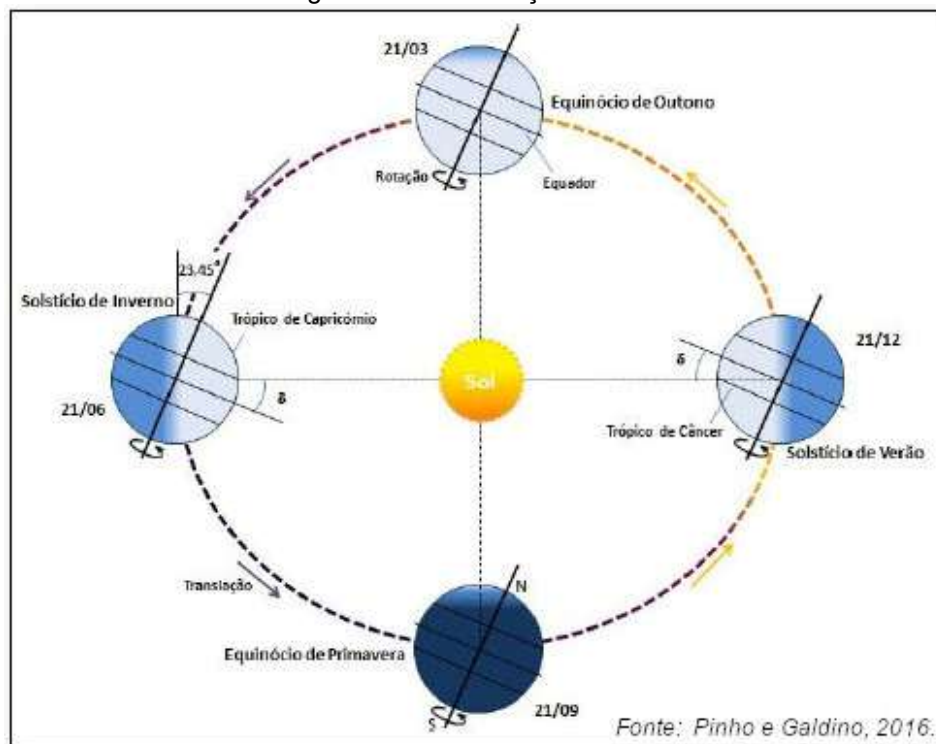


Fonte: Hiper Cultura, 2026

Nas Figura E - 8 e Figura E - 9, visualiza-se como o movimento de translação da terra ao redor do sol e como a inclinação no eixo terrestre influencia na irradiância em diferentes pontos ao longo de um ano, dando forma às características únicas que cada estação do ano tem. Os solstícios marcam o início das estações do ano e estão diretamente relacionados a irradiância, a insolação e à inclinação do eixo terrestre. Em razão do eixo de rotação da terra e da posição da terra em relação ao sol, a irradiância e a insolação sobre os hemisférios é diferente e é justamente essa diferença que irá caracterizar as estações do ano. Assim, os solstícios ocorrem em dois momentos ao longo do ano, no inverno (geralmente tem início no dia 21 de junho no hemisfério sul do planeta) e no verão (geralmente tem início no dia 21 de dezembro no hemisfério sul do planeta). Os solstícios representam o posicionamento do sol em seu limite máximo, podendo o sol estar em seu auge a norte ou a sul, em decorrência desse posicionamento, acontece uma maior iluminação em um dos hemisférios. O solstício de verão é caracterizado por ter dias mais longos e noites mais curtas, ocorrendo uma maior exposição a luz solar ao longo do dia (insolação) e o solstício de inverno é caracterizado por ter noites mais longas e dias mais curtos, ocorrendo uma menor exposição a luz solar ao longo do dia. Já os equinócios representam o posicionamento médio do sol em relação a terra, dessa maneira, nenhum dos hemisférios está inclinado em relação ao sol, iluminando assim os dois hemisférios igualmente. Os equinócios ocorrem em dois momentos ao longo do ano, no outono (geralmente

tem início no dia 21 de março no hemisfério sul) e na primavera (geralmente tem início no dia 21 de setembro no hemisfério sul). Além das datas dos solstícios e equinócios e suas respectivas estação do ano para o hemisfério sul, a Figura E - 10 também coloca em perspectiva os solstícios e equinócios e suas respectivas estações do ano para o hemisfério norte.

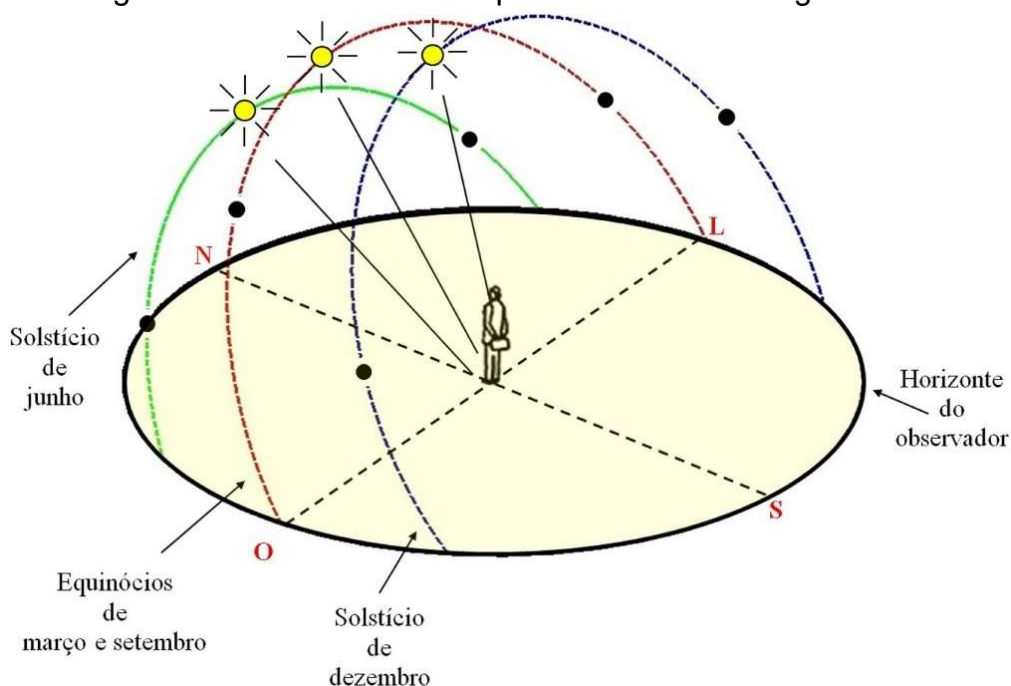
Figura E - 10— Estações do ano



Fonte: Pinho e Galdino, 2016

Outro ponto a ser discutido refere-se ao movimento aparente do sol ao longo do ano. O sol irá variar o seu ângulo de trajeto ao longo do ano devido a inclinação do eixo terrestre, influenciando diretamente taxa de irradiância, é o que chamamos de solstício de inverno e solstício de verão, como foi explicado na Figura E - 10. Na Figura E - 11, observa-se um observador posicionado ao centro e o movimento aparente do sol, de leste para o oeste ao longo do ano, configurando assim os solstícios e os equinócios.

Figura E - 11— Movimento aparente do sol ao longo do ano



Fonte: Ivo Fernando da Costa, 2026

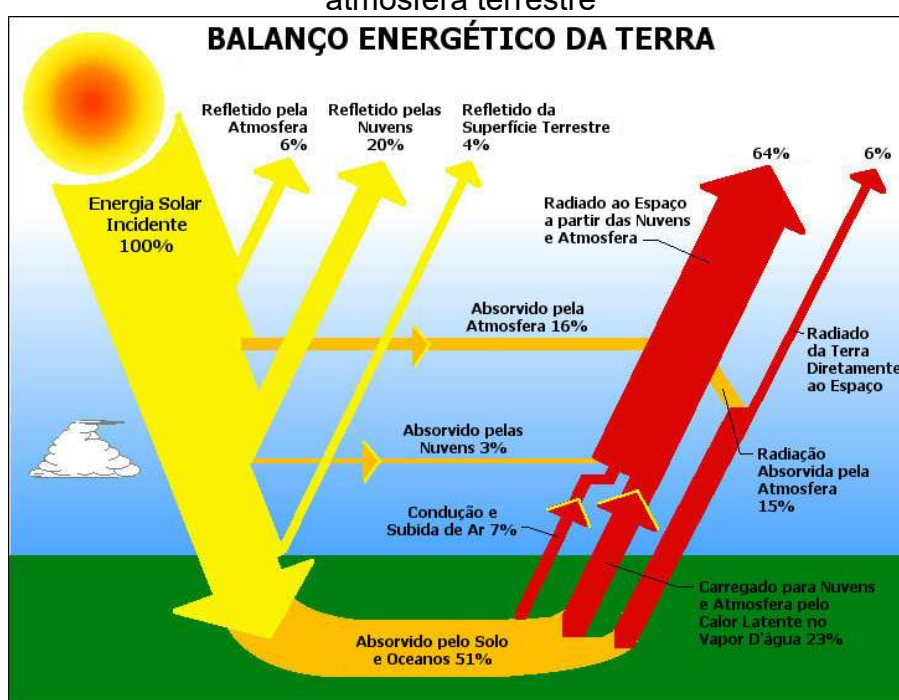
Além da irradiação em um determinado ponto da superfície terrestre ao longo de um ano a partir da perspectiva do movimento do planeta, é necessário compreender como essa radiação irá interagir com a atmosfera terrestre, já que esta é composto de muitas outras variáveis, como por exemplo a constante solar. Segundo Souza, essa "constante" representa a quantidade de energia radiante em todos os comprimentos de onda recebida por unidade de tempo e de área no topo da atmosfera terrestre, corrigida para a distância média Terra-Sol, e equivale a aproximadamente $1365 - 1370 \text{ W/m}^2$.

A radiação solar que incide sobre a Terra não é totalmente absorvida pelo Planeta Terra. Existem elementos que são fundamentais para compreender como acontece a interação da radiação solar com a atmosfera, são eles: Albedo - termo técnico para essa refletividade. Trata-se da capacidade de uma determinada superfície refletir a luz do sol, sendo a razão entre a radiação refletida e incidente, podendo ainda variar de 0 (absorção total) a 1 (reflexão total). Além dessa escala de 0 a 1, o albedo pode ser medido em porcentagem. Superfícies mais claras refletem mais a luz solar, enquanto superfícies mais escuras refletem menos a luz solar. O valor médio do albedo da Terra é de aproximadamente 30%. Embora o albedo e a reflexão apresentem semelhanças, o albedo refere-se à capacidade de uma superfície refletir a luz solar, enquanto a reflexão é o ato de uma determinada superfície refletir a luz.

Na Figura E - 12 é possível observar como é distribuída a radiação solar que incide sobre o Planeta. Na Figura E - 12 observa-se que de 100% da energia solar incidente 6% é refletida na atmosfera, 20% é refletida nas nuvens e 4% é refletida na superfície terrestre, 16% da energia

é absorvida pela atmosfera, 3% pelas nuvens e 51% pelo solo e oceanos. Dessa energia absorvida, 64% é radiado a partir das nuvens e da atmosfera, 7% é radiado por condução e subida de ar, 6% radiado da terra direto para o espaço. A maior parte da energia solar, cerca de 70%, é absorvida pela atmosfera e pela superfície da Terra, fornecendo o calor que impulsiona os processos climáticos e mantém a vida no planeta. Dessa forma, nem toda radiação solar que incide sobre o planeta terra pode ser diretamente aproveitado para alguma aplicação tecnológica, mas sim apenas uma porcentagem desta luz.

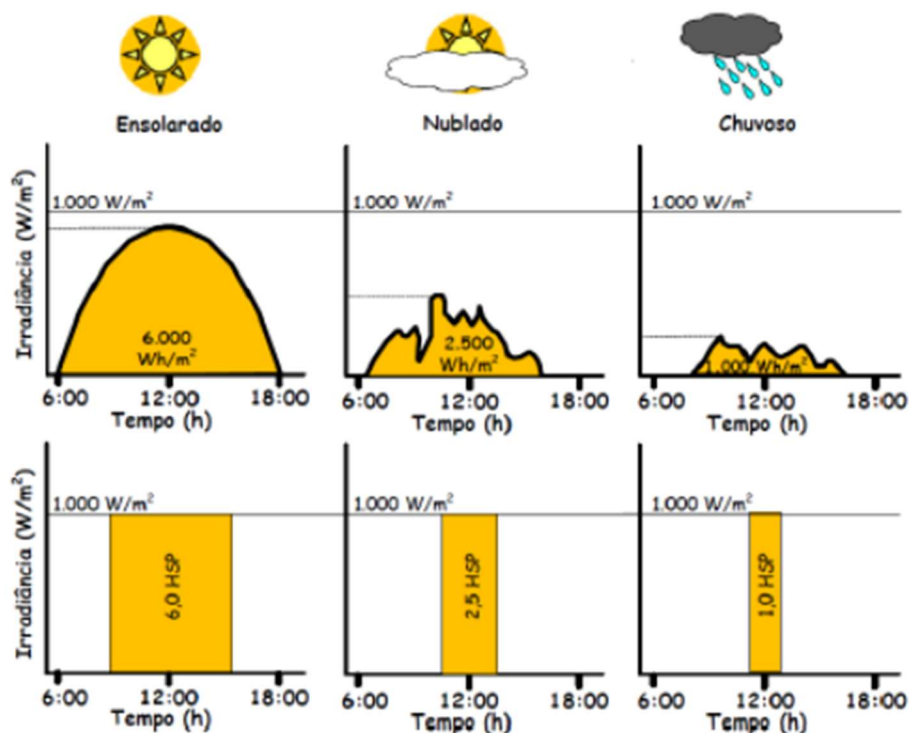
Figura E - 12— Representação didática da interação da radiação solar com a atmosfera terrestre



Fonte: Geodesign Internacional, 2026

A nebulosidade é um fator que influencia diretamente a irradiação na superfície, neste sentido, em dias com maior nebulosidade a taxa de irradiação cai consideravelmente. Observe a Figura E - 13, ela apresenta a taxa de irradiação (W/m^2) ao longo de um período em diferentes situações climáticas: dia ensolarado; dia nublado; dia chuvoso.

