

PRODUTO EDUCACIONAL

CALOR E EFEITO ESTUFA: UMA APRENDIZAGEM MULTIDISCIPLINAR

GISSELI LOVISON COSTA

Produto Educacional da Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo UEM, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

ORIENTADORA: Profa. Dra. Hercília Alves Pereira de Carvalho

Maringá – PR
2023

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá - PR, Brasil)

C837c

Costa, Gisseli Lovison

Calor e efeito estufa : uma aprendizagem multidisciplinar / Gisseli Lovison Costa. --
Maringá, PR, 2023.
53 f.

Acompanha a dissertação de mestrado: Calor e efeito estufa. 154 f.
Orientadora: Profa. Dra. Hercília Alves Pereira de Carvalho.
Produto Educacional - Mestrado Profissional - Universidade Estadual de Maringá,
Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, Programa em Mestrado Nacional
Profissional em Ensino de Física (MNPEF), 2023.

1. Ensino de física. 2. Energia. 3. Mudanças climáticas. I. Carvalho, Hercília Alves
Pereira de , orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Centro de Ciências Exatas.
Departamento de Física. Programa em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de
Física (MNPEF). III. Título.

CDD 23.ed. 530.07

APRESENTAÇÃO

O presente trabalho é uma proposta de Produto Educacional definida por uma sequência didática para o estudo de calor e efeito estufa destinada ao Ensino Médio. A sequência é formada por sete aulas de cem minutos cada, composta por várias atividades, tais como: aulas expositivas sobre os conceitos relacionados ao calor e ao efeito estufa, leitura de textos compartilhados pelos alunos como um apoio à explicação dos conteúdos, pesquisas realizadas em *sítes* de busca durante as aulas, retomada de conteúdos questionando os estudantes sobre os conteúdos trabalhados, simuladores computacionais sobre as formas de propagação de calor e como gases de efeito estufa influenciam a temperatura terrestre, experimentos sobre a forma de transmissão de calor e como gases de efeito estufa (dióxido de carbono) absorvem as ondas de infravermelho alterando a temperatura da Terra. Esta proposta utilizou a Teoria de Aprendizagem Significativa criada por David Ausubel, aplicando questionários inicial e final para comparação entre os conhecimentos prévios e os conhecimentos novos após a aplicação da sequência didática. A maior parte do texto aqui apresentado é o mesmo da referência COSTA, G. L. (2023).

Maringá, outubro de 2021
Gisseli Lovison Costa

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	4
1. SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	5
2. OBJETIVO GERAL.....	8
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
4. METODOLOGIA.....	9
4.1 – Aula 01 – Detectando os subsunçores.....	9
4.2 – Aula 02 – Temperatura, Calor e suas formas de propagação.....	12
4.3 – Aula 03 – continuação Calor e suas formas de propagação.....	23
4.4 – Aula 04 – Calor e Energia Solar.....	30
4.5 – Aula 05 – Efeito Estufa e Conceitos Básicos.....	33
4.6 – Aula 06 – Radiação do Infravermelho.....	39
4.7 – Aula 07 – Revisão do Conteúdo e Aplicação do Questionário Final.....	45
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
REFERÊNCIAS.....	46
APÊNDICE – TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	48
ANEXO – CIRCUITO E PROGRAMAÇÃO ARDUÍNO UNO.....	50

INTRODUÇÃO

Diante da dificuldade que estudantes, do ensino médio, apresentam ao estudar e compreender conceitos da disciplina de Física, motivados por aulas expositivas que valorizam apenas as equações matemáticas, propomos trabalhar a propagação de calor por meio de uma sequência didática que contempla várias atividades, visando a teoria de aprendizagem significativa proposta por Ausubel (Apêndice 1). Os principais pontos dessa teoria aqui utilizada é a detecção dos conhecimentos prévios denominados de subsunçores, para servir como ancoramento para os novos conhecimentos a serem adquiridos. Quando o aluno não apresentar o conhecimento prévio introduzir materiais potencialmente significativos ligados ao conteúdo para que ele os adquira. Um ponto principal é que o aluno precisa ter predisposição a aprender. (MOREIRA, 2012).

A presente proposta ainda contempla: leituras de textos, pesquisas, simuladores e experimentos conectando os conceitos envolvidos com o efeito estufa que foram estruturados em uma sequência didática baseados nas referências: Zabala (1998) e Oliveira (2013).

Entre os principais temas da Educação Ambiental (Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica Ambiental – Brasil, 2012) para o século XXI está a temática das mudanças climáticas e aquecimento global. O aquecimento global é um tema multidisciplinar cuja abordagem completa requer contribuições de diversas disciplinas para a discussão tanto dos aspectos políticos, sociais, econômicos e éticos envolvidos, como os científicos (JUNGES *et. al*, 2018).

Neste trabalho o entendimento da causa do aquecimento global tem como foco a compreensão da transmissão de energia por meio da radiação de forma simplificada e introdutória, de maneira que o estudante compreenda o efeito estufa na regulação da temperatura do planeta.

O estudo inicia com o conceito de calor e as suas formas de propagação, realizando experimentos e simulações que têm potencial de contribuir na aprendizagem deste conteúdo. Posteriormente foram abordados os conceitos sobre Intensidade de energia solar, albedo, temperatura de equilíbrio, temperatura média de superfície e a composição química da atmosfera, comparando os dados dos planetas Terra e Vênus. Na sequência, a absorção da radiação na faixa do comprimento de

onda do infravermelho, utilizando simuladores que facilitam a visualização e compreensão desses fenômenos.

Para observação e comprovação de que os gases de efeito estufa (dióxido de carbono) efetivamente aumentam a capacidade da atmosfera em absorver radiação infravermelha, realizou-se um experimento por meio de um programa de desenvolvimento de Arduino, que permite perceber a concentração de dióxido de carbono em uma câmara de gás, o aumento da absorção de infravermelho e a variação de temperatura, causando desequilíbrio no balanço da energia do planeta, resultando no aquecimento global.

1. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Segundo Zabala (1998) sequência didática é um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que tem um princípio e um fim conhecidos tanto pelo professor como pelos alunos.

Para Oliveira (2013) sequência didática é um procedimento simples que compreende um conjunto de atividades conectadas entre si e prescinde de um planejamento para delimitação de cada etapa e/ou atividade para trabalhar os conteúdos disciplinares de forma integrada para melhor dinâmica no processo de ensino-aprendizagem.

No entanto, somente as atividades não são suficientes para garantir a aprendizagem, o professor deve organizá-las de forma significativa, intervindo pedagogicamente, ou seja, percebendo a realidade da aula, o planejamento, a aplicação e avaliação.

Zabala (1998) afirma que além das sequências didáticas, também contribuem para a análise da prática educativa: a comunicação e vínculos existentes na sala de aula, a organização social da aula, a utilização dos espaços e do tempo, a maneira de organizar os conteúdos, os materiais curriculares, os recursos didáticos e a avaliação.

Desse modo, cabe ao professor organizar estratégias que permitam e favoreçam a aprendizagem, considerando que o conteúdo proposto seja alcançado pelos estudantes. Podendo desafiar, dirigir, propor e comparar situações que

favoreçam diferentes aprendizagens, considerando os diversos conhecimentos prévios existentes em cada aluno.

Cada estudante tem sua construção pessoal relacionada ao conhecimento e aprendizagem de diferentes conteúdos. O professor pode intervir no processo de aprendizagem e nas dificuldades manifestadas pelo aluno, diminuindo o conflito entre o que se sabe e o que se deve saber.

Oliveira (2013) considera alguns passos para a elaboração de uma sequência didática: a escolha do tema, a problematização do tema a ser desenvolvido, planejamento dos conteúdos, objetivos a serem alcançados, determinação da sequência de atividades, considerando o cronograma, o material didático, a integração entre cada atividade e avaliação dos resultados.

Zabala (1998) aponta que em uma sequência didática devem existir atividades:

- Que permitam detectar os conhecimentos prévios;
- Cujos conteúdos devem ser propostos de forma que sejam significativos e funcionais;
- Adequadas ao nível de desenvolvimento de cada aluno;
- Que considerem suas competências atuais e as façam avançar, criando zonas de desenvolvimento proximal;
- Promovam um conflito cognitivo e promovam a atividade mental do aluno para que se estabeleçam relações entre os novos conhecimentos e os conhecimentos prévios;
- Que sejam motivadoras em relação à aprendizagem dos novos conhecimentos;
- Que estimulem a autoestima e o autoconhecimento em relação às aprendizagens que se propõem;
- Que permita ao aluno ser cada vez mais autônomo.

Zabala (1998) reconhece a existência de diferentes sequências didáticas afirmando que não há uma melhor que a outra, mas que se faz necessário reconhecer as possibilidades e as carências de cada uma, dependendo do tipo de conteúdo a ser desenvolvido, que pode ser conceitual, procedimental ou atitudinal.

Na aprendizagem conceitual os conteúdos e princípios abordados pelo professor devem ser trazidos para o mundo real das ideias, a fim de que se possa utilizá-los para a interpretação de situações corriqueiras (ZABALA, 1998), sendo constituídos por fatos, acontecimentos, dados, conceitos e princípios.

Os conteúdos procedimentais incluem habilidades técnicas, mas admitem também estratégias de raciocínio e habilidades. É um conjunto de ações ordenadas e com uma finalidade, dirigidas para a realização de um objetivo.

Considerando as diferentes culturas dos estudantes, conteúdos atitudinais englobam uma série de conteúdos que agrupam valores, atitudes e normas. Para Zabala (1998) valores são os princípios ou ideias éticas que permitem às pessoas emitirem um juízo sobre as condutas e sentido. Atitudes são a forma como cada pessoa realiza sua conduta de acordo com valores determinados. Normas são padrões de comportamento que devem ser seguidos em determinadas situações que obrigam a todos os membros de um grupo social.

Assim, Zabala (1998) e Oliveira (2013) defendem que a sequência didática contribui para a prática do cotidiano em sala de aula, sendo desenvolvida considerando a perspectiva do ensino de conteúdos por meio de atividades sequenciadas, organizadas, com objetivos explicados para os alunos, motivadoras em relação à aprendizagem, permitindo a autonomia e a construção de novos saberes e conhecimentos.

A sequência didática (Quadro 1) elaborada é composta por uma diversidade de atividades que se articulam para oportunizar aos alunos uma aprendizagem significativa baseada na Teoria de Aprendizagem Significativa apresentada no Apêndice 1.

Quadro 1. Proposta da sequência didática.

CRONOGRAMA	DESENVOLVIMENTO
Aula 01	- Aplicação do questionário prévio.
Aula 02	- Leitura de texto 01: O calor como Energia; - Simulação: Transferência de Calor Transferência de Calor por Condução: Energy2D. V3.03: <i>examples/conduction1.e 2D</i> Transferência de Calor por Convecção: Energy2D. V3.03: <i>examples/natural-convection-temperature.e 2D</i> Transferência de Calor por Radiação: Energy2D. V3.03: <i>examples/concovie.e 2D</i>
Aula 03	- Experimentos sobre as formas de transmissão de calor e discussão sobre as observações; - Leitura do texto 02: Calor e Garrafa Térmica
Aula 04	- Leitura do texto 03: Efeito Estufa;

	<ul style="list-style-type: none"> - Exposição de conteúdo: Intensidade de Energia Solar; Energia Refletida (albedo); Taxa de Energia Absorvida; Taxa de Energia Emitida; Temperatura de Equilíbrio; Temperatura Média de Superfície; Lei de Stefan-Boltzmann; - Dedução da equação; - Atividade.
Aula 05	<ul style="list-style-type: none"> - Leitura do texto 04: Efeito Estufa: Conceitos Básicos; - Exposição de conteúdo: Gases de Efeito Estufa; Radioatividade na faixa de comprimento do infravermelho; Lei de Wien; Espectroscopia do infravermelho; Espectroscopia do infravermelho na molécula de dióxido de carbono; - Pesquisa sobre frequência e comprimento de ondas eletromagnéticas; - Simulação do efeito estufa, disponível no site PHET: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpj/greenhouse/latest/greenhouse.html?simulation=greenhouse&locale=pt_BR.
Aula 06	<ul style="list-style-type: none"> - Leitura do texto 05: Efeito Estufa e Aquecimento Global - Exposição de conteúdo; - Experimento utilizando o programa Arduino IDE, análise e conclusão do experimento.
Aula 07	<ul style="list-style-type: none"> - Retomada dos conteúdos estudados e aplicação do questionário final.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

2- OBJETIVO GERAL

Promover Aprendizagem Significativa sobre o conceito de calor, propagação de calor e a Física envolvida no efeito estufa, sendo esse fenômeno responsável pelo Aquecimento Global, para alunos do Ensino Médio.

3 - OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Que o aluno entenda sobre calor e suas formas de propagação, comparando a física estudada na sala de aula com fenômenos cotidianos;
- Trabalhar metodologias diversificadas, promovendo indícios de uma aprendizagem significativa sobre os conteúdos abordados;
- Desenvolver a leitura de textos;
- Debater sobre o fenômeno Efeito Estufa e o Aquecimento Global;
- Compreender a física envolvida no fenômeno do Efeito Estufa;
- Por meio de simuladores computacionais e experimentos, entender os fenômenos estudados;

4 - METODOLOGIA

A sequência didática conforme apresentado no Quadro 1 está composta por sete dias de aulas de cem minutos cada, desenvolvida iniciando com a aplicação de um questionário inicial para a investigação dos conhecimentos prévios dos alunos, aulas expositivas sobre os conceitos relacionados ao calor e ao efeito estufa, leitura de textos compartilhada entre os alunos como um apoio à exposição dos conteúdos, pesquisas realizadas em *sites* de busca durante a aula, revisão de conteúdos questionando os estudantes sobre os conteúdos trabalhados, simuladores computacionais de uso livre sobre as formas de propagação de calor e como gases de efeito estufa influenciam a temperatura terrestre, experimentos sobre a forma de transmissão de calor e como gases de efeito estufa (dióxido de carbono) absorvem as ondas de infravermelho, alterando a temperatura da Terra, conduzindo ao aquecimento global.

Este Produto Educacional foi desenvolvido e aplicado em uma escola pública do estado do Paraná com alunos do 1º ano do Ensino Médio do período matutino, no ano de 2021. Na turma havia 27 alunos matriculados. COSTA, G. L. (2023).

A seguir apresentam-se os Planos e o desenvolvimento de cada aula

4.1 – Aula 01 – Detectando os subsunçores

No Quadro 3 está apresentado o Plano da Aula 01.

Quadro 3. Plano de Aula 01

AULA 01
Duração: 100 minutos.
Conteúdos: Apresentação do Produto Educacional e aplicação do questionário.
Objetivos: Apresentar o Produto Educacional, responder o questionário inicial, verificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema a ser trabalhado.
Metodologia: Será explicado sobre o Produto Educacional e aplicado o questionário inicial. Na aplicação por meio do ensino remoto será utilizado o aplicativo Aula Paraná, disponibilizando o <i>link</i> da videochamada por meio do aplicativo <i>Google Meet</i> .
Referências Bibliográficas: BÔAS, N.V. Óptica . São Paulo: Objetivo, 1-68p.

LUZ, A.M.R. da, ÁLVARES, B.A., GUIMARÃES, C.C. **Física: contexto & aplicações: ensino médio**. 2. Ed. São Paulo: Scipione, 2016.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Desenvolvimento da Aula 01

Após a apresentação do tema a ser trabalhado. Aplicou-se o questionário contendo nove questões para detectar os conhecimentos prévios que os alunos possuem sobre o assunto, e analisar se há a necessidade de inserir organizadores prévios durante a aplicação.

QUESTIONÁRIO INICIAL

1) Em um recipiente há dois frascos A e B. O frasco A com 40 mL de água e o B com 20 mL de água, ambos na temperatura ambiente. Colocando-os sobre uma chama, de modo que recebam a mesma quantidade de calor, após determinado tempo antes de entrar em equilíbrio térmico nota-se que:

- a) O frasco A apresenta temperatura maior que o frasco B.
- b) O frasco B apresenta temperatura maior que o frasco A.
- c) Ambos apresentam a mesma temperatura.
- d) O frasco B recebeu mais calor que o frasco A.

Resposta: B

2) Explique por que os aparelhos de ar-condicionado geralmente são instalados no alto e as lareiras embaixo?