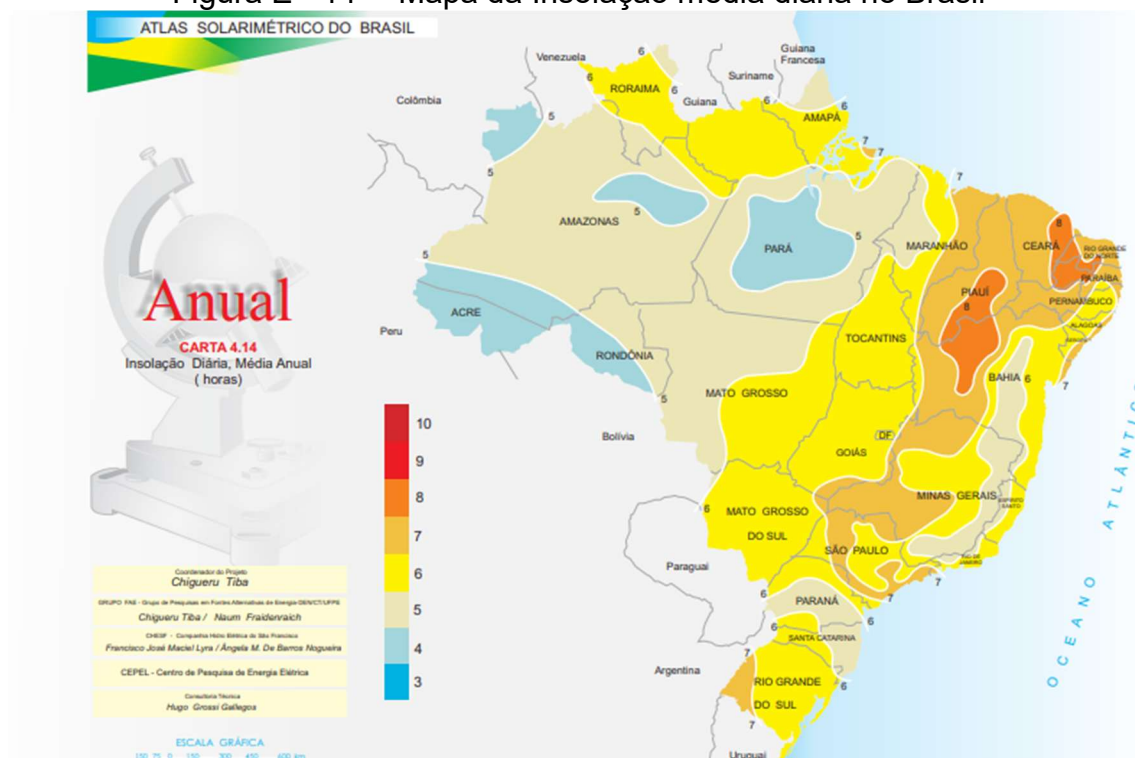
Figura E - 13— Taxa de irradiância em diferentes situações climáticas



Fonte: Andrade, 2014

Observe na Figura E - 14, o mapa do Brasil com dados da média anual da insolação diária. Fica evidente que a insolação, período em horas de exposição solar, varia de região para região no Brasil, devido a fatores principalmente atmosféricos, como por exemplo, a nebulosidade.

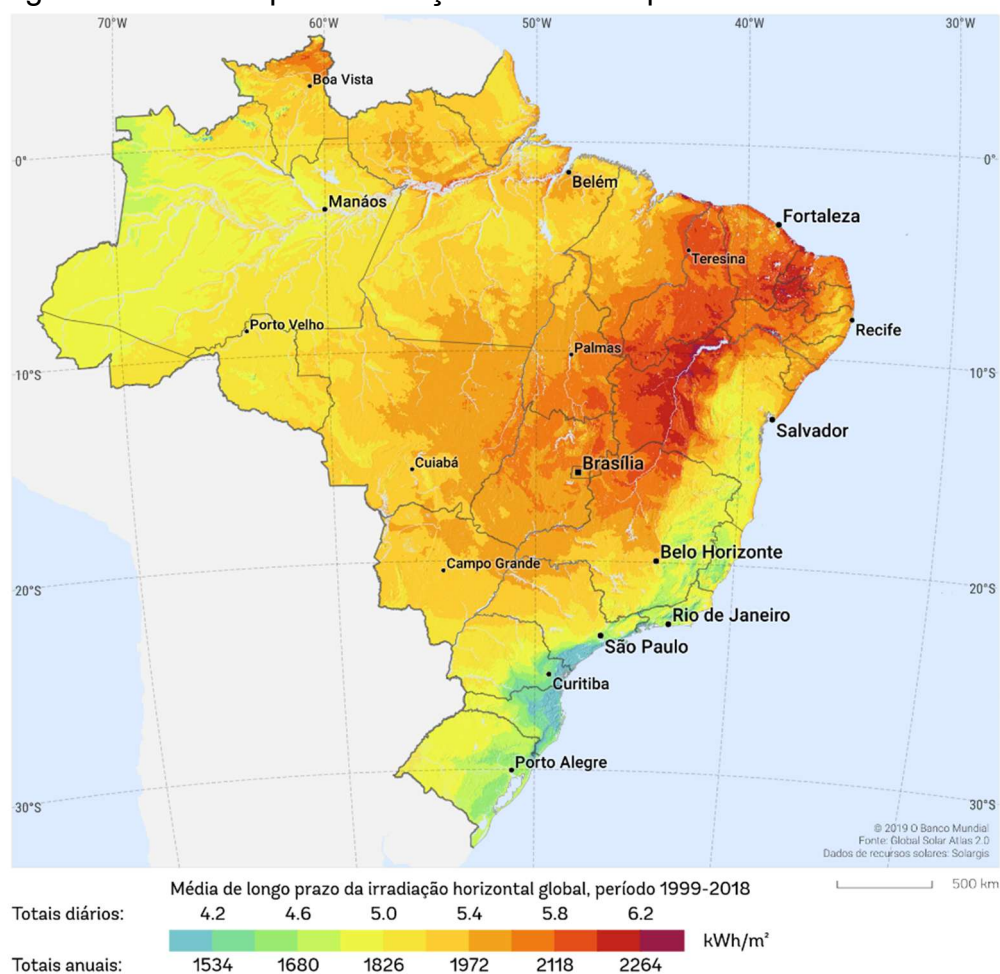
Figura E - 14— Mapa da Insolação média diária no Brasil



Fonte: Atlas Solarimétrico do Brasil - 2000

A insolação média irá influenciar diretamente na irradiação que incide em uma determinada área de superfície. Na Figura E - 15, vemos um mapa do Brasil que mede a irradiação ao longo de um dia, medido em ($Wh/m^2 - \text{dia}$). Quanto maior a taxa de irradiação, maior será o potencial de aplicação tecnológica solar em uma determinada região. Como podemos observar na Figura E - 15, a cidade de Guajeru – Bahia que fica localizada na região mais laranja/vermelha do mapa, local em que esta sequência didática foi aplicada, a taxa de irradiação varia aproximadamente na faixa de $5,8 \text{ kWh}/m^2$ ou $5.800 \text{ Wh}/m^2$ até $6,2 \text{ kWh}/m^2$ ou $6.100 \text{ Wh}/m^2$ ao longo de 1 dia.

Figura E - 15— Mapa da radiação solar na superfície terrestre no Brasil



Assim, os conhecimentos teóricos e técnicos aqui apresentados oferecem uma base sólida para o entendimento de aspectos relacionados a dinâmica radiação solar como fonte de luz e energia e como esta interage com os diferentes sistemas naturais do nosso planeta. Dessa forma, os conhecimentos aqui apresentados conferem aprofundamento teórico e técnico suficiente para as discussões que podem vir a ocorrer durante a aplicação desta sequência didática, no entanto, não engloba todos os elementos que envolvem o campo de conhecimento da solarimetria.

3. CALORIMETRIA

A Calorimetria é a parte da física que estuda as trocas de energia entre corpos ou sistemas, podendo estes corpos ou sistemas serem iguais ou diferentes e estas trocas acontecem em forma de calor. O calor está presente na vida de todos os seres vivos desde os primórdios, é um dos ingredientes básicos para a existência da vida na terra, devido a isto, as características relacionadas ao calor estimulam a curiosidade dos seres humanos desde a antiguidade, além disso, o calor foi tido pelos antigos como matéria prima fundamental para a constituição do universo.

Dentro da interpretação cosmogônica, calor está relacionado ao elemento Fogo para vários pensadores, e este último assumiu vários significados. Por exemplo, Empédocles de Agrigento (493-433 a.C), filósofo pré-socrático, propunha que o Fogo correspondia a um dos elementos primordiais, assim como a Terra, Água e Ar, que se unem em diferentes proporções para formar todas as coisas. Haveria ciclos no Universo em que estas coisas estariam sujeitas a união, pela força do amor; ou à separação, pelo ódio. Assim, se formaram a Terra, o Sol, a Lua, etc., tudo aquilo que existe no mundo (MARTINS, 2012, p. 46).

Além dos aspectos históricos presentes na antiguidade, o conceito de calor ocupava o espaço de um ingrediente da criação, deixando de lado aspectos mais práticos, ao longo da história humana o calor continuou tendo espaço em sua curiosidade, elemento que foi fundamental para o avanço do conhecimento relacionado ao calor. Nos séculos XVIII e XIX, a humanidade deu um grande salto em termos tecnológicos com o advento das máquinas térmicas, que possibilitaram o avanço da indústria, do transporte e foi protagonista das 1º e 2º revoluções industriais.

O século XVIII foi um período de várias mudanças em relação à forma que se fazia a ciência anteriormente. O “século da razão” estabeleceu prioridades quanto à necessidade de sistematização das observações e a comunicação das ideias. Além disso, houve uma mudança na forma de se estudar os fenômenos naturais, proveniente, principalmente, das necessidades que haviam sido criadas com a Revolução Industrial (SILVA, 2013).

Dessa forma, o calor passou a ser o centro do desenvolvimento industrial, mas para que a industrial e a tecnologia pudessem dar passos mais largos, seria necessário o estudo metódico do calor através da ciência.

Para melhorar as técnicas de aproveitamento do combustível e dos metais eram necessários artesãos e filósofos naturais, principalmente os que lidavam com questões ligadas à constituição da matéria. Com isso, a experimentação, que se aproximava mais da resposta necessária para a técnica, passou a ter grande destaque entre os filósofos naturais, não só para adquirir conhecimento, mas também para realizar modificações, fazendo um corpo agir sobre o outro: “a experiência como um dos instrumentos principais da meditação teórica; pois o objeto a que aspira é o conhecimento verdadeiro do mundo material que nos rodeia e que o pensamento quer penetrar” (METZGER, 1974 *apud* ALFONSO-GOLDFARB e FERRAZ, 2006, p. 11-12)

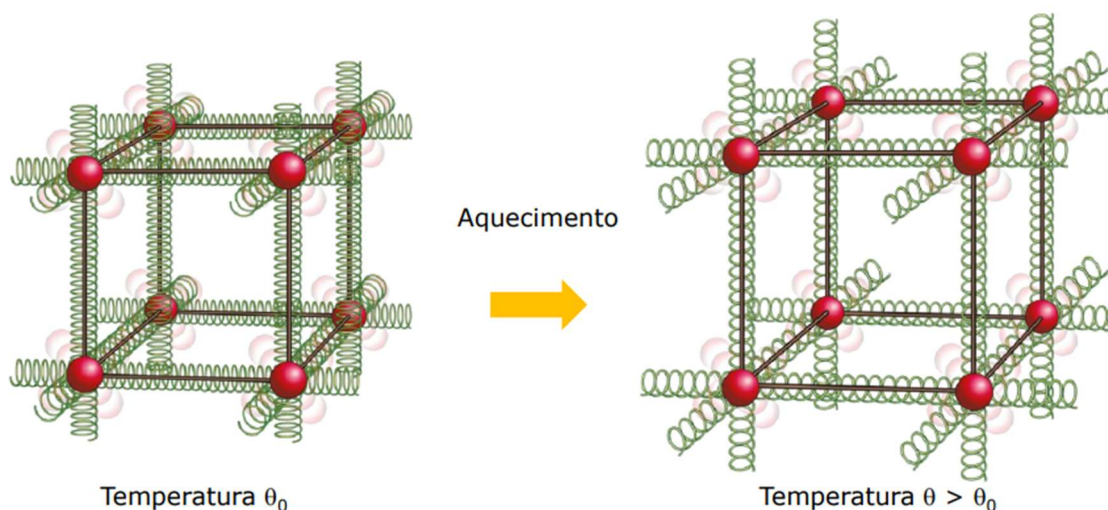
Com a crescente racionalização a partir do desenvolvimento industrial e um aprofundamento nos estudos sobre o calor, a humanidade prosperou tecnologicamente nas diversas áreas do conhecimento, trazendo benefícios imediatos que são a base da civilização até hoje.

3.1. Aplicação da calorimetria neste contexto

O estudo da Calorimetria ocupa um lugar fundamental nesta sequência didática, já que o caráter do experimento é de um equipamento que busca verificar a variação de temperatura de determinadas substâncias quando expostos a radiação solar. Neste sentido, é necessário discutir aspectos importantes da calorimetria, como a propagação do calor, o conceito de temperatura, calor sensível e calor latente, calor específico, entre outros aspectos inerentes a esta área do conhecimento da física. No entanto, por se tratar de uma área extensa, com muitos conhecimentos possíveis de serem abordados, esta sequência didática trará um recorte desses conhecimentos, de modo a otimizar a sua aplicação.

Para início de discussão, é necessário definir o que é calor. De acordo com a física, a temperatura de um corpo está relacionada à agitação das partículas que o constituem. Observe na Figura E - 16 uma representação didática de como funciona a agitação das moléculas. As esferas vermelhas representam as moléculas de uma determinada substância, enquanto as molas representam o grau de agitação dessas moléculas. A Figura E - 16 mostra o antes e o depois de uma substância receber uma quantidade de energia, assim, na imagem da esquerda a substância possui menor temperatura e energia térmica, já na imagem da direita a substância possui maior temperatura e energia térmica, devido a isso, o grau de agitação das moléculas é maior na imagem da direita.

Figura E - 16— Representação didática de como funciona a agitação das moléculas



Fonte: Moderna Plus Física: Ciência e Tecnologia, v. 1, Moderna, 2024.

Destaca-se que assim como na matemática, na multiplicação por exemplo, a ordem dos fatores não altera o produto, a ordem dessas afirmações também não irá alterar o resultado, ou seja, se aumentarmos a agitação das moléculas, conseqüentemente a temperatura também irá aumentar.

A temperatura é uma grandeza física escalar que mede o grau de agitação ou energia cinética das moléculas de um determinado sistema. Entretanto, nem sempre medir a temperatura foi uma tarefa simples, já que na ausência de tecnologias, essa medida muitas vezes era realizada de forma subjetiva, de sujeito para sujeito.

No entanto, para fins científicos, o critério “sensitivo” para avaliação das temperaturas é vago e impreciso, pois depende da pessoa e das condições nas quais a mesma se encontrava anteriormente. Além de ser um instrumento “diferencial” (uma vez que só consegue distinguir entre “mais frio” e “mais quente” em relação à sua própria temperatura), o corpo humano induz facilmente o observador em erro, dado que é sensível a outras grandezas, como por exemplo a condutividade térmica [2-5] (uma maçaneta metálica “parece mais fria” ao tato do que a madeira da porta onde se encontra colocada, apesar de estarem ambas à mesma temperatura). (PIRES, AFONSO, CHAVES, 2006).

Dessa forma, houve a necessidade de desenvolver um instrumento que padronize a medida de temperatura e melhore a precisão das medidas de temperatura, desenvolvendo então o termômetro. Segundo Pires, Afonso e Chaves (2006), chama-se termômetro o instrumento para medir a temperatura dos corpos. Ele faz uso de comparações entre a variação de propriedades das substâncias como volume, pressão, resistência elétrica, variação de cor, etc. para relacioná-las com a variação da temperatura. O modelo de termômetro mais comumente utilizado é o termômetro de mercúrio. Além disso, é importante salientar que a temperatura é uma propriedade intensiva, ou seja, o valor da temperatura não depende do tamanho, massa ou

quantidade de substância presente no sistema.

Outro aspecto fundamental para a compreensão da temperatura são as escalas termométricas. As escalas termométricas são sistemas de medição de temperatura, estes sistemas são baseados em pontos de referência fixos, como: fusão da água, ebulição da água, dilatação de um determinado líquido etc. Que a partir daí, atribuem valores numéricos para quantificar o grau de agitação das moléculas do corpo. Através dessas escalas é possível comparar quente e frio de maneira padronizada. Existem três escalas termométricas que são mais comumente utilizadas, são elas: escala Celsius, Fahrenheit e Kelvin.

A escala termométrica Celsius foi construída pelo astrônomo Anders Celsius em 1742 e é um sistema de medição de temperatura centígrado (dividido em 100°) baseado nos pontos de fusão (0°C) e ebulição (100°C) da água em pressão atmosférica padrão. A escala Celsius é a unidade de medida de temperatura mais utilizada na meteorologia e no uso diário no mundo.

A escala termométrica Fahrenheit foi criada por Daniel Gabriel Fahrenheit em 1724 e é um sistema de medição de temperatura muito utilizado nos Estados Unidos e seus territórios. Esta escala de temperatura é dividida em 180 partes e define o ponto de fusão da água em 32 °F e o ponto de ebulição da água em 212 F°.

A escala termométrica Kelvin foi criada pelo físico e engenheiro britânico William Thomson, o "Lord Kelvin" em 1948. Esta escala é a escala de medida da temperatura utilizada no Sistema Internacional de Unidades (SI). Esta escala é conhecida como escala absoluta, devido ela partir do 0 K, que corresponde a -273,15 °C na escala Celsius, assim, o 0 K é a menor temperatura conhecida e nesse estágio o movimento molecular cessa. Esta escala não possui o símbolo de grau (°) como nas escalas Celsius e Fahrenheit, possuindo apenas valores positivos. O ponto de fusão da água em Kelvin é 273,15 K e o ponto de ebulição da água é 373,15 K.

De forma simplificada, a equação (1) relaciona essas três escalas termométricas:

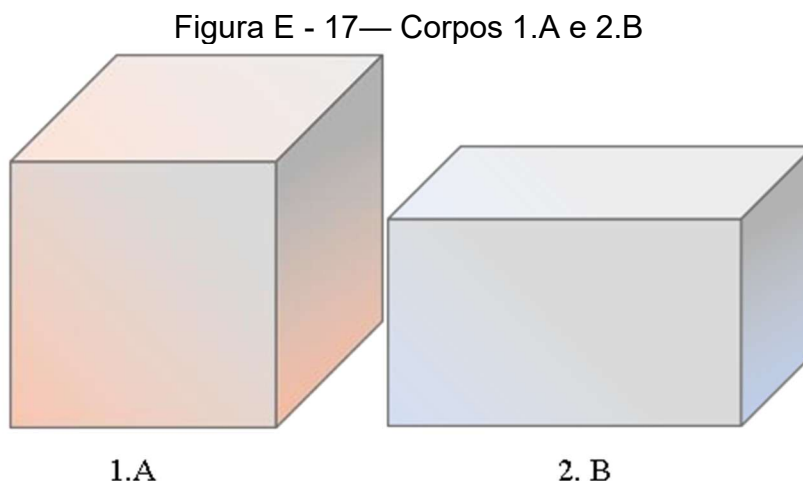
$$\frac{TC}{5} = \frac{TF - 32}{9} = \frac{TK - 273}{5} \quad (19)$$

$\frac{TC}{5}$ corresponde a escala Celsius, $\frac{TF-32}{9}$ corresponde a escala Fahrenheit e $\frac{TK-273}{5}$ corresponde a escala Kelvin.

Neste trabalho será utilizada a escala termométrica de medida de temperatura Celsius (°C), o que não impede a utilização de outra escala, no entanto, é necessário fazer a conversão da temperatura de uma escala para outra, podendo utilizar a equação (1).

Mas ainda não temos a resposta para o que é o calor, estamos apenas construindo

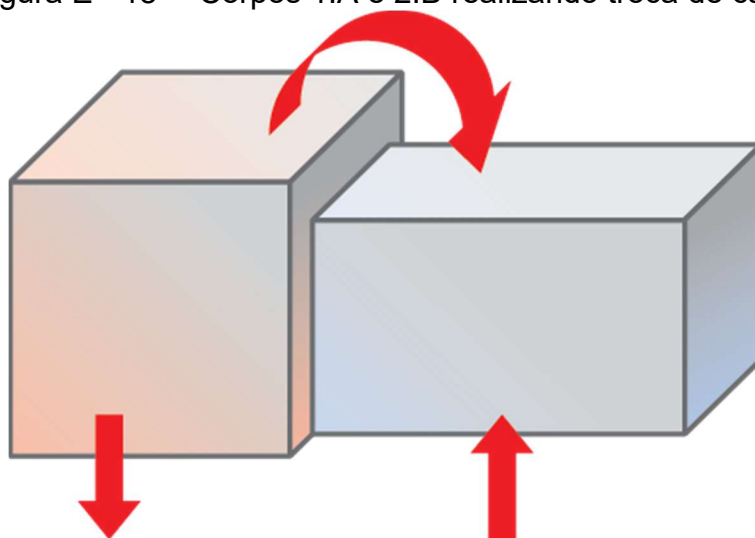
algumas definições prévias. Começaremos a definir o calor imaginando dois corpos, 1.A e 2.B, através da representação na Figura E - 17:



Fonte: SECCO, Adilson. Ilustração presente em material didático da Editora Moderna. São Paulo: Moderna, 2022.

Vamos considerar os corpos 1.A e 2.B, com temperaturas iniciais θ_A e θ_B , que ($\theta_B < \theta_A$). Se inicialmente o corpo 1.A está com maior temperatura que o corpo 2.B, a energia térmica do corpo em 1.A é maior que a energia térmica em 2.B. O que acontece quando colocarmos os dois corpos, 1.A e 2.B, em contato? Intuitivamente responderemos que a temperatura dos dois corpos irá se igualar! o que está correto, já que a energia térmica presente em 1.A irá se propagar espontaneamente para o corpo 2.B. Assim, conforme a energia térmica, a agitação das partículas e a temperatura do corpo 1.A diminui, a energia térmica, a agitação das partículas e a temperatura do corpo 2.B aumenta, até que estes dois corpos alcancem o equilíbrio térmico. O equilíbrio térmico é um ponto, que, pelo menos teoricamente, a energia térmica, a agitação das partículas e a temperatura estão em equilíbrio, ou seja, são iguais. Neste sentido, podemos conceber o calor como energia térmica em trânsito, ou seja, é a denominação que a física utiliza para definir a energia térmica que está em transição de um corpo para o outro, quando estes corpos estão em diferentes temperaturas. Assim, a partir daqui entende-se calor como energia térmica em trânsito. Observe a ilustração da energia térmica na forma de calor na Figura E - 18. Nesta imagem é possível observar os dois corpos 1.A à esquerda e 2.B a direita, com formatos distintos e setas vermelhas. A seta vermelha horizontal indica a passagem da energia térmica em forma de calor de um corpo para o outro. Já a seta vermelha apontando para baixo indica uma diminuição da temperatura e a seta vermelha apontando para cima indica um aumento da temperatura.

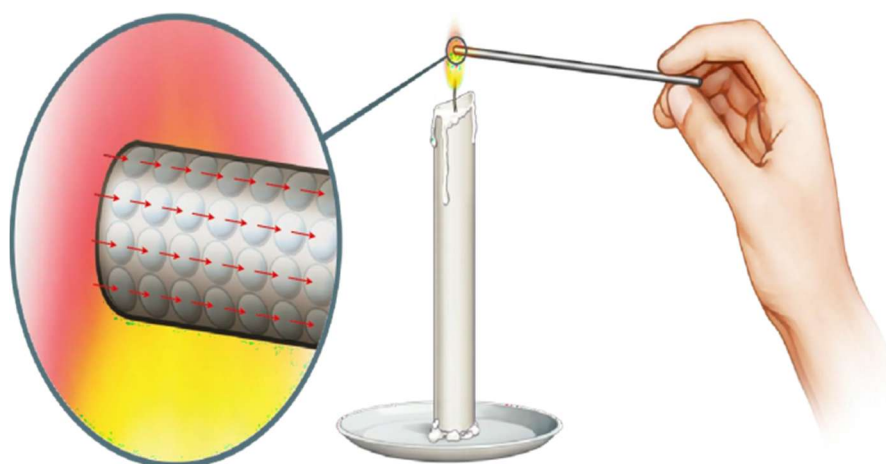
Figura E - 18— Corpos 1.A e 2.B realizando troca de calor



Fonte: SECCO, Adilson. Ilustração presente em material didático da Editora Moderna. São Paulo: Moderna, 2022.

Essa propagação do calor pode acontecer essencialmente de três maneiras distintas: condução, convecção e radiação. Todos estes três processos de propagação do calor estão presentes em nosso dia a dia, seja no mundo natural ou nas construções humanas. Na propagação de calor por condução, o calor se propaga diretamente de uma partícula para outra (átomo, molécula ou íon) através do material do corpo, devendo este material estar no estado sólido da matéria, ou seja, fluidos e vácuo não são capazes de propagação o calor através da condução. Na condução, o calor irá se propagar em materiais que possam conduzir bem a passagem do calor, são os chamados materiais condutores, que podem ser metais como ferro, alumínio, cobre etc. Materiais que dificultem essa passagem do calor são chamados de isolantes, que pode ser borracha, isopor, plásticos, lã etc. A Figura E - 19 ilustra este processo:

Figura E - 19— Propagação de calor por condução

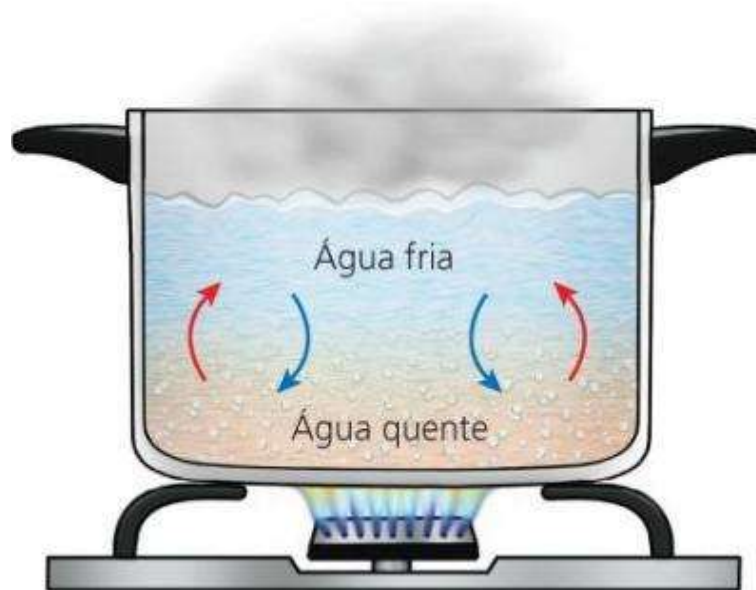


Fonte: Moderna Plus Física: Ciência e Tecnologia, v. 1, Moderna, 2024.

Na Figura E - 19 é possível observar uma pessoa segurando uma pequena barra de ferro na chama de uma vela e ao lado uma imagem ampliada que pode ser ver pequenas setas vermelhas apontando o sentido da propagação do calor através da barra.

Na propagação do calor por convecção, diferentemente do processo por condução, a propagação do calor ocorre essencialmente através dos fluidos, como ar, água etc. Imagine uma situação em que temos água sendo fervida em uma panela de alumínio, numa chama de fogão a gás. A chama do fogão ocorre devido a combustão do gás, liberando uma determinada quantidade de calor em sua queima, que por consequência da proximidade com o fundo da panela, se propaga por condução através do alumínio e posteriormente para a água presente na panela, que está em contato com o fundo da panela e é aquecida por condução. Com o aquecimento da água, ela dilata-se e diminui sua densidade, tornando-se mais leve e subindo para parte de cima da panela. Como a água que está em cima está mais fria e possui maior densidade que a água que acabou de ser aquecida, esta água mais densa irá descer para o fundo da panela, entrando em contato com o fundo da panela, aquecendo-se por condução e consequentemente, dilatando-se e diminuindo sua densidade. Dessa forma, este processo acontecerá repetidamente em ciclos, constituindo a o que chamamos de propagação do calor por convecção. O exemplo apresentado traz uma observação que pode ser feita de forma simples e rotineira para a maior parte das pessoas, no entanto o processo acontece de diversas formas, tanto na natureza, quanto nas construções humanas, como por exemplo: o uso do ar-condicionado nas casas; o aparelho de ar-condicionado é posicionado na parte superior do ambiente, facilitando o processo de convecção. Dessa forma, a propagação do calor por convecção acontece devido as correntes de convecção, que são originadas pelas diferenças de densidade existentes em um mesmo material, ou materiais diferentes. Observe um exemplo na Figura E - 20, nela uma panela está sendo aquecida por uma chama de um fogão a gás. Nela é possível observar setas vermelhas indicando a água em temperatura mais alta subindo devido a diminuição da densidade e as setas azuis indicando a água em temperatura mais baixa descendo devido a uma maior densidade.

Figura E - 20— Propagação de calor por convecção



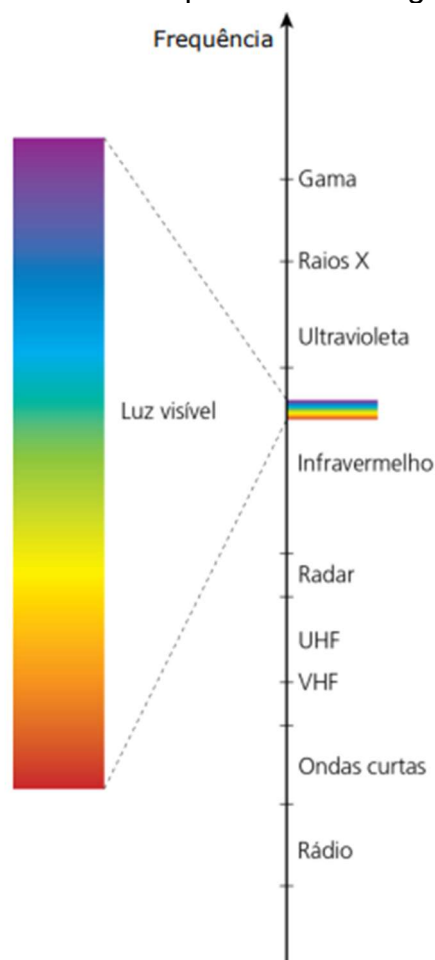
. Fonte: Moderna Plus Física: Ciência e Tecnologia, v. 1, Moderna, 2024.