Resposta: O ar quente sendo menos denso sobe, logo, o ar frio, mais denso, desce, formando correntes de convecção. A densidade é menor devido ao aumento da agitação térmica das moléculas e átomos movendo-se mais rapidamente e aumentam o espaço entre moléculas/átomos, expandindo o fluido de forma que o volume aumenta e a densidade diminui. E o processo oposto para maior densidade.

3) Uma colher metálica é colocada em uma panela sobre a chama de um fogão. Após algum tempo a colher está quente. Como você explica?

Resposta: O fato ocorre em razão da condução térmica na qual ocorre transferência de calor da panela para a colher, e pelo fato de os metais serem bons condutores térmicos.

4) Imagine a situação: Você está saindo de casa em um dia de verão com uma roupa preta. Sua avó, ao te ver, fala: “Hoje está muito quente, coloca uma camiseta clara”. Você sabe explicar o porquê desta recomendação?

Resposta: O tecido da cor clara refletirá energia, enquanto que o tecido de cor escura absorverá maior energia. Pois a cor preta absorve todos os comprimentos de onda e a cor branca reflete todos os comprimentos de onda.

5) Em dias de frio intenso é possível nos aquecermos em uma fogueira. Qual o processo de propagação de calor envolvido?

Resposta: Propagação de calor por meio da radiação.

6) A temperatura do café se mantém aproximadamente constante no interior de uma garrafa térmica perfeitamente vedada. Como você explica esse isolamento?

Resposta: A garrafa térmica é constituída por duas camadas, feitas de um material isolante térmico, sendo a camada interna de vidro. Cada parte da garrafa tem uma função:

- A garrafa térmica é constituída por duas camadas feitas de um material isolante térmico, sendo a camada interna de vidro. O vácuo entre as camadas evita que ocorra o processo de propagação de calor por condução, pois esse processo necessita de um meio material para se propagar;
- As superfícies espelhadas das camadas internas evitam que aconteça troca de calor por radiação, pois refletem as ondas de calor mantendo a temperatura;
- A tampa impede a troca de calor por convecção, impedindo contato entre o ar e o líquido no interior da garrafa.

Assim, a garrafa térmica conserva a temperatura do líquido em seu interior por mais tempo.

7) Sobre o Aquecimento Global, o que causa esse fenômeno?

Resposta: O aquecimento Global corresponde ao aumento da temperatura média terrestre devido à intensificação dos gases de efeito estufa resultante das práticas humanas.

8) Sobre o efeito estufa, você sabe descrever o que é esse fenômeno?

Resposta: O efeito estufa é um fenômeno natural, responsável por manter a temperatura da Terra adequada, permitindo a existência de vida no planeta. Quando os raios solares atingem a atmosfera, devido à camada de gases de efeito estufa, parte da radiação atinge a superfície terrestre, aquecendo-a e irradiando calor, a outra parte é refletida. Os gases de efeito estufa absorvem a energia irradiada pela Terra. Com o aumento desses gases, maior quantidade de calor está sendo retida na atmosfera, resultando no aumento da temperatura planetária.

9) O fenômeno Efeito Estufa é prejudicial para a vida na Terra?

Resposta: O efeito estufa é responsável por manter a temperatura da Terra adequada para a existência da vida. No entanto, com o aumento da emissão de gases de efeito estufa, essa temperatura está aumentando, resultando no aquecimento global.

Sugere-se a correção e registrar se os alunos possuem o conhecimento prévio (subsunçores) sobre o assunto. Caso não os tenha pode-se acrescentar os organizadores prévios para auxiliar na aquisição dos mesmos.

4.2 – Aula 02 – Temperatura, Calor e suas formas de propagação

No Quadro 4 está apresentado o Plano da Aula 02.

Quadro 4. Plano de aula 02

AULA 02
Duração: 100 minutos.
Conteúdos: Calor, Temperatura e as Formas de Propagação de Calor.
Objetivos: compreensão do conceito de calor, temperatura e as formas de propagação de calor.
Metodologia e recursos didáticos: Disponibilizando o <i>link</i> da videochamada por meio do aplicativo <i>Google Meet</i> e partindo dos conhecimentos prévios dos estudantes analisados no questionário inicial, com o auxílio do texto: O Calor como Energia, expor o conteúdo sobre calor, suas formas de propagação e temperatura. Realizar simulações sobre as formas de transferência de calor por meio do programa de simulação: <i>Energy2D1 – Interactive Heat Transfer Simulations for Everyon do National Science Foundation – The Concord Consortium (EUA)</i> . Transferência de Calor por condução: Energy2D. V3.03:examples/conduction1.e2D. Transferência de Calor por Convecção: Energy2D. V3.03:examples/natural-convection temperature.e2D. Transferência de Calor por Radiação: Energy2D.V3.03:examples/concovie.e2D.
Referências Bibliográficas: LUZ, A.M.R.; ÁLVARES, B.A.; GUIMARÃES, C.C. Física : contexto e aplicações: ensino médio. Página 57. 2. Ed. São Paulo: Scipione, 2016. HALLIDAY, D. Fundamentos de física, volume2 : gravitação, ondas e termodinâmica. 10. Ed. Rio de Janeiro, LTC: 2020. Energy2D. V3.03:examples/conduction1.e2D. Energy2D. V3.03:examples/natural-convection temperature.e2D. Energy2D.V3.03:examples/concovie.e2D.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Desenvolvimento da Aula 02

Para a compreensão do conteúdo sugere-se iniciar com o Texto 1.

TEXTO 1 - O calor como Energia: a teoria do calórico

Quando analisamos o conceito de equilíbrio térmico observamos que se dois objetos à temperaturas diferentes são colocados em contato, eles atingem, após um certo tempo, a mesma temperatura. Até o início do século XIX os cientistas explicavam esse fato supondo que todos os objetos continham, em seu interior, uma substância fluida, invisível, de massa desprezível, denominada calórico. Quanto maior fosse a temperatura de um objeto, maior seria a quantidade de calórico em seu interior.

De acordo com esse modelo, quando dois objetos à temperaturas diferentes eram colocados em contato, haveria passagem de calórico do objeto mais quente para o mais frio, acarretando diminuição de temperatura do primeiro e aumento na temperatura do segundo. Quando os objetos atingiam a mesma temperatura, o fluxo de calórico era interrompido e eles permaneceriam, a partir daquele instante, em equilíbrio térmico.

Apesar de esta teoria explicar satisfatoriamente muitos fenômenos, alguns físicos mostravam-se insatisfeitos com certos aspectos fundamentais da ideia do calórico, o que levou à sua substituição por outra mais adequada, na qual o calor é considerado uma forma de energia.

A ideia de que o calor é energia foi introduzida por Rumford, um engenheiro militar que em 1798 trabalhava na perfuração de canos de canhão. Observando o aquecimento das peças ao serem perfuradas, Rumford percebeu que era possível atribuir esse aquecimento ao trabalho que era realizado contra o atrito na perfuração. Em outras palavras, a energia empregada na realização daquele trabalho era transferida para as peças, provocando a elevação de suas temperaturas. Portanto, a antiga ideia de que os objetos mais aquecidos possuíam maior quantidade de calórico começava a ser substituída pela concepção de que esses objetos possuem, realmente, maior quantidade de energia.

A divulgação dessa hipótese provocou muitas discussões entre os cientistas do século XIX. Alguns deles realizaram experiências que vieram a confirmar as suposições de Rumford. Entre eles, devemos destacar James P. Joule (1818-1889), pois foram experiências realizadas por ele que acabaram estabelecendo, definitivamente, que o calor é uma energia.

Atualmente, considera-se que quando a temperatura de um objeto é aumentada, a energia que ele possui em seu interior, denominada energia interna, também aumenta. Se esse objeto é colocado próximo ou em contato com outro de temperatura mais baixa, haverá transferência de energia do primeiro para o segundo. Essa energia é denominada calor. Portanto, o conceito de calor passou a ser o seguinte: Calor é a energia transferida de um

objeto para outro em virtude, unicamente, de uma diferença de temperatura entre eles, de forma espontânea.

Existem três mecanismos de transferência de energia na forma de calor: condução, convecção e radiação.

Se deixarmos uma panela com cabo no fogo, por algum tempo, o cabo fica tão quente quanto a região que está próxima ao fogo. A energia é transferida da panela para o cabo por condução. Os elétrons dos átomos da panela vibram intensamente por causa da temperatura a que estão expostos. Essas vibrações e a energia associada são transferidas para o cabo por colisões entre os átomos.

Convecção é um tipo de transferência de energia que ocorre entre fluidos. Quando um fluido entra em contato com um objeto cuja temperatura é maior, a temperatura da parte do fluido que está em contato com o objeto (de maior temperatura) aumenta e parte desse fluido se expande, ficando menos densa. Como o fluido expandido é mais leve do que o fluido que o cerca, que está mais frio, a força de empuxo o faz subir. O fluido mais frio escoar para tomar o lugar do fluido mais quente que sobe, e o processo pode continuar indefinidamente.

Um sistema e um ambiente podem trocar energia por meio de ondas eletromagnéticas. As ondas eletromagnéticas que transferem calor são chamadas de radiação térmica. Quando nos aproximamos de uma fogueira, há um aquecimento por meio da radiação térmica proveniente do fogo, ou seja, nossa energia térmica aumenta ao mesmo tempo em que a energia térmica do fogo diminui. Não sendo necessário um meio material para que o calor transferido por radiação se propague. O calor do Sol chega até a Terra através do vácuo.

A radiação emitida por um corpo devido à sua temperatura também é chamada de radiação térmica. Todo corpo emite esse tipo de radiação para o meio, e dele a absorve. Se um copo está mais quente que o meio, irá se esfriar, porque sua taxa de emissão de energia excede a taxa de absorção. Quando o equilíbrio térmico é atingido essas taxas ficam iguais.

Fontes: LUZ, A.M.R.; ÁLVARES, B.A.; GUIMARÃES, C.C. **Física: contexto e aplicações: ensino médio**. Página 57. 2. Ed. São Paulo: Scipione, 2016.
HALLIDAY, D. **Fundamentos de física, volume2: gravitação, ondas e termodinâmica**. 10. Ed. Rio de Janeiro, LTC: 2020.

Após a leitura do Texto 1 reforçar os conceitos que nele estão apresentados,

- Temperatura é a medida do grau de agitação térmica das moléculas que um corpo possui, e para sua aferição utiliza-se o termômetro ou um termopar;
- Calor é a energia transferida de um objeto para outro em virtude, unicamente, de uma diferença de temperatura entre eles, de forma espontânea.

- Equilíbrio térmico é um ponto do processo termodinâmico em que após algum tempo dois corpos de diferentes temperaturas em contato atingem a mesma temperatura, a partir deste instante o calor deixa de existir pois não haverá mais transferência de energia entre eles.

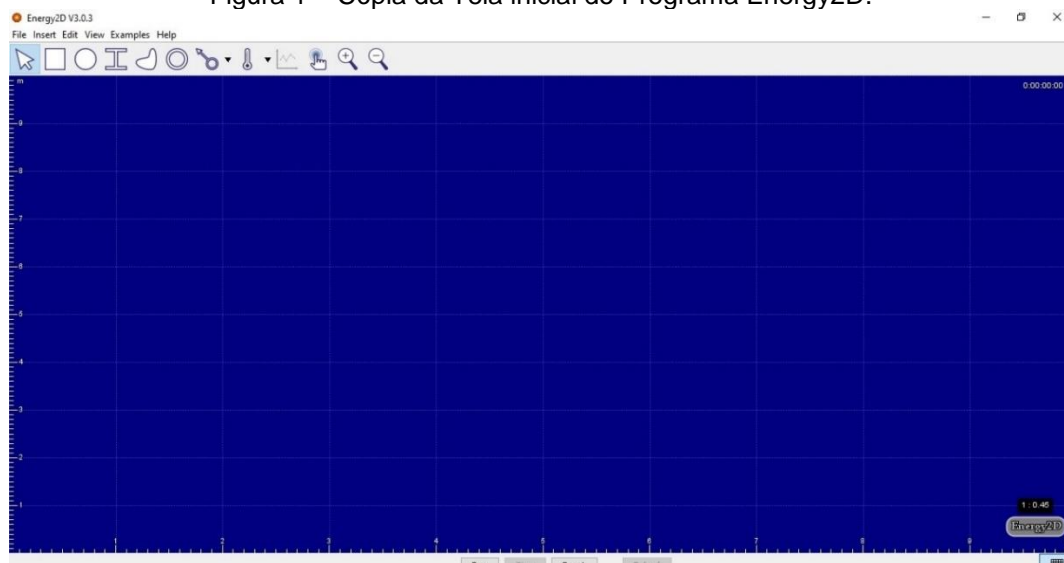
Para a explicação sobre as formas de propagação de calor, utilizar primeiramente os simuladores juntamente com a parte contida no Texto 1 sobre o conteúdo.

SIMULADORES

Realização da simulação sobre as formas de propagação de calor por meio do programa Energy2D – *Interactive Heat Transfer Simulations for Everyone (Simulações Interativas de Transferência de Calor)* do *National Science Foundation – The Concord Consortium (EUA)*. Esse programa pode ser baixado e instalado no computador do link: <https://energy.concord.org/energy2d/download.html>. Utilizar um projetor para a apresentação. No estado do Paraná, pode-se utilizar o conjunto Educatron que contém uma tv tela plana de 43 polegadas que pode ser acoplada ao computador e a *internet* entre outras recursos.

O simulador Energy2D permite elaborar outras simulações, mas neste trabalho é utilizado os disponíveis nos exemplos. Após a instalação, a tela inicial do programa é como a apresentada na Figura 1.

Figura 1 – Cópia da Tela inicial do Programa Energy2D.



Fonte: Programa Energy2D1 – Interactive Heat Transfer Simulations for Everyone do National Science Foundation – The Concord Consortium (EUA).

No programa ENERGY2D1, são apresentados exemplos de simulações de Convecção, Condução e Radiação (Figura 2) entre outros.

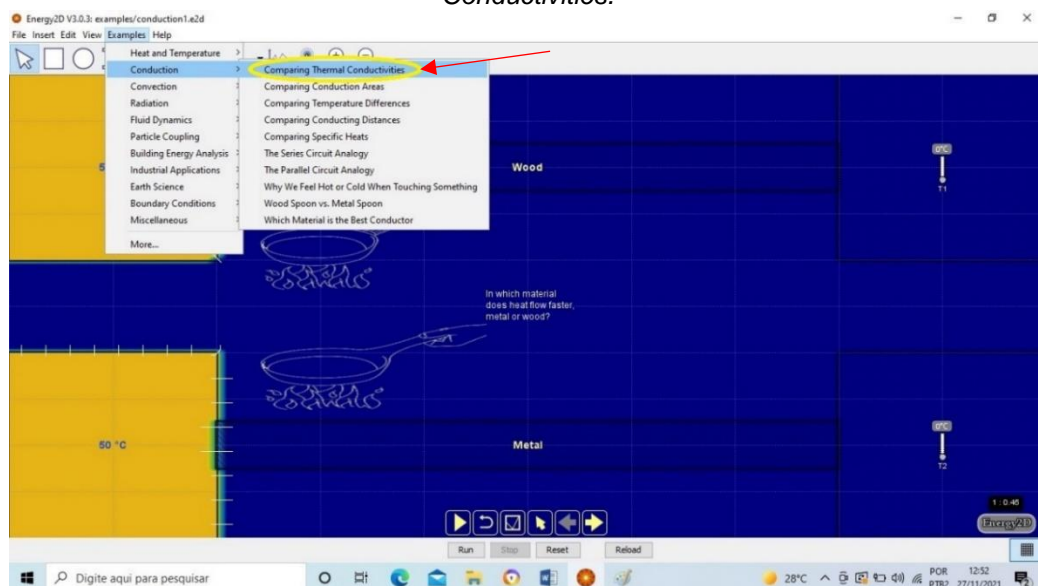
Figura 2 – Cópia da tela do Energy2D1. Selecionando a aba *Examples* (Exemplos).