Por último e não menos importante, o processo de propagação do calor por irradiação. Diferentemente dos últimos dois processos, para que este processo ocorra não será necessário nenhum tipo de material como fluídos ou sólidos para que este se concretize, ou seja, a propagação de calor por irradiação pode acontecer tanto em materiais sólidos e fluídos, como no vácuo, como é o caso da luz solar que viaja 150 milhões de quilômetros através do vácuo do espaço até chegar ao nosso planeta. Na irradiação, o calor é propagado por ondas eletromagnéticas, principalmente pelos raios infravermelhos, conhecidos como ondas de calor. As ondas eletromagnéticas são compostas por um longo espectro que vai desde as ondas de rádio até os raios gama. No espectro eletromagnético estão contidas todas as formas de ondas eletromagnéticas, inclusive a luz visível que é a luz responsável por iluminar nossos dias. Além de iluminar o dia a dia, estas ondas também carregam grandes quantidades de energia. Para fazer a diferenciação de uma onda eletromagnética⁴ e outra, a física estabelece elementos, como: comprimento de onda, frequência, período, amplitude, velocidade de onda, entre outros. Dessa forma, ondas eletromagnéticas com altas frequências, como os raios gama, irão carregar grandes quantidades de energia, muitas vezes nocivas a vida e possuirão um comprimento de onda pequeno. Já ondas eletromagnéticas como as ondas de rádio possuem baixas frequências e comprimentos de ondas grandes, carregando pouca quantidade de energia. O estudo das ondas eletromagnéticas é de fundamental importância, já que está muito presente na natureza e nas

⁴ No vácuo, todas as ondas eletromagnéticas possuem a mesma velocidade c , desde ondas de rádio até os raios gama, incluindo a luz visível. Elas se propagam no vácuo a uma velocidade de $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ou $299.792.458 \text{ m/s}$. A diferenciação se dá em meios materiais (dispersão da luz, índice de refração etc).

construções humanas, no entanto, neste trabalho não nos aprofundaremos no estudo destes elementos. Observem a ilustração do espectro eletromagnético na Figura E - 21, nela é possível observar um eixo vertical indicando a frequência da luz para as diferentes variações da luz, como: raios gama, raios x, ultravioleta, luz visível, infravermelho, radar, UHF, VHF e ondas curtas. O conjunto de cores que pode ser observando refere-se as cores presentes na luz branca, que nesse caso, corresponde a luz visível.

Figura E - 21— Espectro eletromagnético



Fonte: SECCO, Adilson. Ilustração presente em material didático da Editora Moderna. São Paulo: Moderna, 2022.

Dessa forma, o estudo das formas de propagação de calor é essencial para compreensão de como se dão as trocas de calor no nosso dia a dia, fundamentais para a vida e para a manutenção das construções humanas, mas também para o desenvolvimento de novas tecnologias.

Mas como se dá o aquecimento de um determinado corpo quando submetido a uma troca de calor com outro corpo? Vamos considerar um dado corpo ao qual fornecemos quantidades diferentes de calor $Q_1, Q_2 \dots Q_n$. A letra Q será utilizada a partir daqui para definir uma

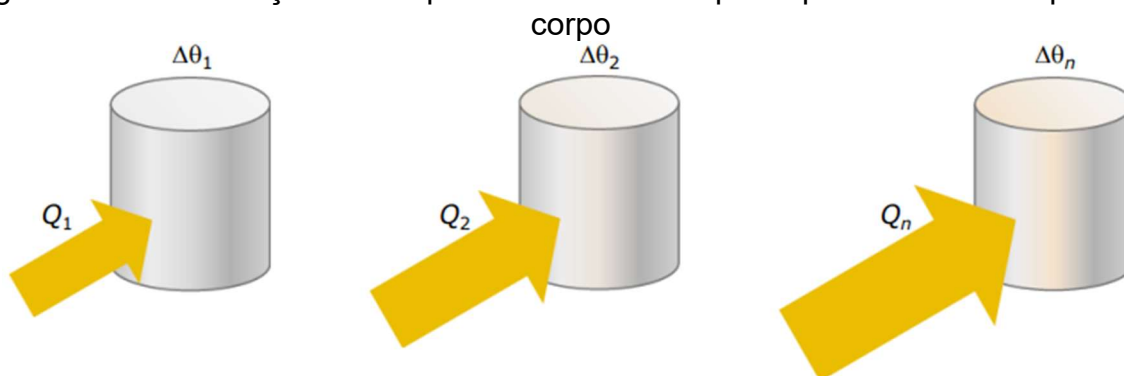
determinada quantidade de calor, já que entraremos em no campo da matemática para entender melhor os processos relacionados ao calor. No Sistema Internacional de medidas (SI) a quantidade de calor, assim como a energia, é medida em joule (J). Entretanto, é mais comum medir a quantidade de calor Q em caloria cal ou quilocaloria $kcal$, sendo:

$$1\ cal = 4,186\ J$$

e,

$$1\ kcal = 1.000\ cal$$

Figura E - 22— Variação de temperatura em três corpos a partir Q recebido por cada



Fonte: SECCO, Adilson. Ilustração presente em material didático da Editora Moderna. São Paulo: Moderna, 2022.

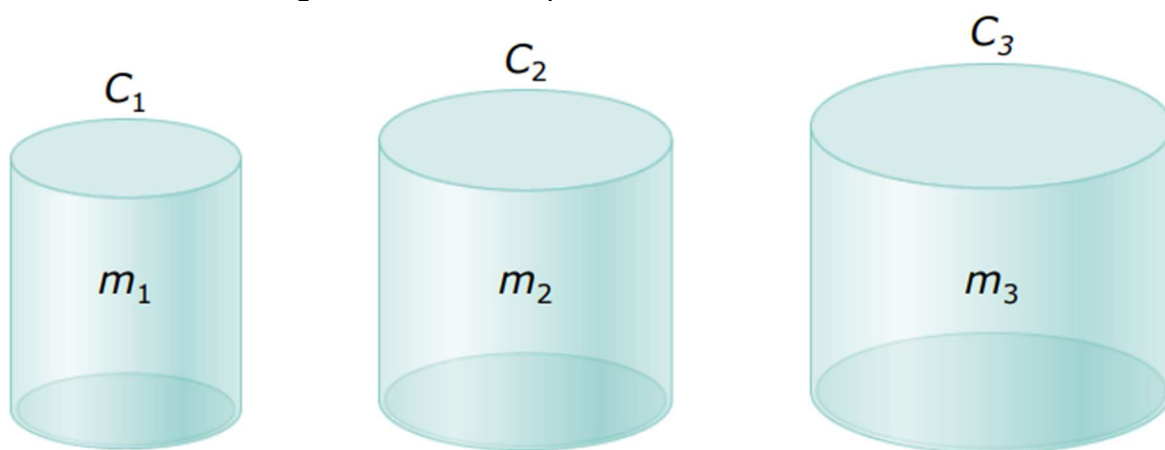
Na Figura E - 22 observa-se três corpos $\Delta\theta_1$, $\Delta\theta_2$ e $\Delta\theta_n$, as setas amarelas indicam o fornecimento de uma determinada quantidade de calor Q_1 , Q_2 e Q_n . Considerando que nenhum destes corpos sofram alteração de estado físico, à medida que fornecemos calor a este corpo de mesma massa, ele sofrerá uma determinada alteração na sua temperatura. Portanto, quanto maior a quantidade de calor Q recebida pelo corpo, maior a variação de temperatura sofrida por ele. Dessa forma, podemos definir uma nova grandeza física associada ao corpo e representada por C , a capacidade térmica do corpo. Logo podemos definir a capacidade térmica de um corpo como a quantidade de calor Q que este corpo deve receber ou ceder para que ocorra uma variação em sua temperatura. A lei matemática que estabelece a capacidade térmica é dada pela equação (2).

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad (20)$$

Assim, C é a capacidade térmica média, dada em $\text{cal}/^\circ\text{C}$, Q a quantidade de calor, dada em cal e (ΔT) a variação de temperatura, dada em $^\circ\text{C}$. Neste sentido, cada corpo específico necessita de uma determinada quantidade de energia térmica para que possa alterar em $1\ ^\circ\text{C}$ a sua temperatura. No entanto, é intuitivo imaginar que quanto maior for a massa do corpo, mais

energia térmica terá que ser fornecida para que tenhamos a mesma alteração em sua temperatura, logo, a massa se estabelece como um fator determinante para esse tipo de fenômeno térmico. Observe os três corpos C_1 , C_2 e C_3 na Figura E - 23, nela cada corpo possui as massas m_1 , m_2 e m_3 respectivamente.

Figura E - 23— Corpos de massas diferentes



Fonte: SECCO, Adilson. Ilustração presente em material didático da Editora Moderna. São Paulo: Moderna, 2022.

As massas dos três corpos são diferentes, com $m_1 < m_2 < m_3$. Dessa forma, percebe-se facilmente que para termos uma alteração igual de temperatura em cada um dos corpos, deveremos fornecer uma quantidade maior de energia térmica para o corpo de maior massa, assim, o corpo de maior capacidade térmica C é, também, o corpo de maior massa m .

$$C \propto m$$

Dessa forma, a constante de proporcionalidade entre C e m é o calor específico (c) e é dada pela equação (3):

$$C = m \times c \quad (21)$$

Onde, C é a capacidade térmica, dada em $\text{cal}/^\circ\text{C}$, m é a massa em gramas e c é o calor específico, podendo ser dado em $\text{cal}/\text{g} \cdot ^\circ\text{C}$, no entanto, as unidades de temperatura, massa e do calor específico dependem das unidades de temperatura, energia e massa. Mas o que seria o calor específico? O calor específico de um material indica a quantidade de calor que uma massa unitária desse material deve receber (ou ceder) para sofrer uma variação unitária de temperatura. Dessa forma, o calor específico indica a quantidade de calor Q que devemos fornecer a uma determinada substância para que se possa alterar a temperatura de 1 unidade de massa desta substância em 1 unidade de temperatura. As unidades que serão utilizadas para as grandezas são definidas de acordo com o SI.

Como vimos, a grandeza física capacidade térmica média C de um corpo é dada pela equação (4):

$$C = \frac{Q}{\Delta T} \quad (22)$$

Podemos reescrevê-la como:

$$Q = C \times \Delta T \quad (23)$$

Definimos também o calor específico c de um material através da equação (3):

$$C = m \times c$$

Substituindo a equação (3) em (5):

$$Q = m \times c \times \Delta T \quad (24)$$

Onde, Q é a quantidade de calor, m é a massa, c é o calor específico e ΔT é a variação de temperatura. Assim, definimos a equação fundamental da calorimetria! Com isso, podemos relacionar a quantidade de calor Q com a massa, o calor específico e a variação de temperatura de uma determinada substância.

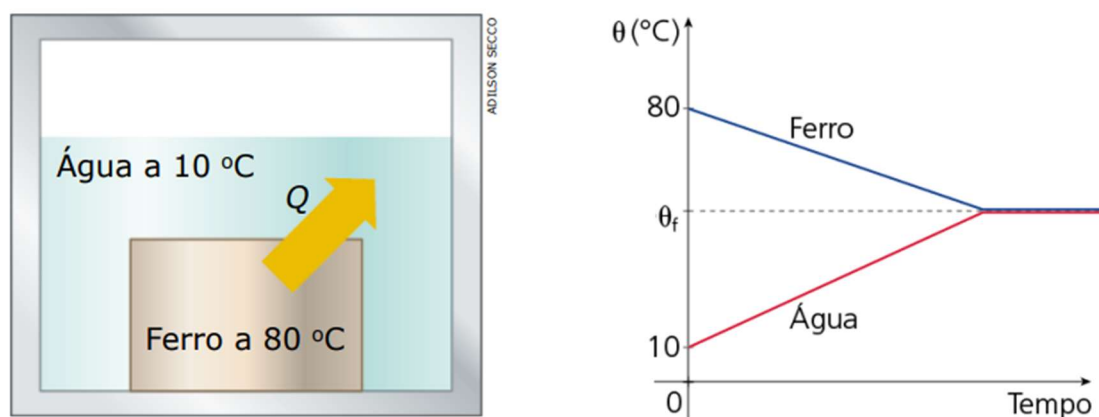
Definimos o que é a capacidade térmica, calor específico e a equação fundamental da calorimetria. Neste sentido, precisamos entender como se dá a troca de calor quando temos dois corpos em temperaturas diferentes dentro de um mesmo recipiente, podendo este estar aberto ou fechado. A física que faz o estudo desses sistemas pertence ao amplo conhecimento da termodinâmica, no entanto, nos concentraremos no princípio geral das trocas de calor. O que acontece quando juntamos dois ou mais corpos inicialmente a temperaturas diferentes? Juntando dois corpos em um determinado recipiente ao qual denominaremos como calorímetro, por hipótese ideal e adiabático. Um calorímetro é um dispositivo isolado termicamente e é utilizado para medir a quantidade de calor absorvida ou liberada em processos físicos ou em reações químicas. Um sistema adiabático é um sistema onde não há trocas de calor, ou seja, $Q = 0$, esse sistema pode ser contido, por exemplo, por um gás ou uma massa de ar e o ambiente ao redor, assim dizemos que esse sistema é isolado. Já um calorímetro ideal é dispositivo

teórico laboratorial que possui paredes adiabáticas e possui isolamento térmico perfeito, ou seja, impedindo qualquer troca de calor entre o ambiente interno e o ambiente externo. Assim:

$$C_{ideal} = 0 \frac{Cal}{g \cdot ^\circ C}$$

Dessa forma, ele pode variar sua temperatura praticamente sem receber ou ceder calor. Observe a Figura E - 24, na imagem a esquerda temos um calorímetro ideal com água a 10 °C em seu interior e um corpo de ferro a 80 °C. Na mesma imagem a esquerda observa-se uma seta amarela indicando a troca de calor entre a água e o ferro. Na mesma figura, na imagem a direita observa-se um gráfico com o eixo vertical indicando a escala de temperatura em °C, indo de 0 °C a 80 °C e o eixo horizontal indicando o tempo. A linha azul indica a variação da temperatura do ferro e a linha vermelha indica a variação da temperatura da água, assim, ao longo do tempo nota-se que as linhas do ferro e da água evoluem para a mesma temperatura θ_t , indicando que o ferro e a água atingiram o equilíbrio térmico.

Figura E - 24— Calorímetro ideal



Fonte: SECCO, Adilson. Ilustração presente em material didático da Editora Moderna. São Paulo: Moderna, 2022.

Considerando as características do calorímetro e o princípio da conservação da energia, a equação (7):

$$Q_{(água)} + Q_{(ferro)} = 0 \quad (25)$$

Generalizando, temos o princípio geral das trocas de calor, dado pela equação (8):

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_n = 0 \quad (26)$$

Dessa forma, estabelecemos a base conceitual e matemática fundamental para a

compreensão dos fenômenos físicos relacionados a calor que serão posteriormente discutidos neste trabalho.

4. ÓPTICA

A luz, os efeitos luminosos e suas fontes despertam a curiosidade do ser humano desde o princípio. Na antiguidade, na ausência da ciência e da racionalidade, o homem buscava responder as perguntas para as quais não tinham respostas através da mitologia e das crenças religiosas, entretanto, estas respostas que encontravam eram incapazes de responder muitas outras questões envolvendo a luz e suas interações com a matéria, dificultando ou até mesmo impossibilitando a manipulação precisa e a previsão dos fenômenos relacionados.

Nas religiões politeístas, os deuses solares ocupavam uma posição de hierarquia privilegiada. Eles induziam um grande respeito e admiração no homem, pois eram tais deuses que lhes dava calor e os iluminavam durante o dia. Em diferentes regiões do mundo, os povos tinham sua maneira de manifestar gratidão ao deus sol, seja com sacrifícios, oferendas ou com orações. (COSTA, 2015).