Fonte: Programa Energy2D1 – Interactive Heat Transfer Simulations for Everyone do National Science Foundation – The Concord Consortium (EUA)

- **Na simulação de Propagação de Calor por Condução**
- No programa *Energy2D1. V3.03:examples/conduction1.e2d*, primeiramente abra a aba *Examples* (exemplos) e selecione clicando com o *mouse* no primeiro item *Conduction* (condução) e clique na opção *Comparing Thermal Conductivities* (comparando condutividades térmicas) circulado em amarelo no alto da tela e indicado pela seta em vermelho, conforme é observado na Figura 3.

Figura 3 – Tela do Energy2D1. Selecionando: *Examples, Conduction, Comparing Thermal Conductivities*.



Fonte: Programa Energy2D1 – Interactive Heat Transfer Simulations for Everyone do National Science Foundation – The Concord Consortium (EUA)

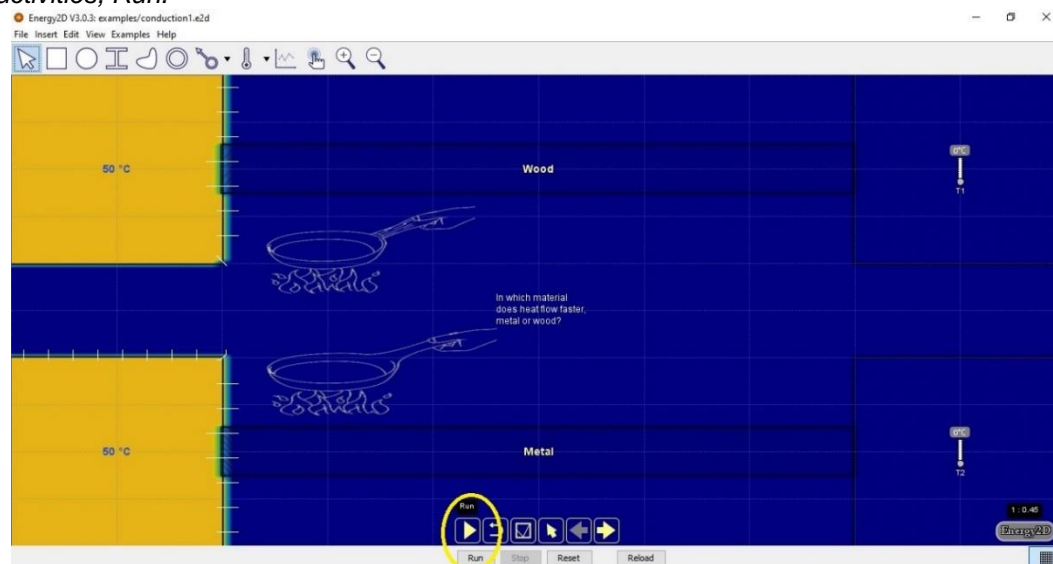
Nesta função do simulador será trabalhado a parte do Texto 1 que diz:

“Se deixarmos uma panela com cabo no fogo, por algum tempo, o cabo fica tão quente quanto a região que está próxima ao fogo. A energia é transferida da panela para o cabo por condução. Os elétrons dos átomos da panela vibram intensamente por causa da temperatura a que estão expostos. Essas vibrações e a energia associada são transferidas para o cabo por colisões entre os átomos. “

Para apresentar de forma visual o contido no texto sobre o processo de condução de calor, no simulador aparecerá na parte superior uma panela com cabo de madeira (*wood*) e outra abaixo com cabo de metal (*metal*), e há a seguinte questão no meio: Qual dos materiais o calor irá fluir mais rapidamente, o de metal ou de madeira? Ambos estarão inicialmente a 50°C. E a direita há um termômetro, inicialmente zerados, para cada cabo.

Para responder à questão apresentada, após a seleção do exemplo de condução de calor coloque o programa para rodar, clicando sobre o comando *run* na parte inferior da tela indicada pelo círculo em amarelo conforme é apresentado na Figura 4.

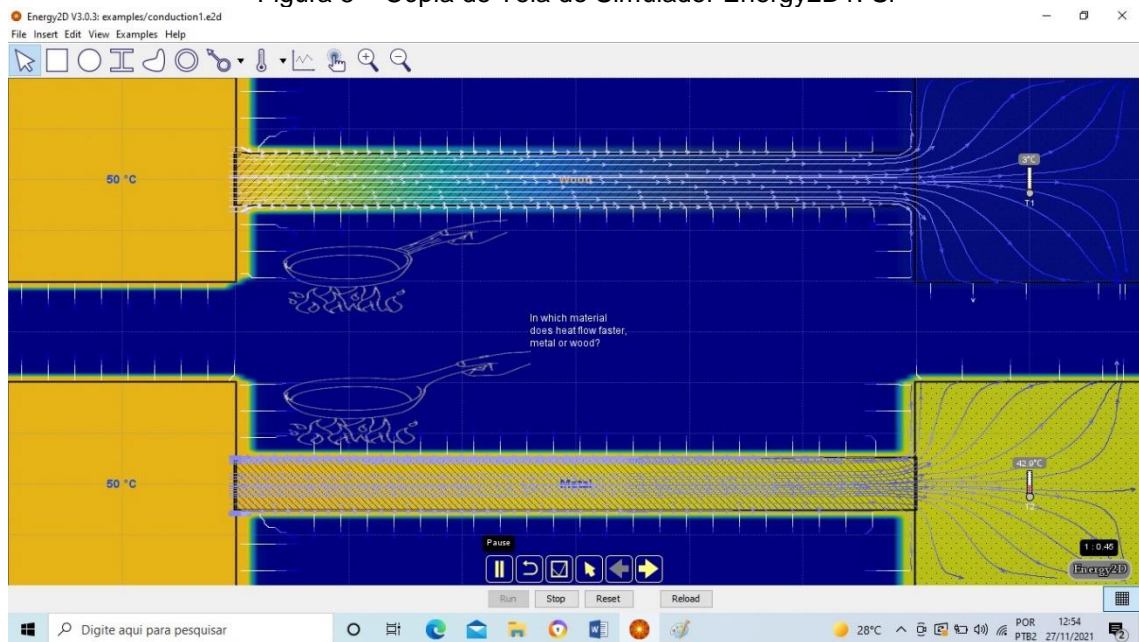
Figura 4 – Cópia da tela do Energy2D1. Selecionando: *Examples, Conduction, Comparing Thermal Conductivities, Run*.



Fonte: Programa Energy2D1 – Interactive Heat Transfer Simulations for Everyone do National Science Foundation – The Concord Consortium (EUA)

A Figura 5 apresenta uma cópia de tela da simulação final obtida no programa Energy2D1. Indicando a propagação de calor ocorrida.

Figura 5 – Cópia de Tela do Simulador Energy2D1. Si



Fonte: Programa Energy2D1 – Interactive Heat Transfer Simulations for Everyone do National Science Foundation – The Concord Consortium (EUA)

Observa-se que o cabo de metal atinge a temperatura de 50°C mais rapidamente, pois neste instante o cabo de madeira apresenta 23,5°C.

Para repetir o experimento clique na parte inferior da tela no ícone *reset* indicado com uma seta de retorno.

Também pode-se observar o “fluxo” de calor que ocorre durante a transferência de calor para cada material, e que ocorre de forma mais rápida para a panela com cabo de metal respondendo a questão apresentada no simulador.

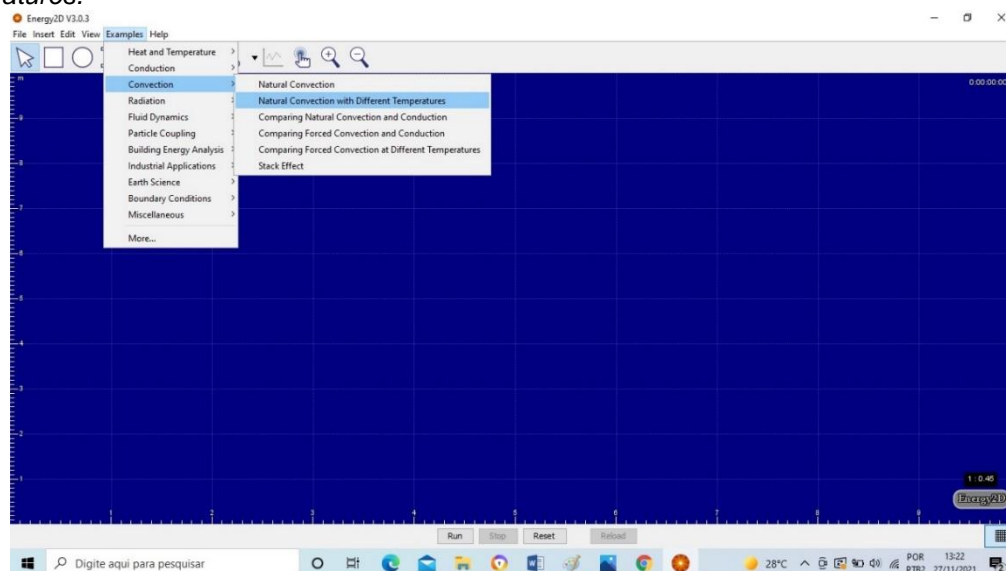
- **Simulador de Propagação de Calor por Convecção**

Para explicar com o simulador a seguinte parte do Texto 1:

“Convecção é um tipo de propagação de energia que ocorre entre fluidos. Quando um fluido entra em contato com um objeto cuja temperatura é maior, a temperatura da parte do fluido que está em contato com o objeto (de maior temperatura) aumenta e parte desse fluido se expande, ficando menos denso. Como o fluido expandido é mais leve do que o fluido que o cerca, que está mais frio, a força de empuxo o faz subir. O fluido mais frio escoar para tomar o lugar do fluido mais quente que sobe, e o processo pode continuar indefinidamente.”

Selecione na aba *examples* (exemplos) o item *Convection* (convecção) e depois *natural convection with different temperatures* (convecção natural com diferentes temperaturas), a tela apresentada é a da Figura 6.

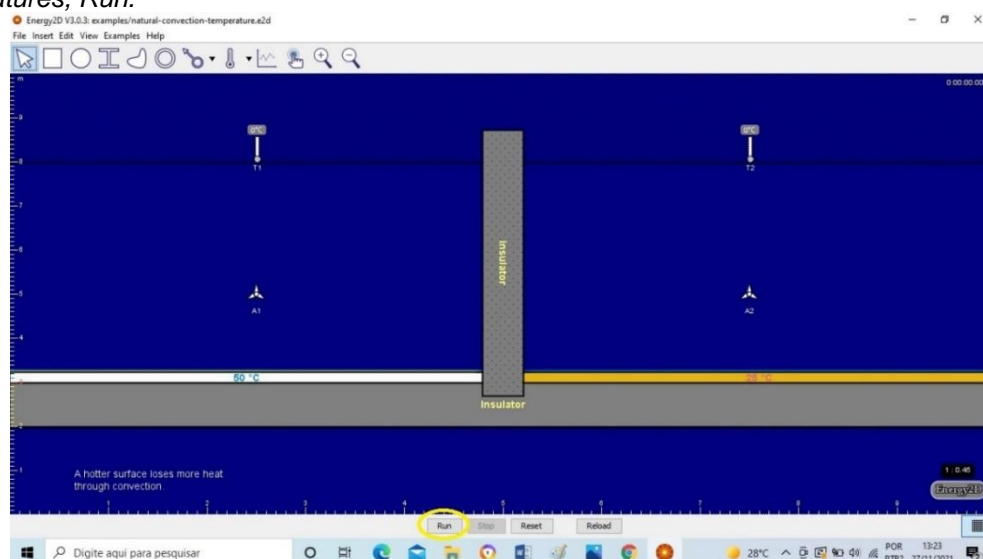
Figura 6 – Cópia de Tela do Energy2D1, *Examples, convection, Natural Convection With Different Temperatures*.



Fonte: Programa Energy2D1 – Interactive Heat Transfer Simulations for Everyone do National Science Foundation – The Concord Consortium (EUA)

Após a seleção do exemplo de calor por convecção colocar o programa para rodar clicando na parte inferior da tela em *run*, indicado por um círculo em amarelo na Figura 7.

Figura 7– Cópia de Tela do Energy2D1, *Examples, convection, Natural Convection With Different Temperatures, Run*.

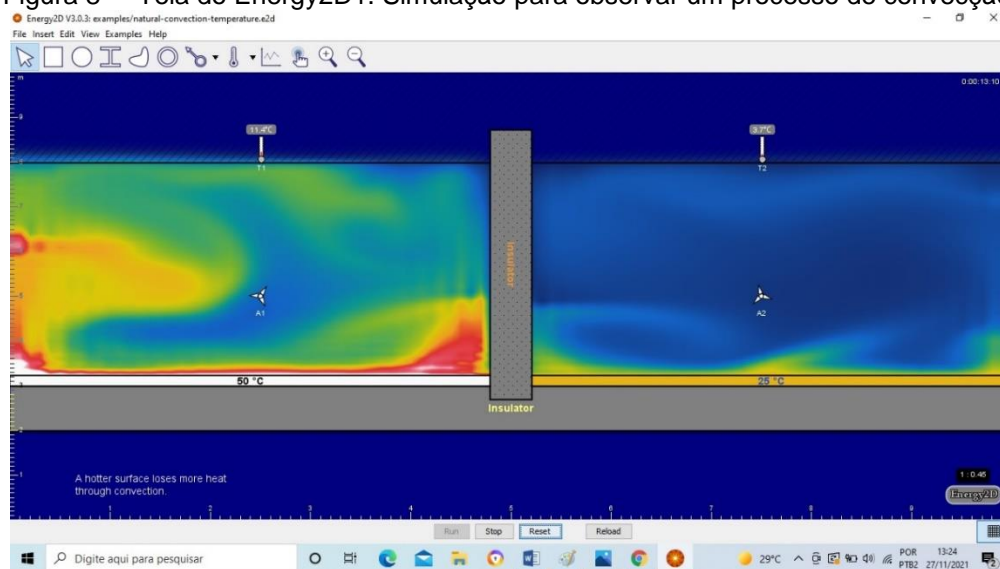


Fonte: Programa Energy2D1 – Interactive Heat Transfer Simulations for Everyone do National Science Foundation – The Concord Consortium (EUA)

No meio dos dois ambientes há um material isolante (*insulator*). No alto há um termômetro para cada ambiente. A base do ambiente a esquerda da tela está a 50°C e o da direita está a 25°C. No meio de cada um há uma hélice. Na parte inferior há a mensagem: *A hotter surface loses more heat through convection* (Uma superfície quente perde mais calor através da convecção).

A Figura 8 apresenta a simulação final obtida no programa Energy2D1 do exemplo de calor por convecção.

Figura 8 – Tela do Energy2D1. Simulação para observar um processo de convecção.



Fonte: Programa Energy2D1 – Interactive Heat Transfer Simulations for Everyone do National Science Foundation – The Concord Consortium (EUA)

O que se observa é que a hélice do lado esquerdo se move mais do que o da direita da tela. Isso ocorre por este ambiente estar submetido a uma maior temperatura e a agitação térmica ser maior. As cores indicam onde a temperatura é maior (vermelha) e onde a temperatura é menor (azul). E que devido o ar quente ser menos denso a cor vermelha sobe rapidamente para a parte superior do recipiente criando uma corrente de convecção. Observe que a temperatura no termômetro no alto do ambiente oscila bastante indicando a temperatura da cor do ar que a toca.

Esse tipo de processo de propagação de calor só ocorre em líquidos ou gases pois na convecção a energia térmica é transferida por meio do transporte de matéria, por isso se visualiza a “turbulência” no interior dos recipientes, sendo maior no de maior temperatura.

- **Simulação de Propagação de Calor por Radiação**

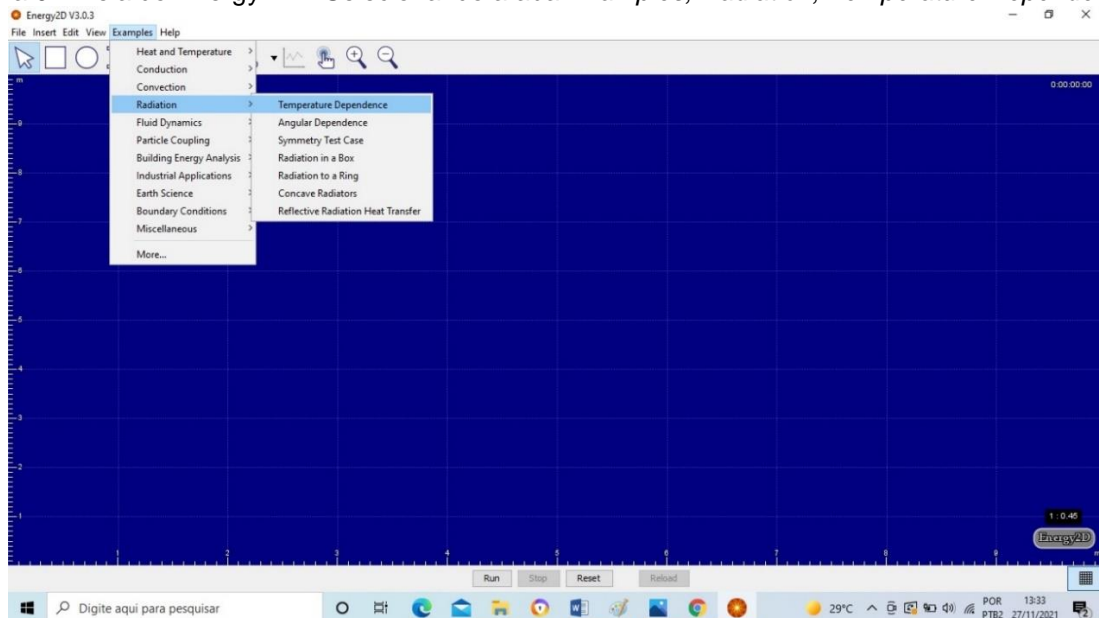
A parte a que se refere o uso deste simulador no Texto 1 é:

“Um sistema e um ambiente podem trocar energia apor meio de ondas eletromagnéticas. As ondas eletromagnéticas que transferem calor são chamadas de radiação térmica. Quando nos aproximamos de uma fogueira, há um aquecimento por meio da radiação térmica proveniente do fogo, ou seja, nossa energia térmica aumenta ao mesmo tempo em que a energia térmica do fogo diminui. Não sendo necessário um meio material para que o calor transferido por radiação se propague. O calor do Sol chega até a Terra através do vácuo.

A radiação emitida por um corpo devido à sua temperatura também é chamada de radiação térmica. Todo corpo emite esse tipo de radiação para o meio, e dele a absorve. Se um copo está mais quente que o meio, irá se esfriar, porque sua taxa de emissão de energia excede a taxa de absorção. Quando o equilíbrio térmico é atingido essas taxas ficam iguais.”

- Selecione a aba *Examples* (exemplos), e depois no item *Radiation, Temperature Dependence*.(Radiação, dependência da temperatura) conforme indicado na Figura 9.

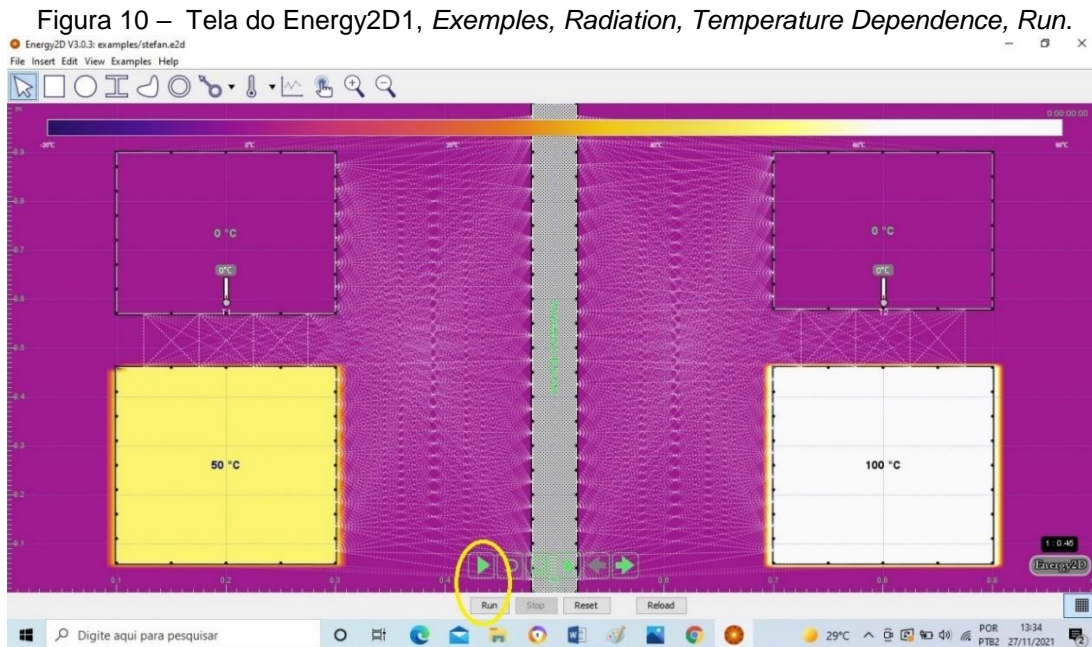
Figura 9 – Tela do Energy2D1. Selecionando a aba *Examples, Radiation, Temperature Dependence*.



Fonte: Programa Energy2D1 – Interactive Heat Transfer Simulations for Everyon do National Science Foundation – The Concord Consortium (EUA)

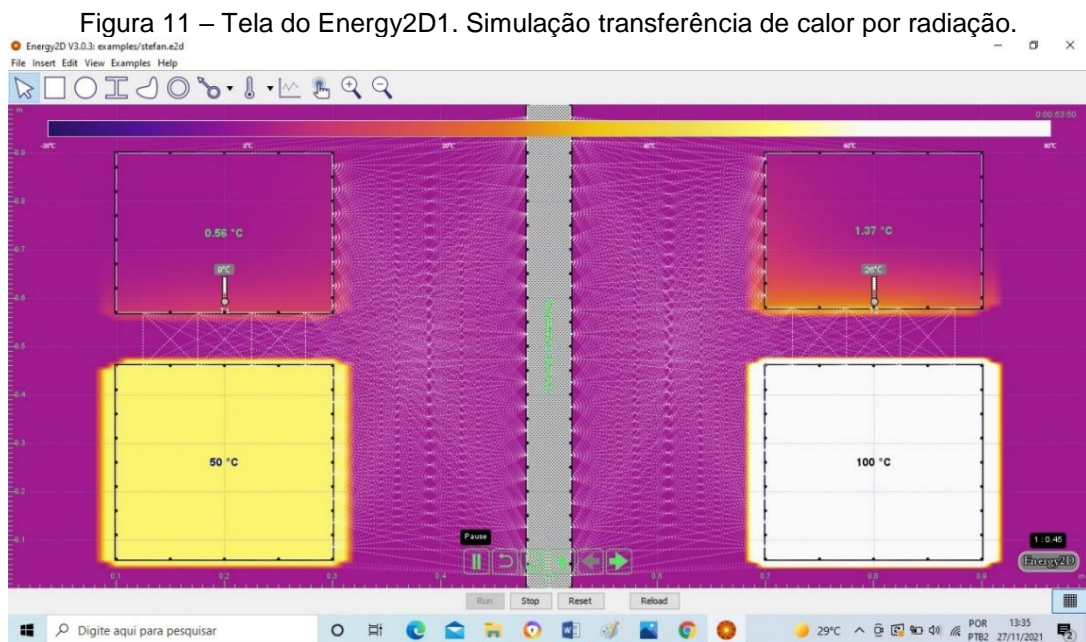
Aparecerá a tela apresentada na Figura 10 com dois ambientes isolados termicamente, e com “caixas” com diferentes temperaturas na sua parte inferior, à esquerda a 50°C e à direita a 100 °C. Na parte superior para cada ambiente há uma outra “caixa”, sem contato térmico com a “caixa” inferior, com um termômetro cada

um, zerados inicialmente. Clique em *run* para iniciar a simulação para observar o processo de transferência de calor por radiação em cada ambiente.



Fonte: Programa Energy2D1 – Interactive Heat Transfer Simulations for Everyone do National Science Foundation – The Concord Consortium (EUA).

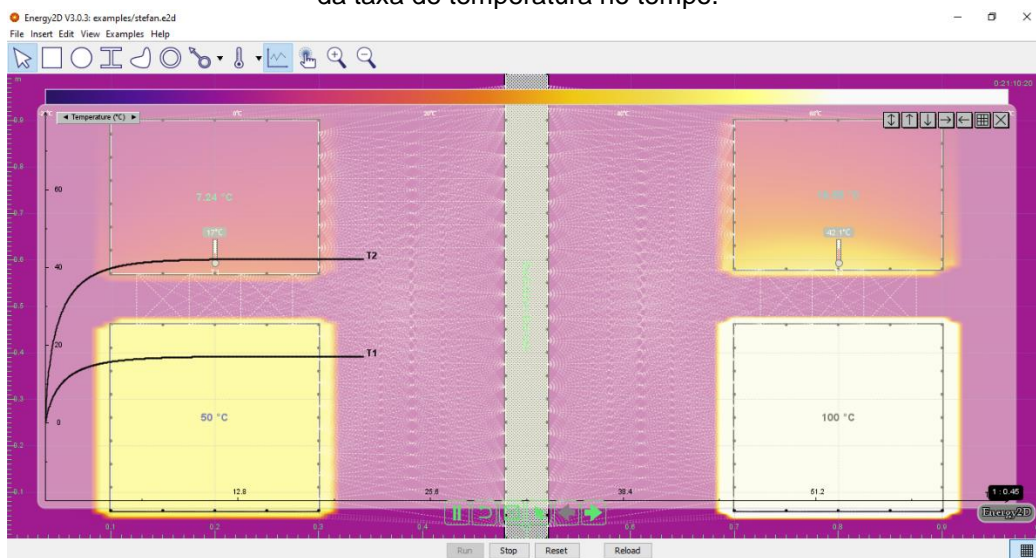
A simulação final obtida será como a apresentada na Figura 11, em que ocorre mudança na temperatura em ambos os ambientes.



Fonte: Programa Energy2D1 – Interactive Heat Transfer Simulations for Everyon do National Science Foundation – The Concord Consortium (EUA)

Conforme ocorre a simulação o termômetro no corpo superior de cada ambiente varia a sua temperatura de forma diferente. No ambiente a direita o corpo superior absorve a energia emitida pelo corpo inferior mais rapidamente do que o mesmo processo no ambiente a esquerda, mas após algum tempo a absorção se torna constante em ambos os ambientes. Isso pode ser observado clicando na parte inferior da tela em *open graph* (abra gráfico) e aparecerá a taxa da temperatura variando no tempo, conforme apresentado na Figura 12 a esquerda da tela.

Figura 12 – Tela do Energy2D1. Simulação transferência de calor por radiação com o gráfico da taxa de temperatura no tempo.



Fonte: Programa Energy2D1 – Interactive Heat Transfer Simulations for Everyone do National Science Foundation – The Concord Consortium (EUA)

Encerrar a aula com discussões sobre o conteúdo apresentado e que na próxima aula farão experimentos trabalhando os mesmos conteúdos.

4.3 – Aula 03 – continuação Calor e suas formas de propagação

Nesta aula, continuação do conteúdo da aula anterior, explora-se o funcionamento de uma garrafa térmica e suas partes, e três experimentos um para cada método de propagação, realizados em sala de aula. O material pode ser providenciado pelos alunos ou pelo docente. Mas como envolve fogo aconselha-se o docente faça e os alunos observem. No Quadro 5 está apresentado o Plano dessa aula.

Quadro 5. Plano de Aula 03

AULA 03
Duração: 100 minutos.
Conteúdos: Calor e Formas de Propagação de Calor.
Objetivos: Entender o conceito de Calor, as Formas de Propagação de Calor e o funcionamento de uma garrafa térmica.
Metodologia e recursos didáticos: Disponibilizando o <i>link</i> da videochamada por meio do aplicativo <i>Google Meet</i> e com o auxílio do texto “Calor e Garrafa Térmica”, explicar sobre as formas de propagação de calor que impedem a troca de calor do líquido de uma garrafa térmica com o meio externo. Realizar experimentos envolvendo as Formas de Propagação de Calor: condução, convecção e radiação.
Referências Bibliográficas: YAMAMOTO, K.; FUKU, L.F. Física para ensino médio, vol. 2: termologia, óptica, ondulatória. 4.ed. São Paulo: Saraiva, 2016 https://www.preparaenem.com/fisica/garrafa-termica.htm - Acesso em: maio/2021 https://www.youtube.com/watch?v=dazOL4t9uFQ – Acesso em: maio/2021 https://www.youtube.com/watch?v=cHuCEJkZRgA – Acesso em: maio/2021 https://www.youtube.com/watch?v=dkZaiedR_ww – Acesso em: maio/2021

Fonte: elaborado pela autora (2021).

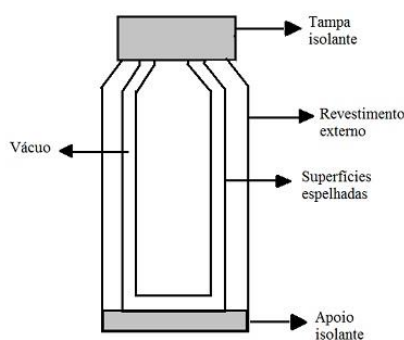
Desenvolvimento da Aula 03

Para a explicação inicial utilizar o Texto 2.

TEXTO 2 - Calor e Garrafa Térmica

A garrafa térmica (com ampola de vidro) é construída de tal forma que evita a ocorrência dos três processos de trocas de calor mantendo a temperatura do líquido no seu interior por um determinado período de tempo variando de 4 a 15 horas. Ela é constituída conforme apresentado no desenho esquemático da Figura 1.

Figura 1. Desenho esquemático das partes que compõem uma garrafa térmica



Fonte: <https://www.preparaenem.com/fisica/garrafa-termica.htm>

A garrafa térmica é construída de forma a evitar trocas de calor por convecção, irradiação e condução

Como podemos ver na Figura 1, a garrafa térmica é constituída por duas camadas, como se uma garrafa estivesse dentro da outra e ambas utilizassem o mesmo gargalo. Essas camadas são feitas de um material isolante térmico, normalmente o vidro. Cada uma de suas partes tem uma função:

- O vácuo entre as duas camadas tem o objetivo de evitar que ocorra a condução, pois esse processo de troca de calor necessita de um meio material para acontecer;
- As superfícies espelhadas das camadas internas evitam que aconteça troca de calor por irradiação térmica, pois elas “refletem” as ondas de calor novamente para que a temperatura seja mantida;
- A tampa feita por material isolante evita que haja contato entre o ar e o líquido no interior da garrafa, assim não ocorre a convecção. Caso houvesse contato do ar com o líquido quente ou frio de dentro da garrafa, o movimento do ar faria com que ocorresse a convecção.

Fonte: <https://www.preparaenem.com/fisica/garrafa-termica.htm> - acesso em maio/2021

Na sequência apresenta-se três roteiros experimentos um para cada processo de propagação de calor. A objetivo é realizar com os alunos cada um deles.

EXPERIMENTOS

Experimento 1 - PROPAGAÇÃO DE CALOR POR CONDUÇÃO (FIGURA 13).

Fonte: experimento adaptado de SPACHI, P. Condução de calor. 2009 Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=dazOL4t9uFQ>

- **Materiais utilizados**
- ❖ Suporte (2 canecas de louça);
- ❖ Régua de metal de 30 cm, ou uma barra de metal;
- ❖ Parafina (1 vela);
- ❖ 2 Pregos (ou dois parafusos com cabeça);
- ❖ 1 Vela de altura menor do que a altura das canecas fixadas em um pires.
- ❖ 1 caixa de Fósforos ou 1 isqueiro.

- **Procedimento**

Fixe os pregos na régua de metal com parafina, a uma distância de 5 cm um do outro. Para isso pingue a parafina derretida da vela acesa na régua e fixe a cabeça do prego. Apoie as extremidades da régua sobre dois suportes (canecas de louça), com os pregos voltados para baixo. Em seguida, coloque a chama da vela em contato com uma das extremidades da régua de metal. Conforme a imagem da Figura 13. Observe o que ocorre com os pregos no decorrer do tempo.

Figura 13. Experimento de condução de calor.



Fonte: arquivos da autora (2021).