Logo, foi dessa maneira que durante muito tempo da história humana, diversas civilizações e pessoas buscaram responder perguntas que envolviam fenômenos ópticos, como por exemplo: na mitologia egípcia, o sol não era visto como uma única figura, mas sim como várias figuras, no meio-dia era chamado de Rá, Hórus era o da manhã e Atum o do pôr do sol. Os chineses também construíram suas próprias interpretações, em que o sol era considerado um deus, assim como o céu e a terra. No entanto, com o passar dos anos, algumas civilizações e seres humanos específicos, como Aristóteles (384-322 AC), buscaram na observação sistemática da natureza e da racionalidade, dar respostas que pudessem explicar melhor os fenômenos naturais, a exemplo da óptica. Para Aristóteles, a luz era um estado que era alterado ou não com a presença de um corpo. Os olhos ou os objetos não emitiam luz, os objetos simplesmente alteravam a transparência do meio, os tornando visíveis. Com a contribuição de muitos pensadores e civilizações, o conhecimento da óptica não ficou mais restrito a mitologia e as crenças religiosas, transitando para novas abordagens. Com o passar de muitos séculos, na era moderna, entre os séculos XVII e XVIII, o pensamento científico se aprimorava e novas respostas, mais sistematizadas, eram construídas para tentar responder melhor o que se observava na natureza.

A óptica deu um grande passo no ano de 1604, quando Johannes Kepler (1571-1630) publicou uma obra intitulada *Ad Vitellionem Paralipomena* (Suplemento ao Vitelo). Esta obra tinha tal grandeza que fez com que seu antecessor ficasse quase esquecido. Em seus escritos, Kepler propôs primeiramente explicar de vez o mecanismo do olho

humano. Sua ideia era a seguinte, todo corpo é formado por infinitos pontos e estes pontos emitem raios de luz que chegam aos nossos olhos. (COSTA, 2015).

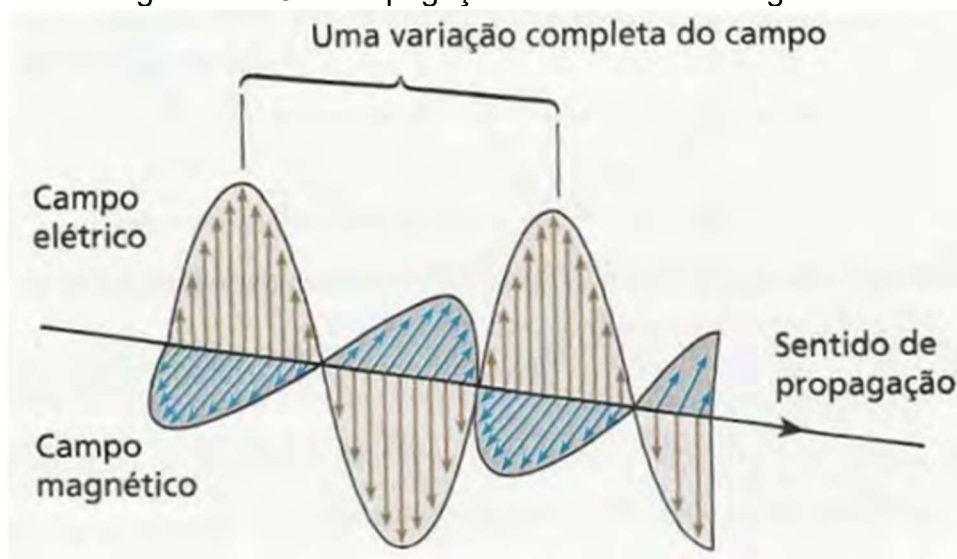
A partir do pensamento científico, os fenômenos naturais passam a ser explicados a partir da razão. Johannes Kepler (1571 - 1630), Galileu Galilei (1564 - 1632), Willebrord Snell (1591 - 1626), Descartes (1596-1650), fizeram estudos com grande relevância para construção dos conhecimentos referentes a óptica, desde a um entendimento mais profundo sobre a natureza da luz e como acontece sua propagação, mas também como a luz interage com a matéria, possibilitando o desenvolvimento de diversas tecnologias que trouxeram significativos avanços para humanidade, a exemplo dos espelhos e das lentes. Neste sentido, este capítulo traz uma breve perspectiva histórica de como se deu o desenvolvimento da óptica ao longo da história, mas também propõe organizar no próximo tópico, os aspectos mais fundamentais do estudo da óptica com aplicação direta neste trabalho.

4.1. Óptica e algumas aplicações

A óptica é um ramo da física de grande importância para o ser humano. Com inúmeras aplicações tecnológicas que abrangem diversas áreas do conhecimento humano, é uma área central para o desenvolvimento de novas tecnologias capazes de melhorar a relação do homem com o mundo. A óptica é aplicada no uso de microscópios na biologia, de telescópios na astronomia, na explicação e correção de problemas visuais, nos equipamentos hospitalares para o tratamento de diversas doenças, como a exemplo do câncer. A palavra "óptica" vem do grego *optiké*, que significa "visão" ou "relativo ao que se pode ver". Dessa forma, podemos definir a óptica como sendo a parte da Física que trata dos fenômenos causados pela luz e suas interações com a matéria. Mas o que seria a luz? Podemos definir a luz como uma energia radiante que se propaga por meio de ondas eletromagnéticas e possui um amplo espectro de comprimentos de onda, cada comprimento de onda está relacionado a um tipo específico de luz, como por exemplos: as ondas de rádio, TV e de radar, raios infravermelhos, luz visível, raios ultravioletas, raios gama etc. É importante ressaltar que nem todos os comprimentos de onda contidos no espectro eletromagnético são visíveis pelos olhos humanos, mas apenas os comprimentos de onda que correspondem a luz visível. As ondas eletromagnéticas se propagam em dois campos variáveis periodicamente, um elétrico e outro magnético, perpendiculares entre si e à direção de propagação da onda. Na Figura E - 25 é possível observar como se dá a propagação da onda eletromagnética. Através do eixo horizontal propagam-se os campos elétrico e magnético, em que o campo elétrico é representado pelas linhas vermelhas e o campo

magnético é representado pelas linhas azuis. Conforme ilustra a figura, a direção de propagação deste campo é da esquerda para direita.

Figura E - 25— Propagação da onda eletromagnética



Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

Durante a história da física, muitas discussões foram realizadas para entender e formalizar a natureza da luz, tendo Isaac Newton (1642-1727) defendido que a luz tem um comportamento corpuscular, ou seja, a luz se comporta como um corpo. Já Christiaan Huygens (1629-1795) defendeu o comportamento ondulatório da luz, ou seja, a luz se comporta como uma onda. No entanto, posteriormente com o avanço da física, a teoria mais aceita no campo científico é a da dualidade onda-partícula da luz, teorizada por Louis de Broglie em 1924, propôs que a luz e outras partículas poderiam ter propriedades de onda. Tendo em vista esse breve relato histórico acerca da natureza da luz, este trabalho não se ocupará em aprofundar os desdobramentos destes conceitos.

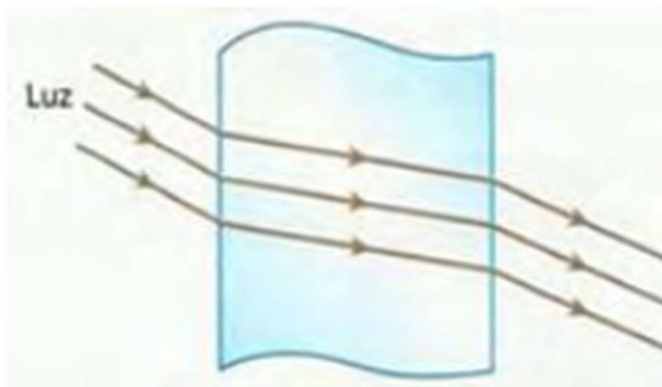
Mas de onde vem a luz? Das fontes de luz! Fontes de luz são todos os corpos dos quais se pode receber luz. Estas fontes podem ser naturais ou artificiais. A principal fonte natural de luz que temos é o sol. Já dentro das fontes artificiais temos principalmente as lâmpadas. Estes corpos podem ser classificados como fontes primárias, quando emitem luz própria, ou secundárias, que enviam a luz que recebem de outras fontes, como é o caso da lua ou planetas. Quando a luz interage com a matéria, muitos fenômenos podem surgir, entretanto, trataremos especificamente alguns destes fenômenos de acordo com os meios de incidência. Podemos classificar os meios em que a luz interage por vários critérios, mas, considerando a capacidade do meio de transmitir a luz, é possível dividir em três tipos principais: translúcidos e meios

opacos.

Os meios transparentes são aqueles que permitem que a luz os atravesse descrevendo trajetórias regulares e bem definidas. O único meio absolutamente transparente é o vácuo. Entretanto, em camadas de espessura não muito grande, também podem ser considerados transparentes o ar atmosférico, a água pura, o vidro hialino e outros. (NEWTON et al, 2007).

Na Figura E - 26 é possível observar a luz, representada pelas linhas vermelhas, incidindo sobre um material transparente e emergindo de forma regular e bem definida.

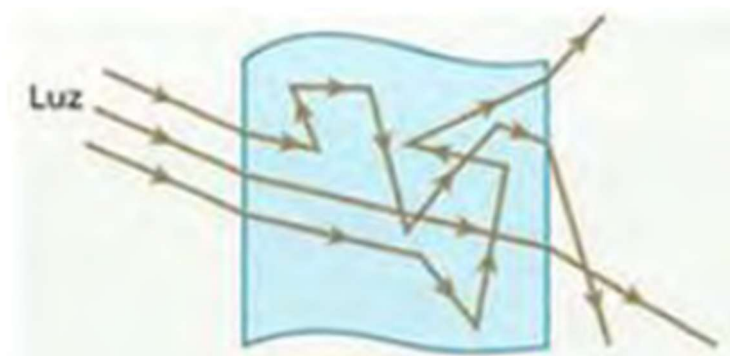
Figura E - 26— Meio de propagação da luz transparente



Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

Meios translúcidos são os meios em que a luz realiza trajetórias irregulares e as partículas do meio causam a difusão da luz, espalhando-a e fazendo com que a imagem fique difuso, sem definição clara, como por exemplo em uma neblina. Na Figura E - 27 é possível observar a luz, representada pelas linhas vermelhas, incidindo em um material translúcido e emergindo de forma irregular, sem definição.

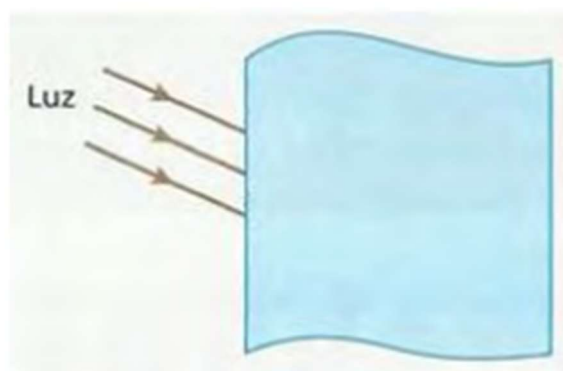
Figura E - 27— Meio de propagação da luz translúcido



Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

Nos meios opacos a luz não se propaga. Depois que a luz incide num meio opaco, a luz é parcialmente absorvida e parcialmente refletida por ele, sendo a parcela absorvida convertida em outras formas de energia, como a energia térmica. Temos exemplos de materiais opacos a madeira, metais, concreto etc. Na Figura E - 28 é possível observar a luz incidindo em um material opaco e não emergindo.

Figura E - 28— Meio de propagação da luz opaco



Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

Como dito anteriormente, a luz é uma onda eletromagnética, no entanto, na natureza não existem somente as ondas eletromagnéticas, assim, cabe uma discussão breve sobre ondulatória e suas principais características. Podemos definir ondas como perturbações que se propagam pelo espaço transportando energia, no entanto, sem transportar matéria. Existem as ondas mecânicas e as ondas eletromagnéticas. As ondas mecânicas se propagam através da matéria, como a água, o ar e os diversos tipos de meios materiais, podendo ser sólidos, líquidos ou gasosos, assim, para que as ondas mecânicas se propaguem pelo espaço é necessário que as

partículas desse meio vibrem. Já as ondas eletromagnéticas, diferente das ondas mecânicas, não necessitam da matéria para se propagar, ela pode se propagar tanto em meios materiais, como em locais que não exista matéria, como é o caso do vácuo do espaço. Tanto as ondas mecânicas, como as ondas eletromagnéticas vão apresentar os seguintes elementos: amplitude, comprimento de onda, velocidade, frequência e período. A amplitude (A) é a distância da posição de repouso, podendo ser vertical ou horizontal, podemos chamar de eixo central, até o ponto mais alto, a crista, ou mais baixo da onda, o vale, estando associada a energia ou intensidade da onda. O comprimento de onda (λ) é a distância, no SI, medida em metros, entre dois pontos correspondentes consecutivos, esses pontos podem ser duas cristas ou dois vales. A frequência (f), dada em Hertz (Hz) no SI, é o número de oscilações ou ciclos completos que a onda executa em um segundo. A equação (9) determina a frequência:

$$f = \frac{1}{T} \quad (27)$$

f é a frequência (Hz) e T é o período (s).

O período (T), dado em segundos (s), é o tempo necessário para que a onda complete um ciclo. O período é o inverso da frequência e sua equação e é dada pela equação (10):

$$T = \frac{1}{f} \quad (28)$$

T é o período (s) e f é a frequência (Hz).

Já a velocidade de onda é a velocidade com que a onda se move através de um meio. A equação da velocidade de onda é dada pela equação (11):

$$v = \lambda \times f \quad (29)$$

No SI, v é a velocidade de onda (m/s), λ é o comprimento de onda (m) e f é a frequência (Hz).

Trataremos agora sobre a refração e a reflexão da luz. A refração da luz é o fenômeno que ocorre quando a luz é transmitida de um meio para outro com propriedades diferentes de forma a provocar alteração na velocidade da propagação. A grandeza física que mede essa redução da velocidade da luz quando ela passa de um meio para outro, chama-se índice de refração. Definimos meio como qualquer material, substância ou ambiente físico no qual a luz se propaga e interage. Segundo Tipler e Mosca (2008), o índice de refração, é definido como a

razão entre a velocidade da luz no vácuo, c , e a velocidade no meio, v . A equação que relaciona a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz no meio é dada pela equação (12):

$$\eta = \frac{c}{v} \quad (30)$$

η é o índice de refração absoluto, c é a velocidade da luz no vácuo, no SI em (m/s) e v é a velocidade da luz no meio, no SI em (m/s). Dessa forma, como a velocidade de propagação da luz no vácuo é c , é possível perceber que a razão terá valor 1, assim, o índice de refração no vácuo, qualquer que seja a frequência da luz, vale 1. Veja na Tabela 1 alguns meios materiais e seus respectivos índices de refração.