- **Resultado**

Os pregos irão se soltar da régua de metal, primeiro o que está mais próximo da chama.

- **Conclusão**

O processo de transmissão de calor foi conduzido pelo metal da extremidade de maior temperatura para a de menor temperatura de forma espontânea.

Experimento 2 - PROPAGAÇÃO DE CALOR POR MEIO DA RADIAÇÃO (FIGURA 14).

Fonte: adaptado de Lopes, H. Experimento – propagação de calor -irradiação. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=cHuCEJkZRgA>

- **Materiais utilizados**

- ❖ 1 Vela;
- ❖ 1 caixa de Fósforo
- ❖ 1 pires ou prato de sobremesa, ou mesmo a caneca utilizada no experimento 1.

Pode-se utilizar tais materiais do experimento 1.

- **Procedimento**

Acenda a vela e fixe sobre o pires, ou no fundo da caneca virada de boca para baixo. Com a vela acesa, coloque a mão próxima às chamas. Conforme apresentado na Figura 14. Descreva a sensação na palma da mão.

Figura 14. Imagem fotográfica do Experimento de propagação de calor por meio da Radiação



Fonte: arquivos autora (2021).

- **Resultado**

A sensação é de que a temperatura da mão fica maior do que estava antes de aproximá-la da chama da vela.

- **Conclusão**

A transmissão de calor entre a chama da vela e a mão colocada próxima ocorre por meio da radiação de calor.

Experimento 3 - PROPAGAÇÃO DE CALOR POR CONVECÇÃO (FIGURA 15)

Fonte: Adaptado de De Carli, E. (2014) Correntes de convecção na água. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=4Ms4ww2qZv0>

- **Materiais utilizados**

- ❖ Recipiente de vidro transparente (aquário por exemplo);
- ❖ 2 copos descartáveis pequenos;
- ❖ 2 pregadores de madeira;
- ❖ Corante azul;
- ❖ Corante vermelho;
- ❖ Água na temperatura ambiente;
- ❖ Água quente (temperatura maior do que a água em temperatura ambiente, mas que não deforme o copinho de plástico);
- ❖ Água fria (temperatura menor do que a água em temperatura ambiente);
- ❖ Agulha de costura.

- **Procedimento**

Coloca-se em um reservatório (recipiente de vidro transparente) água limpa a temperatura ambiente. Faça um orifício com a agulha de costura no centro do fundo de cada copinho descartável. Fixe-os na borda do reservatório na sua parte superior com pregadores de madeira a uma certa distância um do outro. Em um desses copos coloca-se água fria e corante azul, e no outro corante vermelho e água quente. Conforme ilustrado na Figura 15. Observe e descreva o que acontece quando ambos os líquidos caem no reservatório com água a temperatura ambiente.

Figura 15. Experimento de propagação de calor por convecção.



Fonte: arquivos da autora (2021)

- **Resultado**

A água quente de cor azul desloca-se para o fundo do recipiente enquanto que a de cor vermelha (água a temperatura ambiente) fica na parte superior do recipiente sem se misturarem.

- **Conclusão**

A densidade das águas quente e fria não são iguais, por isso a água quente de cor azul desce e a vermelha sobe e isso causa uma possível corrente de convecção.

Para o fechamento da aula abre-se para a discussão do ocorrido em cada experimento fazendo relação com o observado nos simuladores e com o que eles conhecem no cotidiano em que aparecem tais fenômenos. Como por exemplo o fato do congelador ou aparelho de ar condicionado ficar na parte superior do seu ambiente, como o calor da chama de um carvão ou uma resistência de churrasqueira ligada atinge o alimento, o motivo dos cabos de panela não serem de metal na sua maioria, entre outros.

Sugestão - Pode-se questionar: se vimos que o corpo de cor preta absorve todos os comprimentos de onda e a branca reflete (resposta da Questão 4 do questionário inicial/final), por qual motivo os Beduínos utilizam roupas largas e pretas no deserto? E as formas de propagação de calor. Como apresentado por Mayara Assoni Timbó de Souza (2011) no *site* do museu dinâmico interdisciplinar:

[...] conforme a luz vai sendo absorvida pela roupa preta e larga dos beduínos, ela vai esquentando, e conseqüentemente, esquenta o ar próximo a ela, ou seja, o ar entre a roupa e o corpo do beduíno. Como as vestes do beduíno são largas, o ar quente vai subir. O ar frio que virá ocupar o lugar do ar quente criará uma espécie de vento, não permitindo que o corpo do beduíno esquente muito. Fonte: <https://museudinamicointerdisciplinar.wordpress.com/2012/10/29/porque-os-beduinos-usam-roupas-pretas-e-largas-enquanto-vagam-no-deserto/> 2011, p.1.

Portanto, entra a questão do comprimento de onda a ser tratado e o processo de condução de calor por convecção como visto no último experimento.

4.4 – Aula 04 – Calor e Energia Solar

Introduzido o conceito de temperatura, equilíbrio térmico e calor e suas formas de propagação. Os alunos já possuem condição de entender que o calor como forma de energia em trânsito pode ser emitida, absorvida, e refletida, dependendo dos meios que a envolvem. De forma que nesta aula já são direcionados para a energia que o sol emite e o que ocorre quando essa atinge a superfície do planeta Terra. O plano de aula está apresentado no Quadro 6.

Quadro 6. Plano de aula 04.

AULA 04
Duração: 100 minutos
Conteúdos: Intensidade de energia Solar, Energia refletida (albedo), taxa de energia absorvida e emitida, temperatura de equilíbrio e temperatura média de superfície do planeta, Lei de Stefan-Boltzmann.
Objetivos: Entenda a Intensidade de Energia Solar, energia refletida, taxa de energia absorvida e emitida, temperatura de equilíbrio e temperatura média do planeta. Calcular a temperatura de equilíbrio de um planeta com a equação estudada.
Metodologias e Recursos Didáticos: Após disponibilizar o <i>link</i> da videochamada por meio do aplicativo <i>Google Meet</i> , a aula iniciará tendo como base o texto “Efeito Estufa” e, a partir dele, expor os conteúdos sobre Intensidade de energia solar, Energia refletida (albedo), Taxa de energia Absorvida e emitida, Temperatura de equilíbrio e Temperatura média de superfície do Planeta, Lei de Stefan-Boltzmann, dedução matemática da fórmula usada para calcular a Temperatura de equilíbrio. Realização de atividade abordando os conteúdos expostos.
Referências Bibliográficas: JUNGES, A.L.; SANTOS, V.Y.; MASSONI, N.T. Efeito estufa e aquecimento global: uma abordagem conceitual a partir da física para educação básica. Experiências em Ensino de Ciências . 13.v, nº 5, 2018. 126-151 p.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Desenvolvimento da Aula 04

A aula se inicia com a leitura do texto sobre efeito estufa, o Texto 3.

TEXTO 3 - Efeito Estufa

A Terra recebe energia do Sol e deve reemitir energia de volta para o espaço, de outro modo, se tornaria cada vez mais quente. Assim, deve existir uma temperatura de equilíbrio para a qual a taxa de energia absorvida é igual à taxa de energia emitida. A única forma de transferência de energia entre o Sol e a Terra é na forma de ondas eletromagnéticas.

A quantidade de energia refletida pelo planeta é conhecida como albedo do planeta.

Assim, a taxa de energia absorvida pelo planeta é obtida multiplicando a intensidade de energia solar (I) pela área do disco com o raio do planeta, descontando o valor do albedo (α) do planeta:

Taxa de energia absorvida: $\pi R^2 \times$ Intensidade de energia solar \times (1 – albedo)

Taxa de energia absorvida = $\pi R^2 I (1 - \alpha)$

Se o planeta absorve energia, ele deve reemitir-la de volta para o espaço na mesma taxa. Para determinar a taxa que os planetas emitem energia de volta para o espaço, recorre-se à lei de Stefan-Boltzmann: a intensidade (I) de energia emitida por um corpo é proporcional à quarta potência da temperatura absoluta desse corpo:

$I = \sigma T_e^4$ (onde $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ w/m}^2$ é conhecida como constante de Boltzmann e T_e é a temperatura de equilíbrio do planeta dada em Kelvin).

Assim, para obter a taxa total de energia emitida por um planeta é preciso multiplicar a intensidade (I) pela área da superfície do planeta:

Taxa de energia emitida = $4\pi R^2 T_e^4$

A Temperatura de equilíbrio (T_c) do planeta pode ser calculada pela expressão matemática:

Taxa de Energia Absorvida = Taxa de energia Emitida

$$\pi R^2 I (1 - \alpha) = 4\pi R^2 \sigma T_e^4$$

$$I(1 - \alpha) = 4\sigma T_e^4$$

$$\frac{I(1-\alpha)}{4\sigma} = T_e^4$$

$$T_e = \sqrt[4]{\frac{I(1 - \alpha)}{4\sigma}}. \quad \text{Eq. (1)}$$

Em que

R: Raio do círculo

I: Intensidade de energia emitida

α : albedo do planeta

σ : constante de Stefan-Boltzmann

T_e : Temperatura de equilíbrio do planeta

A Tabela 1 apresenta um comparativo dos valores da Intensidade (I), albedo (α) e valores da temperatura de equilíbrio e da temperatura de superfície para o planeta Terra e Vênus:

Tabela 1. Valores da intensidade (I), albedo (α), temperaturas de equilíbrio e temperaturas de superfície de alguns planetas em Kelvin (K).

Planeta	Intensidade (W/m^2)	Albedo	Temperatura de Equilíbrio (K)	Temperatura Média de Superfície (K)
Terra	1360	0,3	255	288
Vênus	2600	0,77	226	737

Fonte: <<https://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet>>.

Observando o valor da temperatura de equilíbrio de 255 K ($-18^{\circ}C$), não poderia existir vida nesse planeta, podendo existir espessas camadas de gelo nos continentes. Porém, a temperatura média de superfície é de 288 K ($15^{\circ}C$). Assim, temos uma distinção entre temperatura de equilíbrio e temperatura de superfície do planeta.

Um planeta que possui uma atmosfera substancial (espessa contendo gases de efeito estufa), a radiação emitida pela superfície é absorvida por sua atmosfera antes que ela alcance o espaço exterior.

Na Terra, a concentração de gases atmosféricos é dominada por nitrogênio (78%) e oxigênio (21%), argônio (0,9%) e gases de efeito estufa como o dióxido de carbono (0,037%). O dióxido de carbono junto com outros gases estufa como o vapor d'água, metano e óxido nítrico, são responsáveis por aumentar a temperatura da Terra em cerca de $30^{\circ}C$ acima da temperatura de equilíbrio.

JUNGES, A.L.; SANTOS, V.Y.; MASSONI, N.T. Efeito estufa e aquecimento global: uma abordagem conceitual a partir da física para educação básica. **Experiências em Ensino de Ciências**. 13.v, nº 5, 2018. p.126-151.

Após a leitura, explicação e dedução da equação da temperatura de equilíbrio, calcular a temperatura de equilíbrio dos Planetas Terra e Vênus e mostrar que se obtêm o valor dado na Tabela 1 do Texto 3 e propor a atividade 1.

Atividade 1 – Obtenção da temperatura de equilíbrio para o planeta Mercúrio.

Por meio da equação deduzida (eq. (1)) e dados os valores do albedo e da Intensidade de Energia Solar calcular o valor de equilíbrio térmico do planeta Mercúrio.

Dados:

Planeta	Intensidade (W/m ²)	Albedo	Temperatura de Equilíbrio (K)	Temperatura Média de Superfície (K)
Mercúrio	9080	0,07	?????	440

Resolução:

$$T_e = \sqrt[4]{\frac{I(1 - \alpha)}{4\sigma}} = \sqrt[4]{\frac{9080(1 - 0,07)}{4(5,67 \times 10^{-8})}} = \sqrt[4]{3,73 \times 10^{10}} = 439K.$$

Para uma melhor noção de quanto é essa temperatura recomenda-se realizar a transformação para graus Celsius trabalhando também transformação de unidade de temperatura,

$$T(^{\circ}C) = T(K) - 273 = 439 - 273 = 166^{\circ}C.$$

O fechamento da aula é realizado por meio de discussões e reforçando os novos termos introduzidos questionando-os sobre o que é o Albedo, e outros que se fizeram interessantes no decorrer da aula.

4.5 – Aula 05 – Efeito Estufa e Conceitos Básicos

O plano da Aula 05 está exposto no Quadro 8.

Quadro 8. Plano de aula 05

AULA 05
Duração: 100 minutos
Conteúdos: Radioatividade na faixa de comprimento do infravermelho, Lei de Wien, Espectroscopia do infravermelho, Espectro do infravermelho na molécula de dióxido de carbono.
Objetivos: Reconhecer os principais gases de Efeito Estufa, compreensão sobre a frequência e comprimento de onda e a radioatividade de comprimento do infravermelho, Lei de Wien e espectro do infravermelho na molécula de dióxido de carbono.
Metodologias e Recursos Didáticos: Após disponibilizar o <i>link</i> da vídeo chamada por meio do aplicativo <i>Google Meet</i> , a aula iniciará com a leitura do texto “Efeito Estufa: Conceitos Básicos”. Durante a leitura, será proposta uma pesquisa referente à frequência e comprimento de ondas. Após a pesquisa, serão expostos os conteúdos

sobre radioatividade na faixa de comprimento do infravermelho, Lei de Wien, Espectroscopia do infravermelho e espectro do infravermelho na molécula de dióxido de carbono. Será realizada uma simulação sobre o Efeito Estufa no *site PHET*:

https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/greenhouse/latest/greenhouse.html?simulation=greenhouse&locale=pt_BR

Referências Bibliográficas:

JUNGES, A.L.; SANTOS, V.Y.; MASSONI, N.T. Efeito estufa e aquecimento global: uma abordagem conceitual a partir da física para educação básica. **Experiências em Ensino de Ciências**. 13.v, nº 5, 2018. p.126-151;

https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/greenhouse/latest/greenhouse.html?simulation=greenhouse&locale=pt_BR.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Desenvolvimento da Aula 05

Iniciar a aula com a retomada do conteúdo das aulas anteriores e a leitura do Texto 4 que envolve o conteúdo do Texto 3. Essa leitura pode ser feita pelos alunos, cada um lendo uma parte.

TEXTO 04 - Efeito Estufa: Conceitos Básicos

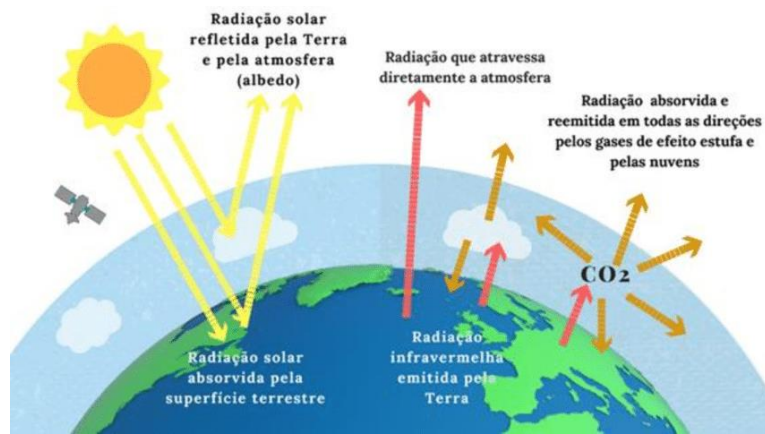
Os primeiros estudos sobre o efeito estufa da Terra são de Fourier, que em 1824 apresentou um artigo a *Académie Royale des Sciences* em Paris, de que a atmosfera teria um papel relevante na temperatura planetária.

Os fatos de que a atmosfera se torna mais opaca à radiação infravermelha do que à luz visível eram desconhecidos por Fourier.

Em 1859, John Tyndall concluiu que gases como o dióxido de carbono e o vapor d'água exibiam propriedades de absorção da radiação infravermelha, enquanto que o oxigênio, nitrogênio e hidrogênio não exibiam as mesmas propriedades.

Atualmente sabemos que os principais gases de efeito estufa na Terra são: vapor d'água, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, CFC_s e Ozônio. Esses gases tem a propriedade de serem ativos radioativamente na faixa de comprimentos de ondas longas, absorvendo radiação na faixa do comprimento de onda do infravermelho. Ao mesmo tempo, são transparentes à radiação de comprimentos de onda curtos como a radiação visível, absorvendo pouca ou quase nenhuma radiação visível. Ou seja, a radiação visível proveniente do Sol atinge com facilidade a superfície da Terra, mas a radiação infravermelha reemitida pela Terra para o espaço encontra dificuldade em atravessar a atmosfera.

Figura 1 – Desenho esquemático do efeito estufa da Terra.

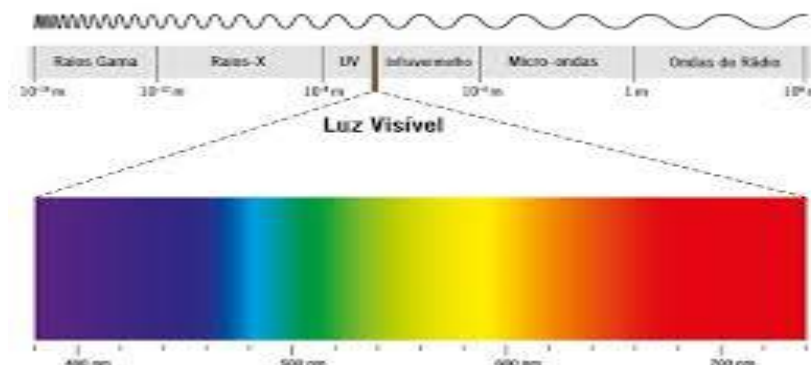


Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Desenho-esquemático-do-efeito-estufa-da-Terra-10_fig3_333609522

Observando a Figura 1, a maior parte (aproximadamente 70%) da radiação visível proveniente do Sol entra no sistema terrestre (o restante, cerca de 30%, são refletidos e compõem o albedo). Quando aquecida, a Terra reemite para o espaço radiação infravermelha que é absorvida pelos gases estufa. Após absorverem, os gases estufa reemitem novamente radiação infravermelha em todas as direções. Parte dessa radiação é perdida para o espaço e parte é retida na baixa atmosfera. Com a presença dos gases de efeito estufa, há perda de radiação infravermelha para o espaço, tornando a baixa atmosfera mais quente do que estaria na ausência desses gases.

Todo corpo com a temperatura acima da temperatura conhecida como “temperatura absoluta” emite radiação na forma de ondas eletromagnéticas. Na Figura 2 apresenta-se o seu espectro.

Figura 2. Imagem ilustrativa da escala de radiações eletromagnéticas.



Fonte: <https://www.todamateria.com.br/espectro-eletromagnetico/>.

A potência da radiação e o tipo de radiação emitida (comprimento de onda da radiação) dependem da temperatura que o corpo se encontra e podem ser determinadas por meio de duas leis físicas: Lei de Stefan-Boltzmann e a Lei de Wien.

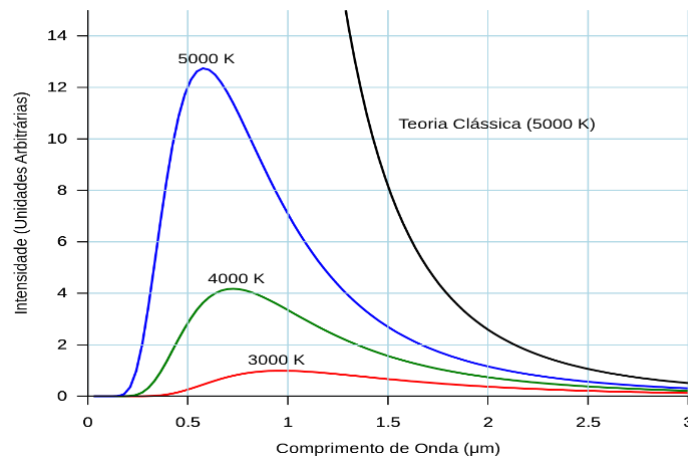
➤ Lei de Wien: relaciona a temperatura absoluta e o comprimento de onda de máxima

intensidade que um corpo emite. $\lambda_{M\acute{a}x} = \frac{2,8976 \times 10^{-3}}{T}$

➤ Lei de Stefan-Boltzmann que a Intensidade da radiação emitida varia com a temperatura elevada a quarta potência, e a constante de proporcionalidade é dada pelo σ a constante de Stefan-Boltzmann já apresentada no Texto 3, $I = \sigma \cdot T^4$

A Figura 3 apresenta o gráfico da intensidade de radiação emitida em relação ao comprimento de onda para um corpo negro.

Figura 3. Intensidade da radiação emitida versus o comprimento de onda para um corpo negro.



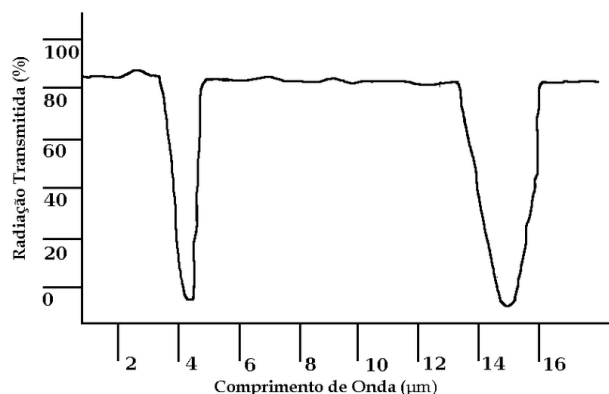
Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Corpo_negro

A diferença entre os picos de emissão (comprimento de onda de máxima intensidade) do Sol e da Terra. O Sol com sua temperatura de superfície de aproximadamente 5.700 K, emite energia na faixa de comprimento da luz visível ($\sim 0,5\mu m$). A Terra que possui temperatura média de superfície de 288 K tem seu pico de emissão na faixa de comprimento de onda do infravermelho ($\sim 10\mu m$).

Por meio da espectroscopia vibracional¹ entendemos porque o dióxido de carbono é um gás de efeito estufa. A espectroscopia vibracional trata da espectroscopia do infravermelho na faixa entre $1\mu m$ a $100\mu m$.

¹ A espectroscopia vibracional é uma técnica experimental que mede a interação da radiação eletromagnética com os movimentos de vibração de um sistema molecular. (CLARO, 2018 p.040)

Figura 4. Representação das bandas de absorção do dióxido de carbono.



Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-7-Representacao-das-bandas-de-absorcao-do-dioxido-de-carbono-15_fig5_333609522

O gráfico da Figura 4 é uma representação do espectro do infravermelho da molécula de dióxido de carbono. Existem duas linhas, também chamada de bandas de absorção, localizadas a $4,2\mu m$ e $15\mu m$, onde a intensidade da radiação transmitida cai drasticamente. Quando uma radiação infravermelha incide sobre uma amostra de dióxido de carbono os comprimentos de onda de $4,2\mu m$ são absorvidos pelo gás. O dióxido de carbono é opaco e não deixa passar a radiação com comprimento de onda em torno de $4,2\mu m$.

O efeito estufa da Terra é um processo natural essencial para a vida no planeta. Porém, não é um efeito imutável e mudanças na composição química da atmosfera implicam em mudanças no efeito estufa.

Aumentando a concentração de gases estufa aumentará a capacidade da atmosfera em absorver radiação infravermelha. Assim, o aumento da concentração de gases estufa dificulta a saída da radiação, produzindo um desequilíbrio entre o fluxo de entrada e saída de radiação.

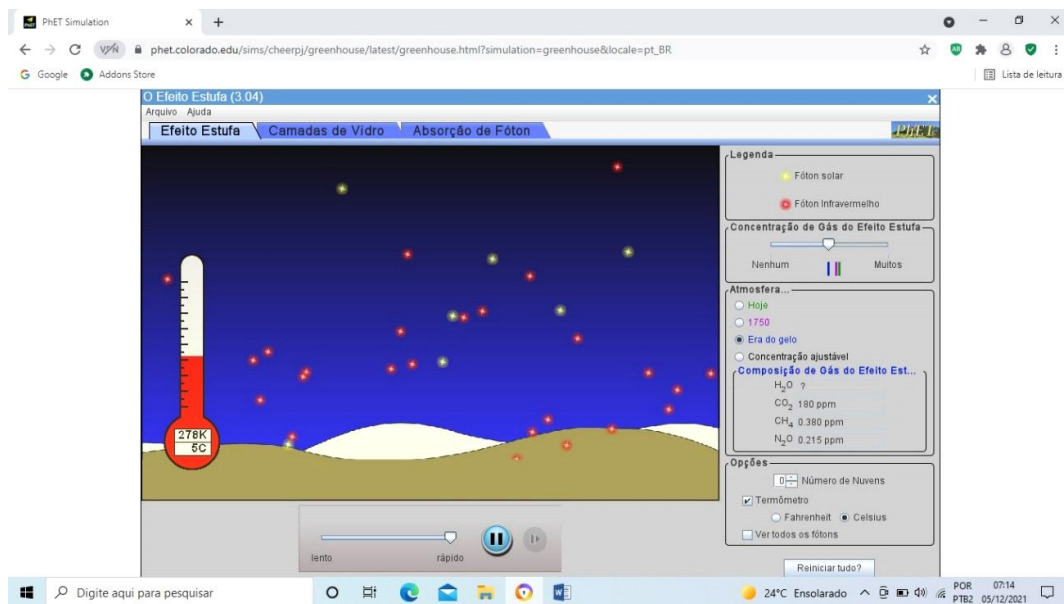
Fontes: JUNGES, A.L.; SANTOS, V.Y.; MASSONI, N.T. Efeito estufa e aquecimento global: uma abordagem conceitual a partir da física para educação básica. **Experiências em Ensino de Ciências**. 13.v, nº 5, 2018. p.126-151;
Claro, P.R., (2018) Espectroscopia Vibracional, Rev. Ciência Elem., V6(2):040.

Dando continuidade à aula utilizar o simulador de uso livre, disponível na *internet* e que pode ser utilizado no *smartphone* disponibilizado pela Universidade de Colorado (*Colorado University*) que é o *Physics Education Technology* (PhET), no link: https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/greenhouse/latest/greenhouse.html?simulation=greenhouse&locale=pt_BR.

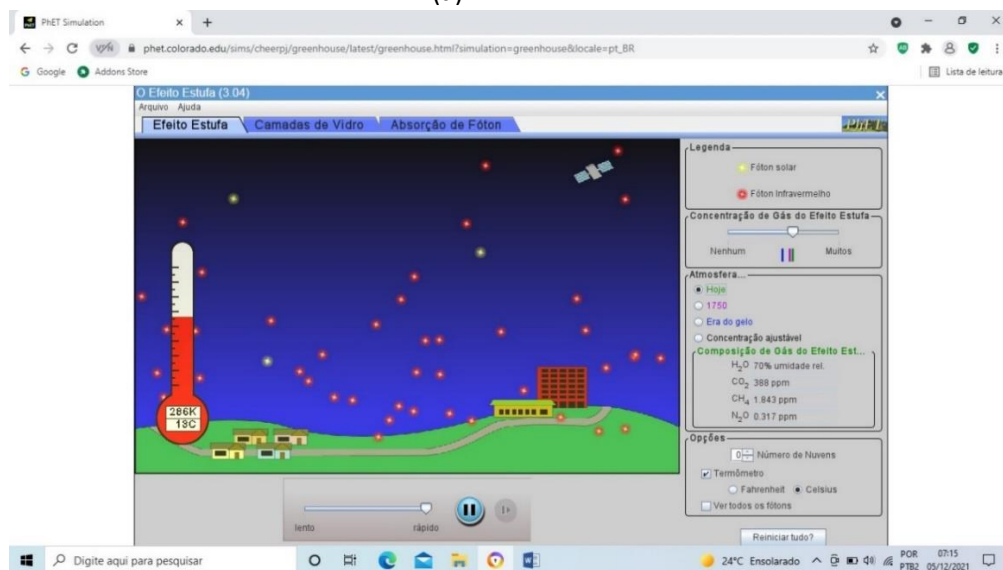
SIMULAÇÃO

Colocando o endereço do *link* na página da *internet* será direcionado ao simulador do Efeito Estufa (*Greenhouse*), apresentada uma cópia da tela na Figura 16. Pode-se escolher Figura 16: (a) O efeito estufa durante a era do gelo, (b) nos dias atuais e (c) com existência de nuvens. Para verificar cada caso deve-se selecionar no quadro a direita a época que se deseja. Pode-se escolher entre outras funções, o nível de concentração do gás. O termômetro apresenta escalas em graus Fahrenheit e Celsius

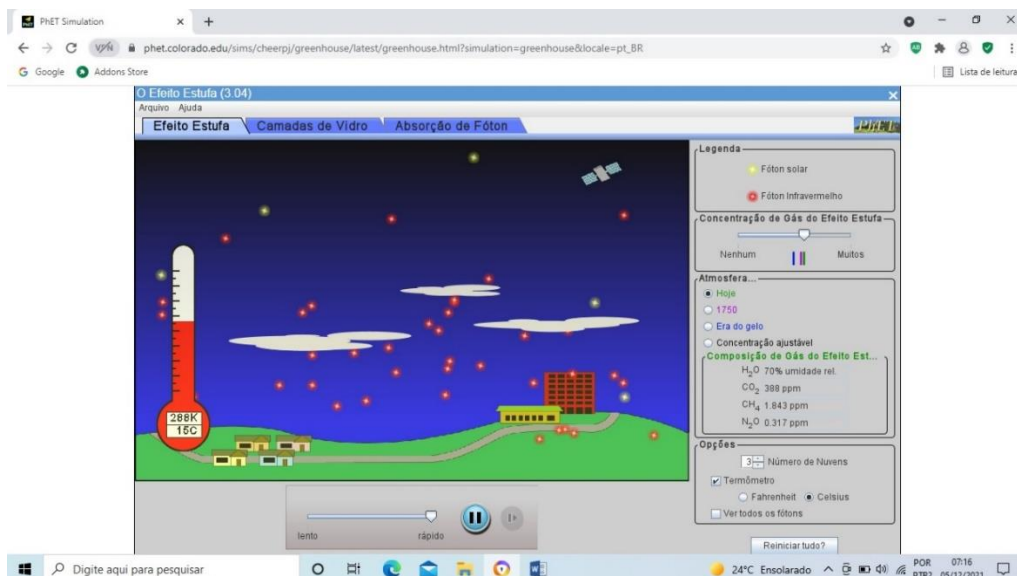
Figura 16 – Cópia da Tela Simulação do Efeito Estufa (a) durante a era do gelo, e (b) nos dias atuais, e (c) nos dias atuais, com a existência de nuvens.



(a)



(b)



(c)

Fonte: <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/greenhouse/latest/greenhouse.html?simulation=greenhouse>

Fechar a aula com discussões sobre o conteúdo trabalhado em aula.

4.6 – Aula 06 – Radiação do Infravermelho

O plano da Aula 06 está exposto no Quadro 9.

Quadro 9. Plano de aula 06

AULA 06
Duração: 100 minutos.
Conteúdos: Radiação do infravermelho.
Objetivos: Entenda a absorção de radiação infravermelha por gases de efeito estufa e as políticas adotadas para a redução desses gases na atmosfera;
Metodologias e Recursos Didáticos: Após disponibilizar o <i>link</i> da videochamada por meio do aplicativo <i>Google Meet</i> , propor a leitura do texto “Efeito Estufa e Aquecimento Global”, retomar os conteúdos trabalhados nas aulas anteriores, realizar o experimento com o programa Arduíno que demonstra a absorção de radiação infravermelho por gases de efeito estufa como o dióxido de carbono.
Referências Bibliográficas: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/clima/mudancas_climaticas2/ https://fia.com.br/blog/acordo-de-paris/ JUNGES, A.L.; SANTOS, BUHLER, A.J.; MASSONI, N.T.; SIEBENEICHLER, A.F.S. O “Efeito Estufa” na sala de aula: um experimento de baixo custo para demonstrar a absorção de radiação infravermelha por gases estufa como o dióxido de carbono. Caderno brasileiro de Ensino de Física , v.37, n.2, p. 849-864, ago. 2020.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Desenvolvimento da Aula 06

Dando continuidade ao conteúdo sobre efeito estufa realizar a leitura do Texto 5.