Tabela E - 1— Índices de refração de alguns meios materiais

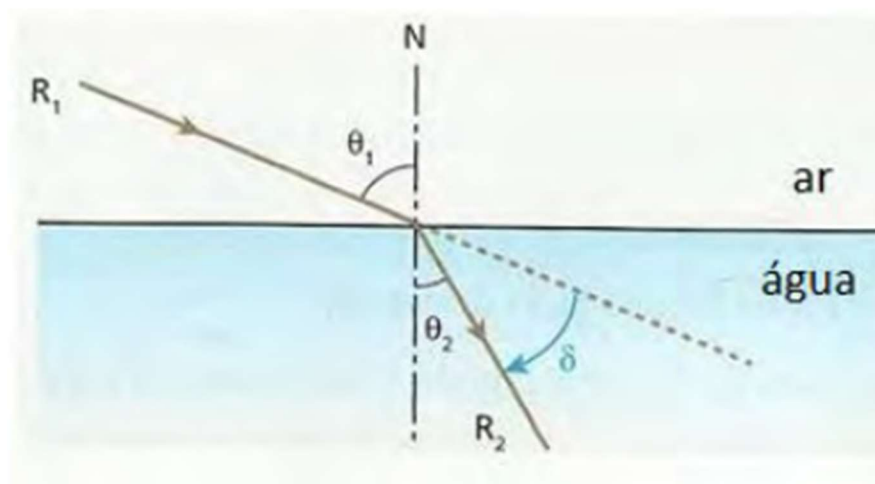
Material	Índice de refração
Ar	1,0003
Água	1,33
Gelo	1,31
Álcool	1,36

Fonte: Brasil Escola, 2026

Na Figura E - 29 observa-se a luz (R1) representada pela linha vermelha, saindo do ar, cujo índice de refração é de 1,0003, conforme a Tabela E - 1, formando assim um ângulo θ_1 em relação ao eixo vertical. O eixo vertical representa a normal (N). A "normal" é uma linha imaginária perpendicular e faz um ângulo de 90° à superfície que a luz incide. Ao incidir sobre a água, cujo índice de refração é de 1,33, conforme a Tabela 1, a luz é refratada com ângulo

θ_2 , alteração a velocidade e direção de propagação, conforme representado por (R2).

Figura E - 29— Refração da luz



Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

A Figura E - 30 traz um exemplo real da luz sofrendo refração ao passar de um meio para outro.

Figura E - 30— Exemplo real da refração da luz

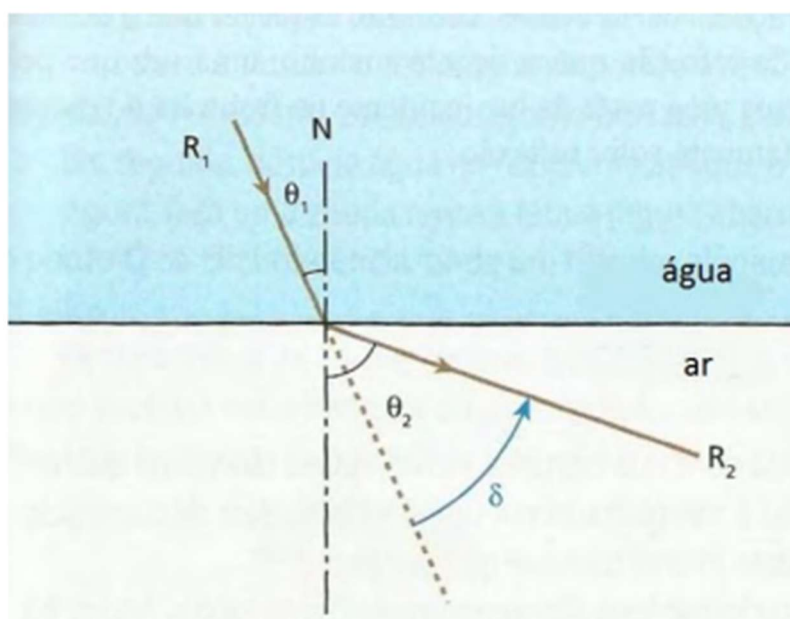


Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

Para determinarmos a intensidade do desvio que a luz sofrerá ao incidir em um meio com índice de refração diferente, é preciso observar a refringência do meio. A refringência de um meio em relação a outro depende do índice de refração de ambos, assim, o meio com maior valor de índice de refração será mais refringente em relação àquele com menor valor. Dessa

forma, conforme ilustra a Figura E - 31, é possível observar um feixe de luz (R1) representado por uma linha vermelha saindo da água, cujo índice de refração é de 1,33, conforme descrito na Tabela E - 1, formando um ângulo θ_1 com a reta normal, emergindo sobre o ar, cujo índice de refração é de 1,0003, conforme descrito na Tabela E - 1, formando um ângulo θ_2 e descrevendo uma nova direção de propagação (R2). Como o índice de refração da água é maior do que o índice de refração do ar, diz-se que a água é mais refrigente do que o ar. Assim, como o feixe de luz sai da água para o ar, ele se afasta da reta normal.

Figura E - 31— Refração da luz e análise da refrigência



Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

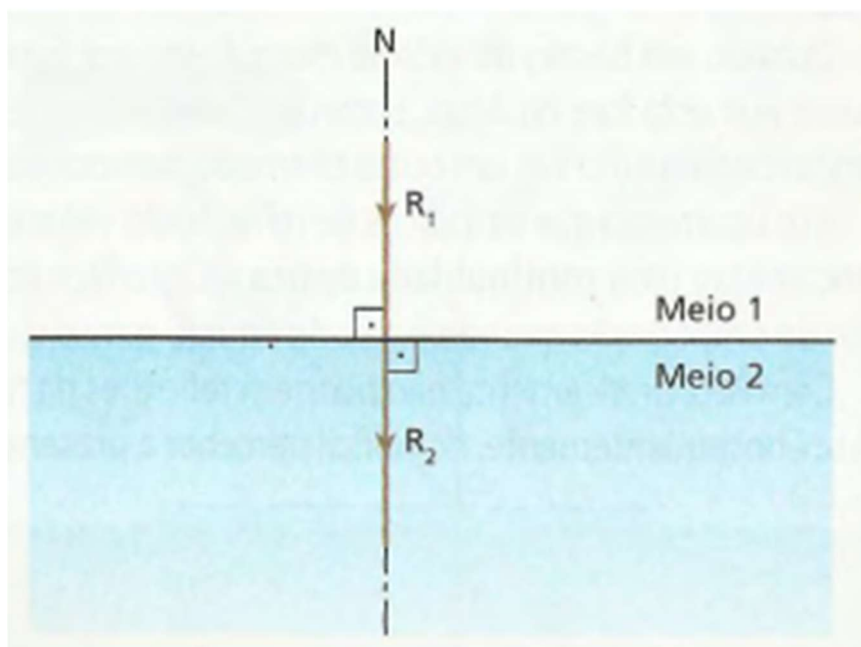
Segundo Walker (2009), a lei da refração diz que o raio refratado está no plano de incidência e tem um ângulo de refração θ_2 que está relacionado com o ângulo de incidência θ_1 . A equação que faz essa relação é dada pela lei de Snell. A lei de Snell é a lei que descreve o comportamento da luz quando ela se propaga entre meios de diferentes índices de refração e é dada pela equação (13).

$$\eta_1 \times \text{seno } \theta_1 = \eta_2 \times \text{seno } \theta_2 \quad (31)$$

Assim, se tivermos um raio incidente com ângulo nulo em relação a normal, não haverá desvio desse raio no meio. A Figura E - 32 ilustra um feixe de luz (R1) representado pela linha vermelha saindo de um meio 1 para um meio 2. O ângulo formado pelo feixe de luz (R1) em relação a normal é nulo, ou seja, $\theta = 0^\circ$, assim o ângulo feixe de luz (R2) em relação a normal

também será nulo. Nesta situação não ocorrerá desvio na direção de propagação da luz, mas a velocidade de propagação pode diminuir ou aumentar, a depender dos meios.

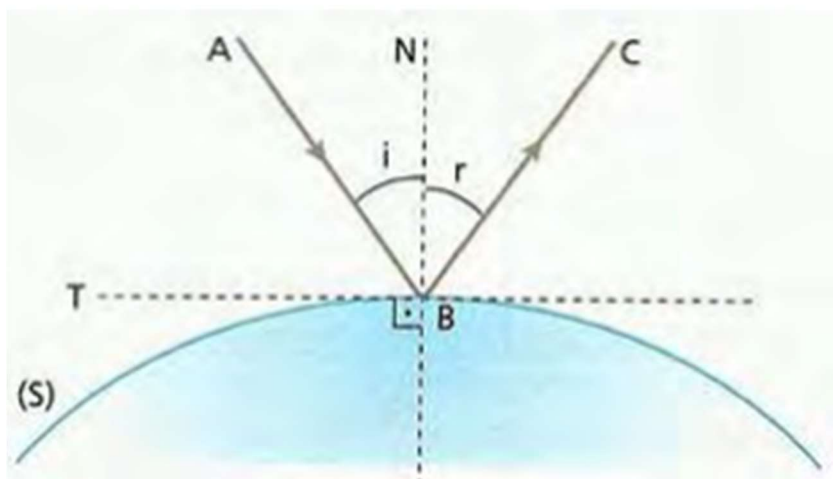
Figura E - 32— Refração com ângulo nulo



Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

Outra propriedade fundamental para o estudo da óptica é a reflexão. Na reflexão, quando a luz incide sobre algum material reflexivo, ou seja, que tem capacidade de refleti-la, ela retornará para o meio de origem. Na Figura E - 33 observa-se um feixe de luz, representado pela linha (A), incidindo em uma superfície reflexiva (S), com um ângulo i em relação a reta normal. O feixe refletido está representado pela linha C, com um ângulo de reflexão r e de mesmo valor de i .

Figura E - 33— Reflexão



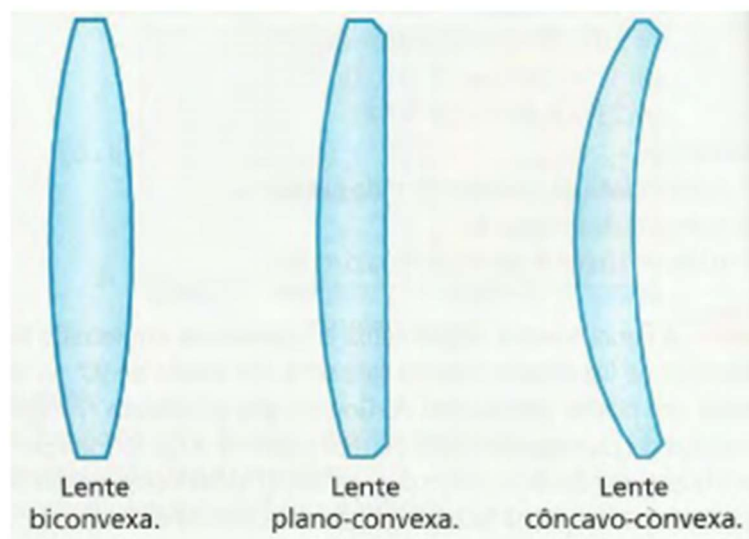
Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

Segundo Walker (2009), a lei da reflexão diz que o raio refletido está no plano de incidência e tem um ângulo de reflexão igual ao ângulo de incidência. Assim,

$$i = r$$

Como foi explanado, a luz interage com a matéria de diferentes maneiras, provocando efeitos luminosos diversos, entretanto aprofundaremos um pouco mais em entender como a luz interage com as lentes. Lentes são corpos transparentes limitados por duas superfícies refratoras com um eixo central em comum. As lentes podem ser fabricadas em vidro, cristal, acrílico etc. As lentes podem ser classificadas em duas grandes categorias distintas, dependendo da espessura da região periférica comparada à espessura da região central: lentes de bordas finas e lentes de bordas grossas. Na Figura E - 34 observa-se as lentes biconvexa, plano-convexa e côncavo-convexa, ambas apresentam as bordas finas como característica.

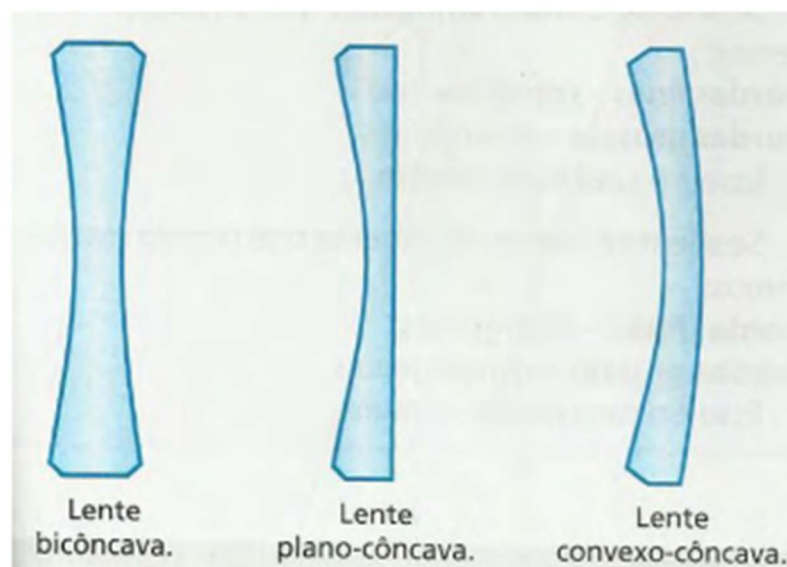
Figura E - 34— Lentes de borda fina



Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

Na Figura E - 35 observa-se lentes bicôncava, plano-côncava e convexo-côncava, ambas apresentam as bordas grossa como característica.

Figura E - 35— Lentes de borda grossa

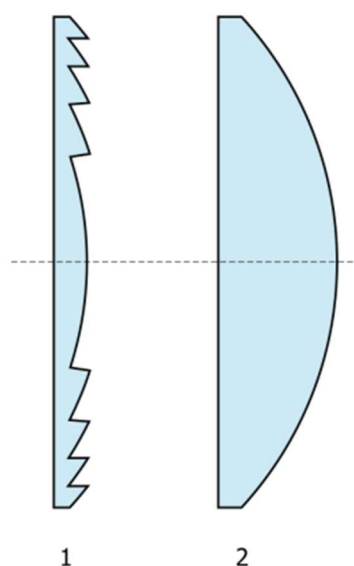


Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

Além das lentes de borda fina e borda grossa, outro tipo de lente de fundamental importância para a física e a tecnologia é a lente de Fresnel. A lente Fresnel é um tipo de lente inventada pelo físico francês Augustin-Jean Fresnel. Esta lente foi criada no intuito de ser utilizada em faróis de sinalização náutica. A sua estrutura possibilita a construção de lentes

de grande abertura e curta distância focal, sem precisar da mesma quantidade de material que uma lente convencional precisaria. Quando comparadas as lentes convencionais, a lente Fresnel é bem mais fina, permitindo passagem de mais luz, trazendo diversas vantagens ópticas, além de serem mais fácil de transportar e manipular. Na Figura E - 36 observa-se duas lentes. Uma lente Fresnel está representada pelo número 1 e uma lente convencional representada pelo número 2.