TEXTO 5 - Efeito Estufa e Aquecimento Global

O Efeito Estufa é um processo natural essencial para a vida no planeta. Embora seja um processo natural da Terra, o efeito estufa não é um fenômeno imutável e mudanças na composição química da atmosfera implicam em mudanças do mesmo.

Um aumento da quantidade de gases de efeito estufa na atmosfera da Terra dificultará a saída de energia, aumentando este efeito. Assim, o planeta precisará esquentar de modo a reequilibrar o fluxo de saída de energia.

Atualmente é reconhecido pela comunidade científica que a humanidade, a partir da revolução industrial, modificou a composição química da atmosfera, especialmente a concentração de gases de efeito estufa. Essas modificações são resultantes de processos como a queima de combustíveis fósseis (petróleo e carvão), desmatamento e uso da terra através da agricultura e pastagens.

Cientistas já observam que o aumento da temperatura média do planeta tem elevado o nível do mar devido ao derretimento das calotas polares, podendo ocasionar o desaparecimento de ilhas e cidades litorâneas densamente povoadas. E há previsão de uma frequência maior de eventos extremos climáticos (tempestades tropicais, inundações, ondas de calor, seca, nevascas, furacões, tornados e tsunamis) com graves consequências para populações humanas e ecossistemas naturais, podendo ocasionar a extinção de espécies de animais e de plantas.

No Brasil, as mudanças do uso do solo e o desmatamento são responsáveis pela maior parte das nossas emissões e faz o país ser um dos líderes mundiais em emissões de gases de efeito estufa. Isto porque as áreas de florestas e os ecossistemas naturais são grandes reservatórios e sumidouros de carbono por sua capacidade de absorver e estocar CO². Mas quando acontece um incêndio florestal ou uma área é desmatada esse carbono é liberado para a atmosfera, contribuindo para o efeito estufa e o aquecimento global. Mas as emissões de Gases de Efeito Estufa por outras atividades como agropecuária e geração de energia vem aumentando consideravelmente ao longo dos anos. Por conta do desenvolvimento industrial os países desenvolvidos têm sido responsáveis pela maior parte das emissões desses gases, mas os países em desenvolvimento vêm aumentando consideravelmente suas emissões. Atualmente a China ocupa o primeiro lugar do ranking, seguida por Estados Unidos, União Europeia e pelo Brasil.

A Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, em inglês) é uma base de cooperação internacional cujo os seus países membros buscam estabelecer políticas para reduzir e estabilizar as emissões de gases de efeito estufa em um nível no qual as atividades humanas não interfiram seriamente nos processos climáticos. Foram estabelecidos acordos para a redução da emissão desses gases de efeito estufa:

Protocolo de Kyoto: Acordado em 1997 para reduzir a emissão de gases de efeito estufa com duração no período de 2008 e 2013 e que teve seu protocolo estendido até 2020 com a Emenda de Doha, em 2012;

Plataforma de Durban: Criada em 2011, durante a COP21, para negociar e reger as medidas de mitigação da mudança climática a partir de 2020, e que entrou em vigor em novembro de 2016;

O Acordo de Paris é um compromisso mundial para a adoção de políticas climáticas para a redução de emissão de gases de efeito estufa a partir de 2020, substituindo o Protocolo de Kyoto. Foi negociado durante a realização da COP21 (21ª Conferência das Partes da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima), em dezembro de 2015. O acordo foi assinado por 95 países participantes. No ato, todos esses países se comprometeram com metas para manter o aquecimento global abaixo de 2°C, limitando-se a 1,5°C. O acordo entrou em vigor em novembro de 2016.

Fonte:

https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/clima/mudancas_climaticas2/

<https://fia.com.br/blog/acordo-de-paris/>

Posteriormente aos esclarecimentos caso os alunos o solicitem, realizar o experimento 4.

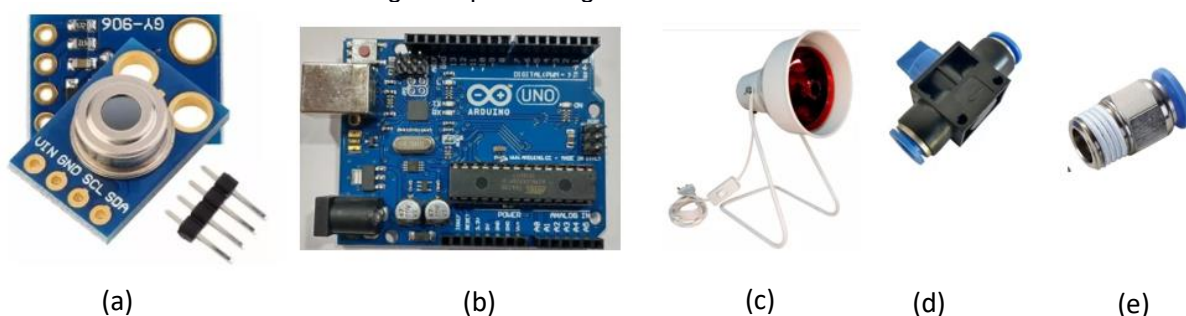
Experimento 4 – Efeito estufa e radiação infravermelha

- **Objetivo** - Demonstração da absorção de radiação infravermelha pelo dióxido de carbono, adaptado de Junges *et. al* (2020).
- **Materiais utilizados**
 - ❖ Lâmpada de infravermelho (cerâmica de 100 W) com suporte;
 - ❖ 1 Sensor de temperatura infravermelho sem contato (MLX90614);

- ❖ 1 placa de Arduíno UNO;
- ❖ 1 Lata com as dimensões de 10 cm de diâmetro e altura de 12 cm (material latão – lata de leite em pó), com dois furos feitos com furadeira e broca de metal com 8mm de diâmetro
- ❖ 1 rolo de Filme plástico de polietileno;
- ❖ 1 Garrafa plástica (PET) de 2 litros;
- ❖ Dióxido de carbono produzido por reação de vinagre e bicarbonato de sódio;
- ❖ 1 Válvula de bloqueio de engate rápido pneumático 8 mm com conector para a mangueira com pinos e espigão;
- ❖ 2 Conectores de engate rápido pneumático 8 mm com pinos e espigão para mangueira;
- ❖ 2 m de Mangueira pneumática 8 mm x 600 mm;
- ❖ Suporte de madeira para o reservatório e o sensor;
- ❖ Fita adesiva.
- ❖ Cola de silicone

Na Figura 17 estão apresentados alguns dos materiais, a mangueira, conectores e válvula de engate rápido podem ser adquiridos em lojas que vende material para caminhões. A parte do espigão onde conecta-se a mangueira não aparece na imagem.

Figura 17 - Imagem fotográfica do (a) sensor de temperatura de infravermelho; (b) Arduíno Uno, (c) lâmpada infravermelho; (d) Válvula de bloqueio de engate rápido pneumático, e (e) conector de engate rápido. Imagens fora de dimensão

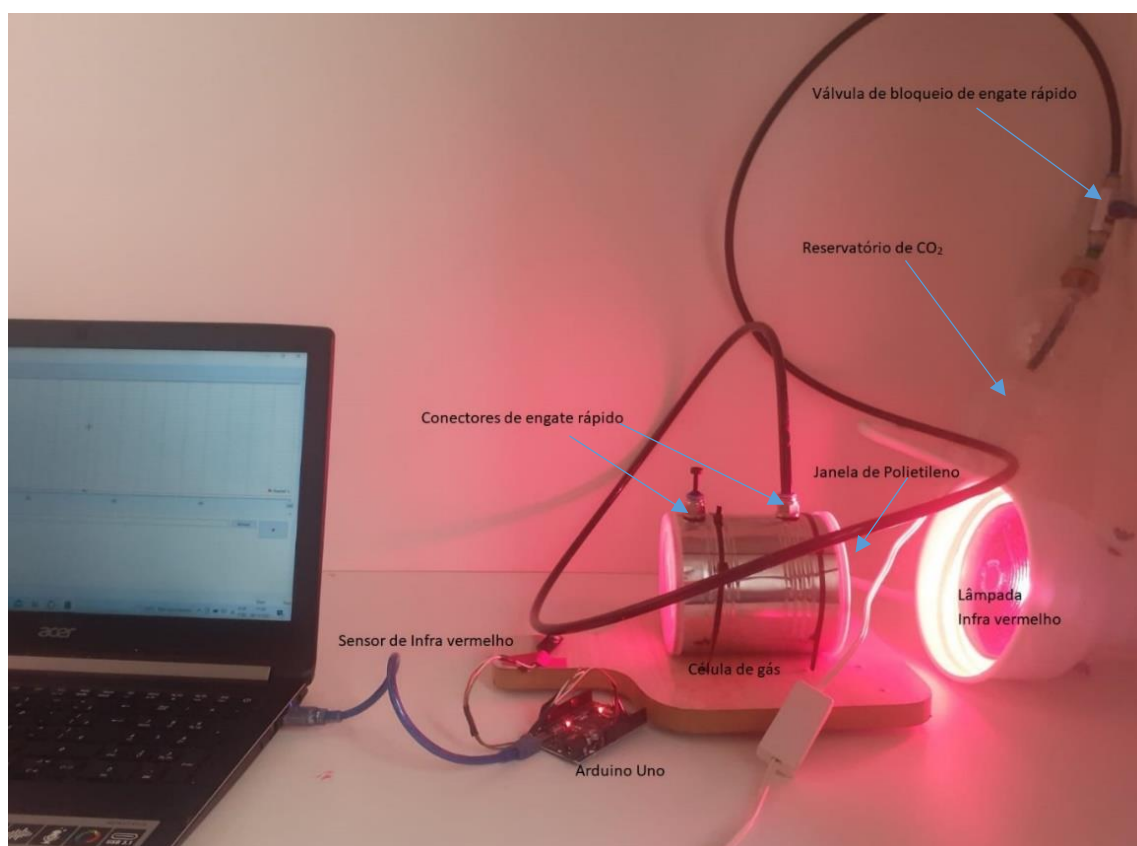


Fonte: imagens de sites comerciais da internet.

- **Montagem Experimental**

Para a célula de gás utilizou-se uma lata de material latão de 10 cm de diâmetro e altura de 12 cm, aberta nas bases com um abridor de latas e fechada com um filme plástico de polietileno, fixo por fita adesiva. Na parte superior da lata foram feitos dois furos com furadeira e broca de aço com o diâmetro dos conectores e encaixados os “conectores de engate rápido”, vedar com cola de silicone. A célula de gás foi fixada em um uma base de madeira. A lâmpada de infravermelho foi ligada a 30 cm da célula de gás, e o sensor de temperatura fixado a 10 cm da célula de gás. Conforme ilustrado na Figura 18 com a foto da montagem completa.

Figura 18 – Imagem fotográfica da Montagem do Experimento sobre Efeito Estufa.



Fonte: arquivos da autora (2021).

O dióxido de carbono foi produzido com bicarbonato de sódio e vinagre, armazenado na garrafa Pet. Na tampa da garrafa foi acoplada a “válvula de bloqueio rápido” que permite a conexão com a mangueira pneumática a ser conectada aos “conectores de engate rápido” da célula de gás. O uso da válvula permite que somente após a reação química do vinagre com o bicarbonato de sódio seja liberada o gás produzido para a célula de gás, no momento do experimento.

O sensor de temperatura MLX90614 foi utilizado junto a um microcontrolador Arduino Uno acoplado a um computador. A intensidade da radiação de infravermelha recebida pelo sensor foi convertida em dados de temperatura exibidos na tela do computador.

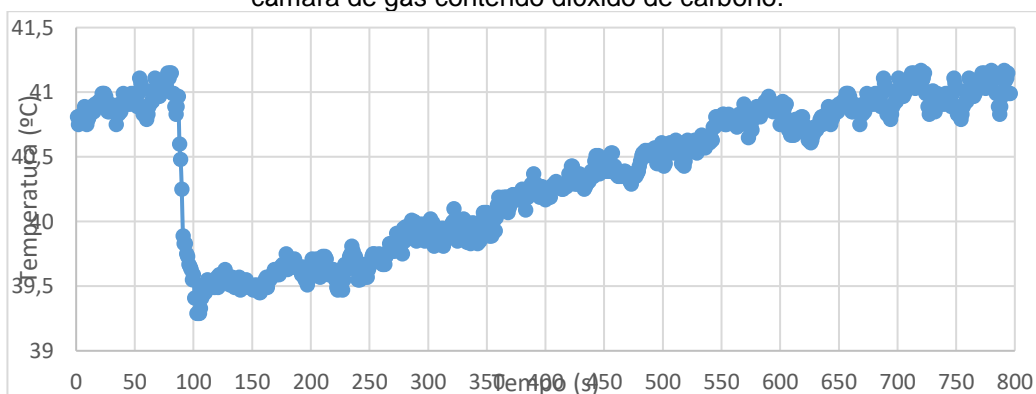
- **Procedimento**

O experimento faz uso de uma lâmpada de infravermelho e um sensor de temperatura de infravermelho. Entre a lâmpada e o sensor há uma célula de gás onde será inserido o dióxido de carbono. Inicialmente, a temperatura medida pelo sensor é da intensidade da radiação da lâmpada de infravermelho que após atravessar a célula de gás atinge o sensor de temperatura. Insira o dióxido de carbono na célula de gás abrindo a válvula e observe o que acontece no gráfico obtido no computador. Caso não consiga observar aumento o tempo no programa do Arduino (Anexo) e faça o gráfico em algum programa gráfico como o resultado apresentado na Figura 19.

- **Resultados**

Durante o experimento será possível observar que a temperatura inicial inicialmente de, aproximadamente, 41°C, após a adição do dióxido de carbono, produzido por 300 mL de vinagre e 200 gramas de bicarbonato de sódio, a temperatura diminuirá, aproximadamente, 1,5° C, por 150 segundos, aproximadamente. Após 250 segundos, com a saída do dióxido de carbono, os valores de temperatura voltarão a aumentar até a temperatura de 41°C. O gráfico da temperatura versus tempo está apresentado na Figura 19.

Figura 19– Gráfico da Temperatura em função do Tempo obtido por meio do Arduino Uno na câmara de gás contendo dióxido de carbono.



Fonte: arquivos da autora, 2023.

- **Conclusões**

Devido ao dióxido de carbono injetado na célula de gás, houve maior absorção de radiação dentro do reservatório de gás, diminuindo a intensidade da radiação que alcança o sensor. Desse modo, a temperatura registrada pelo sensor, diminuiu, aproximadamente, 1,5°C.

Dessa forma, o aumento da concentração de gases de efeito estufa intensifica o fenômeno de efeito estufa, pois aumenta a absorção de radiação emitida pela Terra, diminuindo a radiação que escapa pelo topo da atmosfera, causando desequilíbrio no balanço de energia planetária, resultando no aquecimento global.

Para fechamento da aula, realize discussões com os alunos sobre o que observaram no experimento realizado e a relação do processo com o que ocorre na natureza.

4.7 – Aula 07 – Revisão do Conteúdo e Aplicação do Questionário Final

O plano da Aula 07 está exposto no Quadro 10.

Quadro 10. Plano de aula 07

AULA 07
Duração: 100 minutos.
Objetivos: Revisão dos conteúdos. Responder o questionário final.
Metodologia: Após disponibilizar o <i>link</i> da videochamada por meio do aplicativo <i>Google Meet</i> , retomar os conteúdos estudados, questionando e respondendo as dúvidas, pedir aos alunos que respondam o questionário final e agradecer a participação e compromisso que tiveram durante a aplicação da sequência didática.

Fonte: elaborado pela autora (2021).

Desenvolvimento da Aula 07

Fazer uma revisão do conteúdo sobre o conceito de temperatura, calor e suas formas de propagação. Utilizando a Figura 1 do Texto 4 sobre efeito estufa e aquecimento global relembrar os processos de emissão, absorção e reflexão de radiação eletromagnética, dando ênfase na radiação infravermelha e Temperatura de equilíbrio até atingir o aquecimento global. Deixar claro que o efeito estufa é necessário para a sobrevivência da vida no Planeta. O que é negativo é o excesso de

gases estufa, gerados pelas ações humanas, que intensificam o fenômeno do efeito estufa e que provocam o aquecimento global.

Aplicar o questionário final que é o mesmo do inicial, mas os alunos não devem saber a não ser no momento de responder o questionário, para que a comparação entre os dois questionários permita de forma quantitativa detectar os indícios da aprendizagem significativa, aquisição de novos conhecimentos conforme proposto por Ausubel. Deixando claro, que essa avaliação deve ser feita em conjunto, como por exemplo o comentário dos alunos, a sua participação com questões e respostas com significado no contexto do assunto. Finalizar dando e tendo um retorno aos/dos alunos em relação aos questionários, experimentos, simulações e sobre as demais discussões realizadas em aula.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Segundo Zabala (1998) além da sequência didática, também contribuem para a análise da prática educativa: a comunicação e o vínculo existentes na sala de aula, a organização social da aula, a utilização dos espaços e do tempo, a maneira de organizar os conteúdos, os materiais curriculares e os recursos didáticos.

Dessa forma, a aplicação da referida sequência didática considerou a realidade dos estudantes, estabelecendo relações entre os conhecimentos prévios e os novos, estimulando o conhecimento e favorecendo a aprendizagem. Espera-se que tenham um resultado semelhante ou melhor.

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular no Ensino Médio, o conteúdo sobre o fenômeno efeito estufa está inserido na Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Assim, acreditamos que a sequência didática apresentada seja uma produtiva forma de trabalhar o conteúdo, contextualizando e adaptando à realidade dos estudantes.

REFERÊNCIAS

Acordo de Paris: o que é, como surgiu e tratados ambientais. FIA. Disponível em: <<https://fia.com.br/blog/acordo-de-paris/>>. Acesso em: maio/2021.

AMORIM, A. Convecção térmica (propagação do calor). Youtube. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=dkZaiedR_ww> Acesso em: maio/2021.

BOAS, V. N. **Óptica**. São Paulo, Coleção Objetivo, p. 1-68.

BRASIL. Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Ambiental, 2012.

BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. SECRETARIA NACIONAL DE EDUCAÇÃO BÁSICA. BNCC – BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR: ENSINO MÉDIO. BRASÍLIA: MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, 2018. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=79601-anexo-texto-bncc-reexportado-pdf-2&category_slug=dezembro-2017-pdf&Itemid=30192. Acesso em Junho/2021.

BOTKIN, D.B.; KELLER, E.A. **Ciência ambiental**: Terra, um planeta vivo. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

COSTA, G. L., **CALOR E EFEITO ESTUFA: UMA PROPOSTA DIDÁTICA FUNDAMENTADA NA TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA**, Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Universidade Estadual de Maringá, 2023. Disponível no site: <http://www.dfi.uem.br/dissertacao/mnpef/uem.php>.

HALLIDAY, D. **Fundamentos de física, volume2**: gravitação, ondas e termodinâmica. 10. Ed. Rio de Janeiro, LTC: 2020.

JUNGES, A.L.; SANTOS, V.Y.; MASSONI, N.T. Efeito estufa e aquecimento global: uma abordagem conceitual a partir da física para educação básica. **Experiências em Ensino de Ciências**. 13.v, nº 5, 2018. 126-151 p.

JUNGES, A.L.; SANTOS, BUHLER, A.J.; MASSONI, N.T.; SIEBENEICHLER, A.F.S. O “Efeito Estufa” na sala de aula: um experimento de baixo custo para demonstrar a absorção de radiação infravermelha por gases estufa como o dióxido de carbono. **Caderno brasileiro de Ensino de Física, v.37, n.2, p. 849-864, ago. 2020.**

LOPES, H. Turma de Ouro. Experimento – Propagação de calor – Irradiação Youtube. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=cHuCEJkZRgA>>. Acesso em: maio/2021.

LUZ, A.M.R.; ÁLVARES, B.A.; GUIMARÃES, C.C. **Física**: contexto e aplicações: ensino médio. 2. Ed. São Paulo: Scipione, 2016.

MOREIRA, M.A. A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. Brasília, 2006. Ed. UNB.

_____. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Revista Currículum. n. 25, pp. 29-56, 2012.

_____.; MASINI, E.F.S. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/greenhouse/latest/greenhouse.html?simulation=greenhouse&locale=pt_BR. Acesso em: maio/2021

SPACHI, P. Condução de Calor (Prof. Paulo Spachi). Youtube. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=dazOL4t9uFQ>>. Acesso em: maio/2021.

TEIXEIRA, M. M. Garrafa Térmica. Prepara Enem. Disponível em: <<https://www.preparaenem.com/fisica/garrafa-termica.htm>> Acesso em: maio/2021.

XAVIER, C.; BENIGNO, B. **Física aula por aula**: mecânica dos fluidos, termologia, óptica. 1 ed. São Paulo: FTD, 2010.

WWF-BRASIL, As mudanças climáticas. WFF. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/clima/mudancas_climaticas2/>. Acesso em: maio/2021.

YAMAMOTO, K.; FUKU, L.F. **Física para ensino médio, vol. 2**: termologia, óptica, ondulatória. 4.ed. São Paulo: Saraiva, 2016

ZABALA, A. **A Prática Educativa**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊNDICE – TEORIA DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

David Ausubel (1918-2008), pesquisador americano e representante do cognitivismo, desenvolveu a Teoria da Aprendizagem cujo conceito mais importante é o de Aprendizagem Significativa em que a aprendizagem ocorre por meio da interação entre conhecimentos prévios e novos conhecimentos.

A existência do conhecimento prévio serve para ancorar as novas informações, pois sem ele a aprendizagem pode ser mecânica, que é exatamente o oposto da aprendizagem significativa proposta por Ausubel. Os conhecimentos prévios relevantes para a aquisição de novas informações são chamados de subsunçores, que são definidos por Moreira da seguinte forma:

Subsunçor ou ideia âncora é o conhecimento específico já existente na estrutura cognitiva do indivíduo. Na aprendizagem significativa há interação entre conhecimentos prévios e novos. A atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles (MOREIRA, 2012, p. 2).

Progressivamente o subsunçor ficará mais rico em significados, mais elaborados, facilitando novas aprendizagens e servindo de “âncora” para novos conhecimentos. A forma de aprendizagem significativa, em que um conceito passa a subordinar conhecimentos prévios, e um subsunçor passa a incorporar outro, é chamada de Aprendizagem Significativa Superordenada. A aprendizagem significativa mais comum é a chamada Aprendizagem Significativa Subordenada, na

qual um novo conhecimento adquire significado na ancoragem significativa com algum conhecimento prévio especificamente relevante (MOREIRA, 2012).

Ausubel define como Aprendizagem Mecânica a aprendizagem de novas informações com pouca ou nenhuma associação com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva, armazenada de forma arbitrária, sem interação entre a nova informação e a informação armazenada. Em relação à aprendizagem mecânica, Moreira faz a seguinte colocação:

Aprendizagem mecânica é constituída por armazenamento literal, arbitrário, sem significado, não requer compreensão, resulta em aplicação mecânica e situações conhecidas. Enquanto na aprendizagem significativa há incorporação substantiva, não arbitrária, com significado, implica compreensão, transferência, capacidade de explicar, descrever e enfrentar novas situações (MOREIRA, 2012, p.12)

Para Ausubel, o mais importante na aquisição da aprendizagem significativa é conhecer o que o aluno já sabe. Moreira acrescenta outros pontos a serem considerados: a disposição do aluno para aprender, não somente memorizar e que o material seja potencialmente significativo, que em sua concepção é:

Para um material ser potencialmente significativo necessita de duas condições: a natureza do material e a natureza da estrutura cognitiva do aprendiz. Quanto à natureza do material, deve ser "logicamente significativo", isto é, ser suficientemente não arbitrário e não aleatório, de modo que possa ser relacionado, de forma substantiva e não arbitrária, a ideias correspondentemente relevantes, que se situem no domínio da capacidade humana de aprender. No que se refere à estrutura cognitiva do aprendiz, nela devem estar disponíveis os conceitos de subsunçores específicos, com o qual o novo material é relacionável (MOREIRA, 2006, p. 19).

Se o conhecimento é adquirido de forma significativa, este é retido e lembrado por mais tempo, a capacidade de aprender novos conteúdos se dá de maneira organizada e diferenciada. Cada indivíduo apresenta uma estrutura cognitiva e a interação do conhecimento prévio se torna relevante e organizada, essa organização se traduz em um processo de modificação. A interação entre o que é novo ou antigo no conhecimento se modifica em cada indivíduo. E a autonomia do indivíduo se dá quando ele é capaz de captar e apropriar novas informações, apresentando atribuição nos significados de conceitos, facilitando e transformando em novos conhecimentos

(MOREIRA E MASINI, 1982). Quando o aluno não possui os subsunçores, é possível recorrer aos organizadores prévios.

Organizadores prévios são materiais apresentados anteriormente ao material a ser aprendido, podendo ser uma pergunta, uma leitura ou uma simulação, servindo de “ponte” entre o que o aprendiz já sabe e o que deve aprender. A principal função dos organizadores é, então, superar limites entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele precisa saber, antes de aprender a tarefa apresentada (MOREIRA E MASINI, 1982, p. 11-12).

Organizadores prévios servem para facilitar a aprendizagem, na medida que funcionam como “pontes cognitivas” (MOREIRA, 2006, p. 23), superando limites entre os conhecimentos prévios e novos.

REFERÊNCIAS

MOREIRA, M.A. A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. Brasília, 2006. Ed. UNB.

_____. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Revista Currículum. n. 25, pp. 29-56, 2012.

_____.; MASINI, E.F.S. **Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel.** São Paulo: Moraes, 1982.

ANEXO – CONEXÃO E PROGRAMAÇÃO ARDUINO UNO

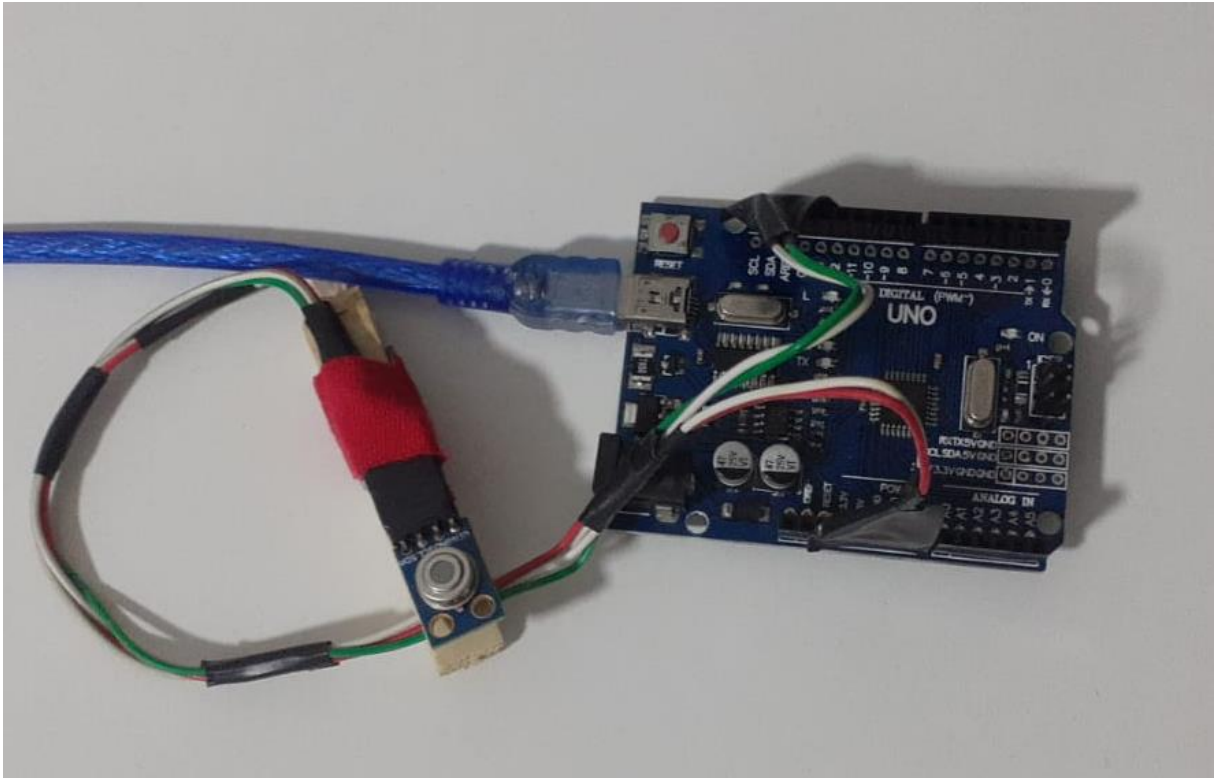
ARDUINO. UNO R3 | ARDUINO DOCUMENTATION. Disponível em: <<https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3>>. Acesso: Janeiro de 2021.

MLX90614. Disponível em: <<https://www.melexis.com/en/documents/documentation/datasheets/datasheet-mlx90614>>. Acesso: Janeiro de 2021.

Na Figura A1 está apresentado a conexão e integração do sensor MLX90614 (sensor de Temperatura Infravermelho) ao Arduíno Uno, utilizando os pinos SDA e SCL para comunicação I2C. O sensor MLX90614 faz a leitura da temperatura de objetos ou até mesmo a temperatura corporal sem que seja necessário o contato

direto com o sensor. A montagem do protótipo foi baseada na documentação disponibilizada no repositório da Melexis (MLX90614, 2019).

Figura A1 - Diagrama de Ligação Arduino Uno ao Sensor de Temperatura



Fonte: arquivos da autora (2021)

Montagem do protótipo:

Conecte um fio jumper do pino VCC do sensor MLX90614 a uma linha de energia positiva 5v no Arduino.

Conecte um fio jumper do pino GND do sensor MLX90614 a uma linha de terra GND do Arduino.

Conecte um fio jumper do pino SDA do sensor MLX90614 ao pino SDA do Arduino Uno.

Conecte um fio jumper do pino SCL do sensor MLX90614 ao pino SCL do Arduino Uno.

CÓDIGO FONTE

De acordo com a documentação oficial, o Arduino Uno atua como uma placa microcontroladora, permitindo a leitura das temperaturas ambiente e do objeto, bem como a exibição dos dados no Monitor Serial. O código utilizado faz parte dos exemplos disponibilizados pela biblioteca do MLX90614. O código fonte é:

```
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_MLX90614.h>

Adafruit_MLX90614 mlx = Adafruit_MLX90614();

double temp_amb;
double temp_obj;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("Sensor de temperatura MLX90614");
  mlx.begin();
}

void loop()
{
  temp_amb = mlx.readAmbientTempC();
  temp_obj = mlx.readObjectTempC();

  Serial.println(temp_obj);
  delay(400);
}
```

Explicação do funcionamento do código é:

As primeiras duas linhas de código incluem as bibliotecas necessárias para a comunicação I2C (Wire.h) e para o uso do sensor MLX90614 (Adafruit_MLX90614.h). Em seguida, é criado um objeto chamado "mlx" da classe Adafruit MLX90614, o qual será utilizado para interagir com o sensor.

As próximas linhas declaram duas variáveis do tipo "double" para armazenar as temperaturas ambiente e do objeto.

A função "setup()" é iniciada. Essa função é executada uma vez no início do programa. Dentro da função "setup()", a comunicação serial é iniciada com uma taxa de transmissão de 9600 bauds. Isso permite a comunicação entre o Arduino e o computador por meio do monitor serial.

Uma mensagem é enviada para o monitor serial informando que o programa está utilizando o sensor MLX90614.

O sensor MLX90614 é inicializado utilizando o método "begin()" do objeto "mlx".

A função "loop()" é iniciada. Essa função é executada continuamente após a conclusão da função "setup()".

Dentro da função "loop()", as temperaturas ambiente e do objeto são lidas do sensor MLX90614 utilizando os métodos "readAmbientTempC()" e "readObjectTempC()". Os valores lidos são armazenados nas variáveis correspondentes.

A temperatura do objeto é enviada para o monitor serial utilizando o método "println()" da classe "Serial". Isso permite que a temperatura seja exibida no monitor serial.

Em seguida, há um atraso de 400 milissegundos utilizando o método "delay()". Isso faz com que o programa espere por esse período de tempo antes de realizar uma nova leitura de temperatura.

Para observar os dados em gráficos, foi utilizado o recurso Serial Monitor que é disponibilizado pela *Integrated Development Environment* (IDE) do Arduíno