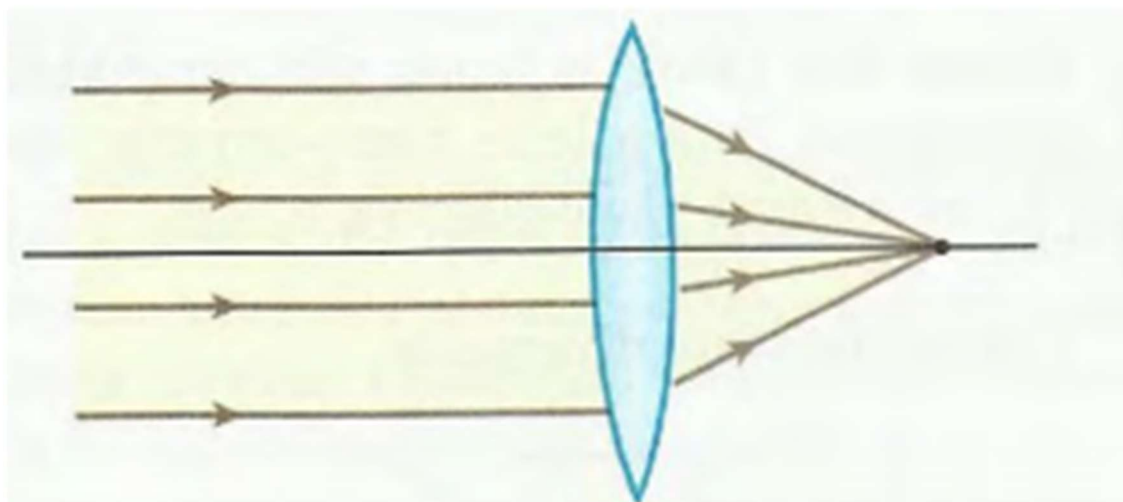
Figura E - 36— Comparação entre uma lente fresnel e uma lente convencional



Fonte: Wikipédia, 2026

Como mencionado anteriormente, quando a luz interage com a matéria é possível observar diferentes fenômenos ópticos a depender do tipo de material. Nas lentes esféricas, cujo ao menos uma das superfícies é curva, podemos observar dois comportamentos ópticos diferentes: o comportamento convergente e o comportamento divergente. Dizemos que é convergente uma lente em que os raios luminosos inicialmente paralelos ao eixo central se aproximem do eixo. Na Figura E - 37 observa-se alguns feixes de luz incidindo sobre a superfície de uma lente biconvexa, que é uma lente que tem as duas as duas faces curvas, fazendo com que a luz que incide em uma das faces, refrate e converge para um único ponto, aproximando-se do eixo central.

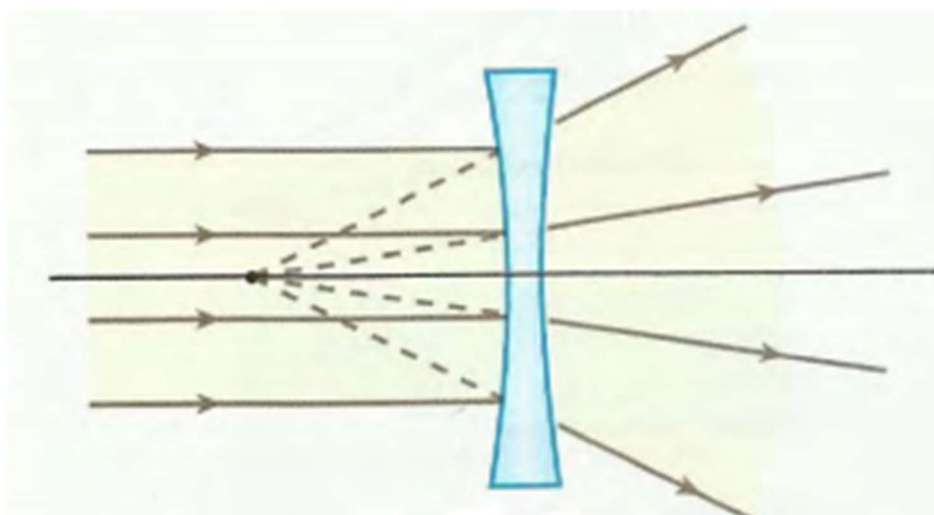
Figura E - 37— Lente biconvexa convergente



Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

Dizemos que é divergente uma lente que faz com que os raios luminosos se afastem desse eixo. Na Figura E - 38 observa-se uma lente bicôncava convergente, alguns feixes de luz incidindo em umas das faces e divergindo ao refratarem na lente, ou seja, afastando do eixo central. Essa lente possui as duas faces côncavas, curvadas para dentro e possui a característica de espalhar a luz que incide em uma das faces.

Figura E - 38— Lente bicôncava convergente



Fonte: NEWTON et al., Tópicos de Física, v. 2, Saraiva, 2007

Neste capítulo tratamos dos pontos mais fundamentais para o estudo da óptica. Como foi discutido, conhecimentos que foram construídos por muitas mãos ao longo de muitas gerações de estudiosos, rendendo diversas tecnologias essenciais para o ser humano.

5.METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentado o percurso metodológico, com a descrição detalhada de cada etapa de aplicação deste produto educacional.

5.1. Percurso metodológico

O desenvolvimento deste produto educacional segue os pressupostos dos Três Momentos Pedagógicos devido ao seu caráter problematizador, proporcionando ao estudante protagonismo na construção do conhecimento.

A educação libertadora é incompatível com uma pedagogia que, de maneira consciente ou mistificada, tem sido prática de dominação. A prática da liberdade só encontrará adequada expressão numa pedagogia em que o oprimido tenha condições de, reflexivamente, descobrir-se e conquistar-se como sujeito de sua própria destinação histórica. (FIORI, 1987, p. 5).

A aplicação desta sequência didática traz como proposta principal a inserção do debate sobre as mudanças climáticas de maneira articulada com a necessidade do desenvolvimento de novos métodos de ensino que sejam inovadores e abordem sustentabilidade nas aulas de física, no intuito de romper com o ensino tradicional, proporcionando um caráter mais interativo, experimental e participativo. Os procedimentos metodológicos adotados como instrumentos dessa sequência didática são: situações-problema, aulas expositivas, listas de exercícios e atividade experimental de baixo custo. Estas abordagens possibilitarão que no decorrer da aplicação da sequência, os três momentos possam ser executados com clareza, permitindo contextualizar os conteúdos aprendidos durante as problematizações, com situações reais vivenciadas no dia a dia.

Este produto educacional foi construído para ser aplicado através de uma sequência didática no intervalo de 13 aulas de 50 minutos cada, de acordo com cada etapa dos 3 MP's. A Tabela E - 2 apresenta detalhadamente o cronograma de aplicação.

Tabela E - 2— Cronograma de aplicação do sequência didática

CRONOGRAMA DE APLICAÇÃO DO SEQUÊNCIA DIDÁTICA A PARTIR DOS TRÊS MOMENTOS PEDAGÓGICOS		
1º MOMENTO (PROBLEMATIZAÇÃO INICIAL)	AULA 1	Aplicação das situações problemas com o uso de imagens e reportagens.
	AULAS 2 E 3	Formação de grupos para construir respostas para as situações-problema. Discussão aberta com os grupos, para que exponham suas explicações para as situações-problema.
2º MOMENTO (ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO)	AULAS 4 E 5	Exposição e explicação dos conceitos físicos da calorimetria, como temperatura, calor, propagação do calor, calor sensível etc. Articulando a exposição às discussões das situações-problema.
	AULAS 6 E 7	Exposição e explicação dos conceitos físicos da óptica, como a luz, fontes de luz, características da luz, ondulatória, reflexão, refração, lentes etc. Articulando a exposição às discussões das situações-problema.
	AULAS 8 E 9	Exposição e explicação dos conceitos de radiação solar:

		solarimetria, estações do ano etc. Articulando a exposição as discussões das situações-problema.
3º MOMENTO (APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO)	AULA 10 E 11	Aplicação da lista de exercícios de vestibular, como o ENEM, para e contextualizar os conceitos estudados.
	AULA 12 E 13	Aplicar atividade experimental de baixo custo, com o uso da Lente Fresnel convergente, calorímetro e líquido (água e óleo). Comparação entre a teoria e a prática dos aspectos físicos da atividade experimental de baixo custo. Análise e discussão.

As situações-problema foram construídas no intuito de contribuir com o mapeamento dos conhecimentos prévios dos estudantes a partir de metodologias ativas de ensino, proporcionando mais interação do estudante com o objeto de estudo, rompendo assim com as metodologias tradicionais, abrindo espaço para a construção coletiva de soluções, com senso crítico e criatividade.

Há indicadores que nos permitem argumentar a favor do currículo por projetos como uma matriz de mudança em potencial para aqueles segmentos da educação que entendem ser necessário recuperar a totalidade do conhecimento e romper com o conservadorismo das práticas pedagógicas repetitivas e acríticas. (KELLER-FRANCO & MASSETTO, 2012, p.12).

Dessa forma, o uso das situações-problema potencializa a realização da problematização inicial dos objetos de conhecimento deste produto, ao permitir que as respostas para estas situações sejam construídas de forma coletiva, crítica e dialogada.

Toda situação que tem por objetivo alcançar uma meta mediante estratégias, raciocínio lógico, modelagem e interpretação. Assim, um problema requer mais do que aplicação de fórmula ou de operações aprendidas nas aulas e passa a existir quando é indispensável interpretar, estruturar e contextualizar a situação (ALVARENGA, ANDRADE & DE JESUS SANTOS, 2016, p.41).

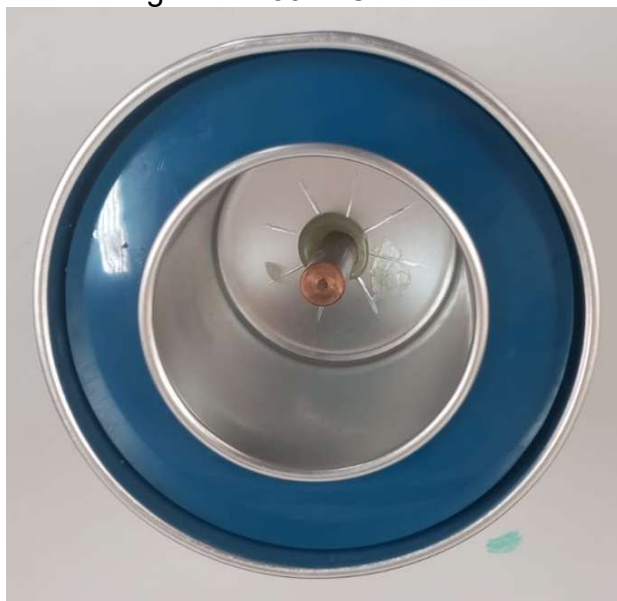
Neste sentido, as situações-problema selecionadas para a problematização inicial desta sequência didática são diretamente alinhadas com os objetos de conhecimento e com as discussões que se espera levantar com os estudantes. Para aplicação e discussão das respostas apresentadas nas situações-problema são necessárias 3 aulas de 50 minutos cada.

A aulas expositivas podem ser realizadas em sala de aula utilizando slides e lousa, para isso sugere-se o tempo de 6 aulas de 50 minutos cada, como foi explanado no cronograma apresentado na Tabela E - 2. As aulas expositivas fazem parte do 2º momento da sequência didática, a organização do conhecimento. A explicação dos conceitos na etapa da organização do conhecimento deve acontecer de forma articulada com a etapa da problematização.

O 3º momento da sequência didática, a aplicação, inicia-se com a aplicação da lista de exercícios com questões de vestibulares relacionadas com os conceitos trabalhados na organização do conhecimento. A aplicação da lista de exercícios acontecerá no período de 2 aulas de 50 minutos. As questões utilizadas propunham colocar em contexto os conceitos estudados, articulando as 3 etapas dessa sequência didática, a problematização, a organização do conhecimento e a aplicação. A lista de exercícios está anexada nesta dissertação.

Para a execução da atividade experimental de baixo custo são necessárias 2 aulas de 50 minutos. Os recursos utilizados foram os seguintes: 1 calorímetro; 1 termômetro culinário; 1 lente Fresnel de 30 cm de diâmetro; 1 bloqueador de luz solar para lente Fresnel de confecção caseira; Água; Óleo. A Figura E - 39, Figura E - 40, Figura E - 41, Figura E - 42 e Figura E - 43 trazem imagens dos recursos utilizados. A lente Fresnel pode ser encontrada em sites de compra na internet por preços variáveis a depender do tamanho, mas ficando em torno de 100,00 reais. Uma alternativa a lente Fresnel pode ser o uso de uma lupa; O termômetro pode ser o culinário, cujo valor é de aproximadamente 10,00 reais; O calorímetro na internet custa aproximadamente 50,00 reais. O calorímetro e o termômetro são facilmente encontrados nas escolas que possuem laboratórios. A lente Fresnel dificilmente é encontrada, mas pode ser substituída pela lupa, que por sua vez é mais fácil de encontrar.

Figura E - 39— Calorímetro



Fonte: Acervo pessoal

Figura E - 40— Termômetro culinário



Fonte: Acervo pessoal

Figura E - 41— Lente Fresnel



Fonte: Acervo pessoal

Figura E - 42— Bloqueador de luz solar de confecção caseira



Fonte: Acervo pessoal

Figura E - 43— Copo com óleo a esquerda e copo com água a direita



Fonte: Acervo pessoal

Este experimento foi desenvolvido pelo autor da pesquisa, sendo uma proposta inovadora para o aquecimento ou cozimento de alimentos. Esta proposta de experimento foi apresentada pelo autor ao programa do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte da sequência didática na qualificação do projeto.

A aplicação da parte experimental deve acontecer em dois momentos, conforme demonstrado na Tabela E - 3Tabela 3.

Tabela E - 3— Detalhamento da aplicação da atividade experimental de baixo custo

OBJETIVO	Esta tabela tem por objetivo medir e verificar a aplicação da atividade experimental de baixo custo, como a variação de temperatura de um líquido quando exposto a uma determinada quantidade de radiação solar por um período; a quantidade de energia transmitida pela lente Fresnel de acordo com a área exposta a luz solar; verificação da eficiência do processo de transmissão da energia; verificação da eficiência do aquecimento do líquido levando em consideração as perdas para o ambiente; entre outros aspectos transversais;		
1º MOMENTO	Aplicação teórica para verificar a variação de temperatura da água e do óleo, quando expostos a luz solar com o uso da lente Fresnel. Levando	Aplicação com diâmetro total da lente. Diâmetro da lente: 30 cm.	Medida da variação da temperatura da água através da diferença entre as temperaturas final e inicial.
			Medida da variação da temperatura do óleo através da diferença entre as temperaturas final e inicial.

	em consideração a radiação solar média da região, de forma simulada.	Aplicação com o bloqueador da luz solar. Diâmetro lente com bloqueador: 15 cm.	Medida da variação da temperatura da água através da diferença entre as temperaturas final e inicial.
			Medida da variação da temperatura do óleo através da diferença entre as temperaturas final e inicial.
2º MOMENTO	Aplicação real para verificação prática da variação de temperatura da água e do óleo, quando estes eram expostos a luz solar com o uso da lente Fresnel por um determinado período.	Aplicação com diâmetro total da lente. Diâmetro da lente: 30 cm.	Medida da variação da temperatura da água através da diferença entre as temperaturas final e inicial.
			Medida da variação da temperatura do óleo através da diferença entre as temperaturas final e inicial.
		Aplicação com o bloqueador da luz solar. Diâmetro lente com bloqueador: 15 cm.	Medida da variação da temperatura da água através da diferença entre as temperaturas final e inicial.
			Medida da variação da temperatura do óleo através da diferença entre as temperaturas final e inicial.

Estes dois momentos para a execução do experimento foram idealizados para permitir que os estudantes observem que nem toda luz que incide sobre a lente Fresnel (Figura E - 41) é de fato transmitida para o líquido, além disso, embora o sistema térmico utilizado (calorímetro adiabático) conserve uma parte da energia térmica, parte da energia térmica absorvida é perdida para o ambiente ao redor por propagação. A 2ª lei da termodinâmica diz que “nenhuma máquina térmica pode converter integralmente todo o calor em trabalho”, contudo, compreendo que a parte da segunda lei não se aplica, pois o calorímetro não é uma máquina térmica no sentido preciso da segunda lei, já que o isolamento térmico do calorímetro não é perfeito.

O experimento será realizado em 2 momentos distintos, alterando propriedades como: a área da lente Fresnel e o líquido utilizado, conforme destacado na Tabela E - 3.

Para executar o experimento, deve-se considerar a irradiação média da região onde está localizada a sua cidade, conforme estabelecido nos mapas solarimétricos do Atlas Solarimétrico do Brasil, da Cresesb Figura E - 15.

Para definir a quantidade de energia que iria incidir sobre a lente, realiza-se o cálculo da área da Lente Fresnel (Figura E - 41) a partir da equação (14):

$$A = \pi \times r^2 \quad (32)$$

No SI, A é a área da lente em metros quadrados (m^2), π é o símbolo pi, que equivale a aproximadamente 3,14 e r^2 é o raio da lente em metros quadrados (m^2). Entretanto a fórmula pode ser aplicada em qualquer unidade de comprimento.

Após definir a área da Lente Fresnel (Figura E - 41) que serão experimentadas, no caso, 30 cm de diâmetro e 15 cm de diâmetro, conforme demonstrado na Tabela E - 3. Calcula-se agora a quantidade de energia solar que irá incidir sobre a lente. Para isso utiliza-se a equação (15):

$$Energia\ total = Densidade\ de\ energia \times Área \quad (33)$$

A energia total é dada em kWh, a densidade de energia é dada por kWh/m² e a área da lente em m².

Sabendo a quantidade de energia que irá incidir sobre a lente, é necessário converter essa energia em calorias, para isso utilizaremos uma regra de três simples, a irradiação média de 1 kWh convertida em calorias será aproximadamente 860.000 calorias. Assim, para encontrar a quantidade de energia em calorias, é necessário definir a irradiação média da sua região. Para realizar a conversão, multiplique a quantidade de energia em kWh por 860.000 cal. Dessa forma, dada pela equação (16)

$$kWh \times 860.000\ cal \quad (34)$$

Assim, para definirmos a quantidade de energia total em calorias que irá incidir sobre a área lente, dada em metros quadrados (m^2), através de uma regra de três podemos definir a

quantidade de calor que irá incidir sobre a área da lente em questão pela equação (17):

$$\frac{1 \text{ kWh/m}^2}{\text{Área da lente (m}^2\text{)}} = \frac{860.000 \text{ cal}}{x \text{ cal}} \quad (35)$$

Assim, temos a relação entre a energia solar recebida por unidade de área, em kWh e seu equivalente em calor. Este cálculo costuma ser utilizado para encontrar a energia total captada por uma lente ou painel. O lado esquerdo da equação define a densidade de energia e a área de energia em kWh e o lado direito define a mesma proporção em calor (cal).

Assim, a Área da lente, substitui-se pelo valor da área encontrada no cálculo da área para a lente de diâmetro de 30 cm e utilizando o bloqueador solar (Figura E - 42), perfazendo assim um diâmetro de 15 cm.

Para determinar a variação de temperatura que uma determinada quantidade de água ou óleo terá quando exposto por um determinado período à lente, utilizaremos a equação (6) do calor sensível, dada por:

$$Q = m \times c \times \Delta t$$

Q é a quantidade de calor em calor (cal), m a massa em gramas, c o calor específico da substância e Δt a variação de temperatura, em °C. Sabendo ainda que a variação da temperatura Δt é a temperatura final menos a temperatura inicial ($\Delta t = t_f - t_i$), temos a equação (18),

$$Q = m \times c \times (t_{\text{final}} - t_{\text{inicial}}) \quad (36)$$

Assim, conseguimos definir qual a variação de temperatura que a água e/ou óleo sofrerá quando exposto a esta quantidade de energia em calor (cal).

Para a realização deste experimento vamos considerar que a lente transmita 100% da energia solar que incide sobre ela, no entanto, a transmitância, que é a capacidade da lente transmitir a luz, gira em torno de 90%, ou seja, 90% da luz que incide sobre a lente é transmitida para o outro meio.

A partir da obtenção dos dados na atividade experimental de baixo custo, foi proposto aos estudantes que fizessem os cálculos, a análise e apresentassem de forma descritiva a que

conclusão chegaram em relação aos dados obtidos e ao experimento de modo geral.

Assim, estes foram os conjuntos de técnicas e métodos utilizados para a aplicação desta sequência didática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABC da engenharia: HSP - Hora de Sol Pleno. **Construção+**, [s. l.], 27 ago. 2020. Disponível em: <https://www.construcaomais.com/post/abc-da-engenharia-hsp-hora-de-sol-pleno>. Acesso em: 29 jan. 2026.

ALBUQUERQUE, K. B.; SANTOS, P. J. S.; FERREIRA, G. K. Os Três Momentos Pedagógicos como metodologia para o ensino de Óptica no Ensino Médio: o que é necessário para enxergarmos? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 32, n. 2, p. 461-482, ago. 2015. Disponível em: Portal de Periódicos UFSC. Acesso em: 29 jan. 2026.

ALVARENGA, K. B.; ANDRADE, I. D.; DE JESUS SANTOS, R. Dificuldades na resolução de problemas básicos de matemática: um estudo de caso do agreste sergipano. **Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, [s. l.], v. 12, n. 24, p. 39-52, 2016.

ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; FERRAZ, M. H. M. “Experiências” e “experimentos” alquímicos e a experimentação de Hermann Boerhaave. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (org.). **O saber fazer e seus muitos saberes: experimentos, experiências e experimentações**. São Paulo: Editora Livraria da Física; EDUC; Fapesp, 2006.

AMEND, Thora *et al.* **Uma Grande Pegada num Pequeno Planeta?** Contabilidade através da Pegada Ecológica. Ter sucesso num mundo com crescente limitação de recursos. In: DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT (GIZ). **A sustentabilidade tem muitas faces**. [S. l.]: GIZ, 2010.

ARTAXO, Paulo. Mudanças climáticas e a transversalidade do conhecimento. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 76, n. 3, p. 01-04, jul. 2024. Disponível em: SciELO - Ciência e Cultura. Acesso em: 29 jan. 2026.

ARTAXO, Paulo. Mudanças climáticas: caminhos para o Brasil. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 74, n. 4, p. 1-8, out./dez. 2022. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v74n4/v74n4a13.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2026.

BBC NEWS BRASIL. **COP29: o que é, quais as causas e como a mudança climática afeta o mundo**. BBC News Brasil, 5 dez. 2023. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/c72r70vjgi7o>. Acesso em: 29 jan. 2026.

BONFIM, Danúbia Damiana Santos; COSTA, Priscila Carozza Frasson; NASCIMENTO, William Júnior do. A abordagem dos três momentos pedagógicos no estudo de velocidade escalar média. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 1, p. 187-197, 2018. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID465/v13_n1_a2018.pdf. Acesso em: 29 jan. 2026.

BRAZIL GHI Solar-resource-map lang-PT GlobalSolarAtlas World-Bank-Esmap-Solargis. **Wikimedia Commons**, [s. l.], 2026. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Brazil_GHI_Solar-resource-map_lang-PT_GlobalSolarAtlas_World-Bank-Esmap-Solargis.png. Acesso em: 29 jan. 2026.

CALORIMETRIA: diagrama de fases, gás ideal, termodinâmica. **Colégio CCREI**, [s. l.],

[202-?]. Disponível em:

https://www.ccrei.com.br/web3gestor/arquivos/81/%20Calorimetria_diagrama%20de%20fases_gas%20ideal_termodinamica.pdf. Acesso em: 29 jan. 2026.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. **Atlas solarimétrico do Brasil**: banco de dados solarimétricos. Recife: UFPE, 2000. Disponível em:

https://cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Atlas_Solarimetrico_do_Brasil_2000.pdf. Acesso em: 29 jan. 2026.

CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO DE SALVO BRITO. **Energia Solar - Fotovoltaica**. Rio de Janeiro: CRESEB/CEPEL, [2024?].

Disponível em: cresesb.cepel.br/pt/cid=311. Acesso em: 29 jan. 2026.

COMO cozinhar sem fogo no laboratório. **Superinteressante**, [s. l.], 31 out. 2016. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/como-cozinhar-sem-fogo-no-laboratorio/>. Acesso em: 29 jan. 2026.

COSTA, I. F. DA .; MAROJA, A. DE M.. Astronomia diurna: medida da abertura angular do Sol e da latitude local. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 1, 2018.

COSTA, Ronald Rodriguez. **O desenvolvimento da óptica**: da antiguidade à idade contemporânea. Orientador: Carlos Renato de Carvalho. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/2892/1/Ronald%20Rodriguez%20Costa%20nov15.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2026.

DELIZOICOV, Demétrio; ANGOTTI, José André; PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de ciências**: fundamentos e métodos. São Paulo: Cortez, 2002.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1990.

ECHER, E.; SOUZA, M. P.; SCHUCH, N. J.. A Lei de Beer Aplicada na Atmosfera Terrestre. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 3, p. 276–283, set. 2001.

ENTENDA as estações do ano pela orientação da Terra. **Hipercultura**, [s. l.], 2026. Disponível em: <https://www.hipercultura.com/entenda-as-estacoes-do-ano-pela-inclinacao-da-terra/>. Acesso em: 29 jan. 2026.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido**. 66. ed. Rio de Janeiro/São Paulo: Paz e Terra, 2018.

FIORI, Ernani Maria. **Textos escolhidos**: metafísica e história. Porto Alegre: L&PM, 1987. v. 1.

GEODESIGN EQUIPAMENTOS E LTDA. **GeoDesign Recurso Solar**. [s. l.], 2026. Disponível em: <https://recursosolar.geodesign.com.br/energiasolar.html>. Acesso em: 29 jan. 2026.

GODOY, Arilda Schmidt. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **RAE - Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-63, 1995. Disponível em: rae.fgv.br. Acesso em: 29 jan. 2026.

HELERBROCK, Rafael. **Índice de refração**. Brasil Escola, [2026]. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/indice-de-refracao.htm>. Acesso em: 30 jan. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Guajeru (BA)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2026. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ba/guajeru.html>. Acesso em: 29 jan. 2026.

IPCC. **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [S. l.]: Cambridge University Press, 2022. Disponível em: www.ipcc.ch. Acesso em: 29 jan. 2026.

LAMIM-GUEDES, V. Pegada ecológica: consumo de recursos naturais e meio ambiente. **Educação Ambiental em Ação**, [S. l.], n. 38, ano X, 2011. Disponível em: <http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=1168>. Acesso em: 25 de maio de 2026.

LENGERT, Mathias. Aquecimento global pode superar a meta de 1,5 grau lamentam principais cientistas climáticos do mundo. **Instituto Humanitas Unisinos**, São Leopoldo, 14 maio 2024. Disponível em: <https://ihu.unisinos.br/categorias/639544-os-principais-cientistas-climaticos-do-mundo-esperam-que-o-aquecimento-global-ultrapasse-a-meta-de-1-5-c>. Acesso em: 29 jan. 2026.

LENTE de Fresnel. In: **Wikipédia: a enciclopédia livre**. [S. l.]: Wikimedia Foundation, 2024. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/w/index.php?title=Lente_de_Fresnel&oldid=68611476. Acesso em: 29 jan. 2026.

MARTINS, Roberto de Andrade. **A história do conceito de calor**. São Paulo: Livraria da Física, 2012.

MASSETO, M. Competência pedagógica do professor universitário. 2. ed. São Paulo: Summus, 2012.

MATRIZ energética. **Empresa de Pesquisa Energética – EPE**, [s. l.], 2026. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 29 jan. 2026.

MOREIRA, M. A.. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20200451, 2021.

OIT: **Educação climática é fundamental para garantir empregos do futuro**. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/125620-oit-educa%C3%A7%C3%A3o-clim%C3%A1tica-%C3%A9-fundamental-para-garantir-empregos-do-futuro>. Acesso em: 29 jan. 2026.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D.. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro "Física". **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 20, n. 3, p. 617–638, jul. 2014.

NEWTON et al, Tópicos de Física Vol. 2: Termologia, Ondulatória, Óptica. São Paulo, SP, Editora Saraiva, (2007), 18ª edição.

ONU alerta que o ciclo mundial da água está se tornando cada vez mais imprevisível; entenda consequências. **O Globo**, Rio de Janeiro, 7 out. 2024. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/mundo/clima-e-ciencia/noticia/2024/10/07/onu-alerta-que-ciclo-mundial-da-agua-esta-se-tornando-cada-vez-mais-imprevisivel-entenda-consequencias.ghtml>. Acesso em: 29 jan. 2026.

PIRES, D. P. L.; AFONSO, J. C.; CHAVES, F. A. B.. A termometria nos séculos XIX e XX. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 101–114, 2006.

POYNTING, Mark. Aquecimento global: os gráficos que mostram como 2024 foi o ano mais quente já registrado. **BBC News Brasil**, 10 jan. 2025. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/czj3yem097po>. Acesso em: 29 jan. 2026.

PRÉDIO “derrete” Jaguar com reflexo do sol na Inglaterra. **G1**, [s. l.], 3 set. 2013. Disponível em: <https://g1.globo.com/planeta-bizarro/noticia/2013/09/predio-derrete-jaguar-com-reflexo-do-sol-na-inglaterra.html>. Acesso em: 29 jan. 2026.

ROTAÇÃO e Translação: veja os principais movimentos da Terra. **Blog do Enem**, [s. l.], 2026. Disponível em: <https://blogdoenem.com.br/terra-principais-movimentos-geografia-enem/>. Acesso em: 29 jan. 2026.

SESTARI, Fabiane Beatriz; GARCIA, Isabel Krey; SANTAROSA, Maria Cecília Pereira. **Ações interdisciplinares no ensino de Física: pressupostos teóricos e revisão da literatura**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 38, n. 2, p. 883-913, ago. 2021. Disponível em: periodicos.ufsc.br. Acesso em: 29 jan. 2026.

SILVA, Ana Paula Bispo; FORATO, Thaís Cyrino de Mello; GOMES, José Leandro de A. M. Costa. Concepções sobre a natureza do calor em diferentes contextos históricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 3, p. 574-601, dez. 2013. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5165536.pdf>. Acesso em: 29 jan. 2026.

TEVINI, M. (ed.). **UV-B Radiation and Ozone Depletion: Effects on Humans, Animals, Plants, Microorganisms, and Materials**. Boca Raton: Lewis Publishers, 1993.